

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE PREVIO  
A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN EL ACERO AISI  
1045 EN UN SISTEMA ACUOSO EVALUADOS CON LA NORMA ASTM  
G105-89 QUE PERMITIRÁ DETERMINAR LA VELOCIDAD DE  
DESGASTE DEL MATERIAL”**

---

**AUTOR: GUERRERO LARA EDUARDO SANTIAGO**

**TUTOR: ING. H. VACA. MG.**

**AMBATO ECUADOR**

**2015**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, bajo el tema "ESTUDIO DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN EL ACERO AISI 1045 EN UN SISTEMA ACUOSO EVALUADOS CON LA NORMA ASTM G105-89 QUE PERMITIRÁ DETERMINAR LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL MATERIAL", desarrollado por el estudiante Eduardo Santiago Guerrero Lara, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal Examinador designado por el Consejo Directivo de esta facultad.

Ambato, Febrero del 2015

**EL TUTOR**

.....  
Ing. H. Vaca. Mg.

## **AUTORÍA DE LA TESIS**

Declaro que los criterios emitidos por esta investigación indicada a continuación "ESTUDIO DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN EL ACERO AISI 1045 EN UN SISTEMA ACUOSO EVALUADOS CON LA NORMA ASTM G105-89 QUE PERMITIRÁ DETERMINAR LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL MATERIAL", así como también las ideas, análisis, conclusiones y propuestos son auténticos y de exclusiva responsabilidad propia como autor de la presente investigación de grado.

Ambato, Febrero del 2015

### **EL AUTOR**

.....  
Egdo. Eduardo Santiago Guerrero Lara.

C.I. 180398370-7

## **DEDICATORIA**

*A mi mamita Carmen, que por medio de sus sabios concejos por los cuales nunca me he rendido ante los problemas y la adversidad durante esta hermosa vida estudiantil*

*A mi hermosa familia que es lo más lindo de la vida que Dios me ha dado; mis padres Carmen Lara y Rosendo Guerrero; a mi hermanito John todos ellos son mi fuente de energía para día tras día luchar por conseguir mi meta, mi objetivo los cuales nunca me abandonaron, entregándome su amor incondicional. Para ustedes mi hermosa familia.*

*Su hijo que siempre los amara Eduardo Santiago.*



## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios a la virgen de Guadalupe por darme su amparo y protección durante todo este camino largo y darme la fuerza necesaria para superar todos los obstáculos permitiéndome llegar a esta etapa muy importante de mi vida profesional.*

*Agradezco a la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, porque sus aulas fueron mi segundo hogar, en especial a los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica ya que mediante ellos recibí conocimientos los cuales serán esenciales en mi vida profesional.*

*De manera muy especial al Ing. H. Vaca, Mg. Tutor de tesis, por su excelente guía y recomendaciones proporcionadas durante el desarrollo de esta investigación.*

*Gracias a todas aquellas personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de esta investigación.*

*Santiago Guerrero*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**ESTUDIO DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN EL ACERO AISI**  
**1045 EN UN SISTEMA ACUOSO EVALUADOS CON LA NORMA ASTM**  
**G105-89 QUE PERMITIRÁ DETERMINAR LA VELOCIDAD DE-**  
**DESGASTE DEL MATERIAL“**

**Autor:** Santiago Guerrero.

**Tutor:** Ing. H. Vaca. Mg.

**Fecha:** 11/10/2014

**RESUMEN EJECUTIVO**

La presente investigación es el análisis del desgaste abrasivo en un medio acuoso para reducir la velocidad de desgaste en el Acero AISI 1045, el ensayo se realizó dando tratamientos térmicos al Acero AISI 1045 como fueron el temple y el normalizado, las pruebas de desgaste abrasivo en medio acuoso se desarrollaron en un equipo diseñado en base a la Norma ASTM G105-89, en donde la probeta se sumerge en el lodo abrasivo con la ayuda de una carga constante, durante un determinado periodo de tiempo y desplazamiento, para luego proceder a evaluar el desgaste por medio de diferencia de pesos y analizar la velocidad de desgaste.

Para los ensayos se determinó una muestra de veinte y cuatro probetas ya que por cada disco de neopreno Shore A50, Shore A60 y Shore A70, que se encontraron en contacto con el medio acuoso, ocho probetas en donde fueron evaluadas con los mismos parámetros, como el medio abrasivo, tiempo, desplazamiento, carga y velocidad de giro como establece la Norma ASTM G105-89, con la finalidad de evaluar las Propiedades Tribológicas de cada material y de esta manera poder determinar la velocidad de desgaste del material que presente mayor resistencia al desgaste. Los datos que se obtuvieron serán válidos si se emplean las ecuaciones que establece la Norma ASTM G105-89, con lo cual se obtuvo un coeficiente de variación dentro de lo establecido por la norma.

## ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DE LA TESIS .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
RESUMEN EJECUTIVO .....	VI
ÍNDICE GENERAL .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII

### CAPITULO I

1.1	TEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1	Contextualización.....	1
1.2.2	Análisis Crítico .....	2
1.2.3	Prognosis .....	3
1.2.4	Formulación del Problema .....	4
1.2.5	Preguntas Directrices .....	4
1.2.6	Delimitación del objeto de Investigación.....	5
1.3	JUSTIFICACIÓN .....	5
1.4	OBJETIVOS .....	6
1.4.1	Objetivo General .....	6
1.4.2	Objetivos Específicos.....	7

## **CAPITULO II**

2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	8
2.2	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	8
2.3	FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	9
2.4	CATEGORIZACIÓN DE VARIABLES.....	10
2.4.1	Ingeniería de materiales.....	11
2.4.2	Resistencia de materiales.....	17
2.4.3	Tratamiento térmico de materiales.....	19
2.4.4	Tratamiento térmico del acero AISI 1045.....	25
2.4.5	Tribología.....	26
2.4.6	Desgaste abrasivo.....	43
2.4.7	Velocidad desgaste del material.....	48
2.5	HIPÓTESIS.....	49
2.6	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....	50
2.6.1	Variable Independiente.....	50
2.6.2	Variable dependiente.....	50
2.6.3	Término de relación.....	50

## **CAPITULO III**

3.1	ENFOQUE.....	51
3.2	MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
3.2.1	Investigación de Campo.....	51

3.2.2	Investigación Bibliográfica .....	51
3.2.3	Investigación Experimental.....	52
3.3	NIVELES DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.3.1	Investigación Exploratoria .....	52
3.3.2	Investigación Descriptiva.....	52
3.3.3	Investigación Correlacional .....	52
3.3.4	Investigación Explicativa .....	53
3.3.5	Estudio de Casos para ensayos.....	53
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	53
3.4.1	Población o universo .....	53
3.4.2	Muestra.....	54
3.5	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	57
3.5.1	Variable independiente: .....	57
3.5.2	Variable Dependiente:.....	58
3.6	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	58
3.7	PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN .....	59
3.7.1	Plan que se empleara para procesar la información recogida .....	59
3.7.2	Plan de análisis e interpretación de resultados .....	59

#### **CAPÍTULO IV**

4.1	PROCESO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	60
4.2	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	64

4.2.1	Análisis del Acero AISI 1045, Comercial. ....	66
4.2.2	Análisis del Acero AISI 1045, con tratamiento térmico (temple a 840°C) .....	71
4.2.3	Análisis del Acero AISI 1045, con tratamiento térmico (normalizado a 900°C) .....	75
4.2.4	Peso inicial de las probetas .....	79
4.2.5	Análisis del Desgaste Abrasivo.....	82
4.2.6	Análisis del Desgaste Abrasivo.....	121
4.2.7	Análisis del Desgaste Abrasivo.....	160
4.3	<b>INTERPRETACION DE RESULTADOS</b> .....	199
4.3.1	Interpretación de los ensayos metalográficos .....	199
4.3.2	Interpretación de los ensayos de dureza.....	203
4.3.3	Interpretación de los resultados de los ensayos de desgaste abrasivo en un medio acuoso .....	204
4.4	<b>VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS</b> .....	228
4.4.1	Verificación de la hipótesis.....	229
<b>CAPITULO V</b>		
5.1	<b>CONCLUSIONES</b> .....	254
5.2	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	257
<b>CAPITULO VI</b>		
<b>PROPUESTA</b> .....		259
6.1	<b>DATOS INFORMATIVOS</b> .....	259

6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	260
6.3	JUSTIFICACIÓN .....	261
6.4	OBJETIVOS. ....	262
6.4.1	Objetivo General .....	262
6.4.2	Objetivos Específicos.....	262
6.5	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	263
6.5.1	Análisis Económico .....	263
6.5.2	Análisis Tecnológico.....	264
6.6	FUNDAMENTACIÓN.....	264
6.7	METODOLOGÍA.....	265
6.7.1	Ejecución del ensayo de desgaste abrasivo en el acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C con el procedimiento “Shore A70” .....	265
6.8	ADMINISTRACIÓN.....	297
6.8.1	Costos directos .....	297
6.9	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	300

## **BIBLIOGRAFÍA**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Categorización Fundamentales.....	10
Figura 2-2 Tribosistema. ....	30
Figura 2-3 Análisis de los defectos superficies. ....	30
Figura 2-4 Área real de contacto .....	32
Figura 2-5 Deformación elástica de una esfera de radio $r$ presionada contra una superficie plana con carga $W$ .....	32
Figura 2-6 Ilustración de algunos aspectos de las leyes de Amontons .....	33
Figura 2-7 Esquema que ilustra la fricción de deslizamiento. ....	34
Figura 2-8 Desgaste Adhesivo .....	39
Figura 2-9 Desgaste por fatiga .....	40
Figura 2-10 Desgaste por erosión.....	41
Figura 2-11 Desgaste corrosivo.....	42
Figura 2-12 Desgaste por cavitación.....	43
Figura 2-13 Desgaste abrasivo .....	44
Figura 2-14 Desgaste abrasivo .....	45
Figura 2-15 Mecanismos de desgaste.....	46
Figura 4-1 AISI 1045 comercial, ataque químico con Nital 2% tiempo 3 sg a 100x.....	199
Figura 4-2 AISI 1045 comercial, ataque químico con Nital 2% tiempo 3 sg a 200x.....	199
Figura 4-3 Examen metalográficos a las probetas del Acero AISI 1045 .....	200



Figura 4-4 Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple, calentado a 840°C durante 120 min, con un tiempo 30 min de homogenización de la temperatura, con ataque químico con Nital 2% tiempo 6 sg a 100x .....	200
Figura 4-5 Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple, calentado a 840°C durante 120 min, con un tiempo de 30 min homogenización de la temperatura, ataque químico con Nital 2% tiempo 6 sg a 200x .....	201
Figura 4-6 Acero 1045 calentado a 900°C por 75 minutos y enfriado en aire (Temple). Atacado con Nital 2% a100x.....	201
Figura 4-7 Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado calentado a 900°C durante 150 min, con un tiempo de 30 min homogenización de la temperatura, ataque químico con Nital 2% tiempo 4 sg a 100x .....	202
Figura 4-8 Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado calentado a 900°C durante 150 min, con un tiempo de 30 min homogenización de la temperatura, ataque químico con Nital 2% tiempo 4 sg a 200x. ....	202
Figura 4-9 Acero 1045 calentado a 900°C por 75 minutos y enfriado en aire (Normalizado). Atacado con Nital 2% a100x. La microestructura consta de ferrita más perlita. ....	203
Figura 4-10 Gráfico de valores de Desgaste en gramos (gr), con el disco Shore A50 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.....	207
Figura 4-11 Gráfico de valores del volumen de desgaste (mm <sup>3</sup> ), con el disco Shore A50 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.....	209

Figura 4-12 Gráfico de la tasa de desgaste (mg/m*N), con el disco Shore A50 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.....	210
Figura 4-13 Gráfico de valores de la velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s), con el disco Shore A50 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89 .....	211
Figura 4-14 Gráfico de valores de Desgaste en gramos (gr), con el disco Shore A60 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.....	213
Figura 4-15 Gráfico de valores del volumen de desgaste (mm <sup>3</sup> ), con el disco Shore A60 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.....	215
Figura 4-16 Gráfico de la tasa de desgaste (mg/m*N), con el disco Shore A60 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.....	216
Figura 4-17 Gráfico de valores de la velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s), con el disco Shore A60 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89 .....	217
Figura 4-18 Gráfico de valores de Desgaste en gramos (gr), con el disco Shore A70 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.....	219
Figura 4-19 Gráfico de valores del volumen de desgaste (mm <sup>3</sup> ), con el disco Shore A70 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.....	221
Figura 4-20 Gráfico de la tasa de desgaste (mg/m*N), con el disco Shore A70 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.....	222

Figura 4-21 Gráfico de valores de la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ), con el disco Shore A70 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89 .....	223
Figura 4-22 Comportamiento del Acero AISI 1045 Comercial ante la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ), variando los discos de neopreno (A50, A60 y A70).....	224
Figura 4-23 Comportamiento del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a $840^\circ\text{C}$ , ante la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ), variando los discos de neopreno (A50, A60 y A70) .....	225
Figura 4-24 Comportamiento del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a $900^\circ\text{C}$ , ante la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ), variando los discos de neopreno (A50, A60 y A70).....	226
Figura 4-25 Gráfico de verificación de hipótesis en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a $840^\circ\text{C}$ y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a $900^\circ\text{C}$ . .....	230
Figura 4-26 Gráfico de verificación de hipótesis en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a $840^\circ\text{C}$ y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a $900^\circ\text{C}$ . .....	238
Figura 4-27 Gráfico de verificación de hipótesis en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a $840^\circ\text{C}$ y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a $900^\circ\text{C}$ . .....	246
Figura 6-1 Probeta fresada 57.2x25.4x12 (mm).....	268
Figura 6-2 Probeta fresada para dar las dimensiones requeridas. ....	268
Figura 6-3 Rectificadora para superficies planas .....	269

Figura 6-4 Contenedor para las probetas.....	270
Figura 6-5 Colocar las probetas.....	270
Figura 6-6 Horno de tratamientos termicos.....	271
Figura 6-7 Lijado de las probetas para el Ensayo Metalográfico .....	274
Figura 6-8 Pulido de la superficie de las probetas para el Ensayo Metalográfico .....	275
Figura 6-9 Probetas pulidas, superficie tipo espejo.....	276
Figura 6-10 Lavado y secado probetas para el Ensayo Metalográfico.....	277
Figura 6-11 Químicos utilizados en el Ensayo Metalográfico (Nital 2%) .....	278
Figura 6-12 Aplicación del Químico empleado en el Ensayo Metalográfico .....	278
Figura 6-13 Obtención de datos para el Ensayo Metalográfico .....	279
Figura 6-14 Lijado de las probetas para el Ensayo de Dureza .....	281
Figura 6-15 Colocación de la probeta en el Durómetro .....	282
Figura 6-16 Ejecución del Ensayo de Dureza .....	283
Figura 6-17 Calibración del Tribómetro. ....	285
Figura 6-18 Calibración del Tribómetro. ....	286
Figura 6-19 Equipo de protección. ....	287
Figura 6-20 Limpiezas de las probetas.....	287
Figura 6-21 Desmagnetización de las probetas.....	288
Figura 6-22 Toma de pesos (Balanza analítica marca CITIZON CX220).....	289

Figura 6-23 Limpiezas de la cámara de mezcla del abrasivo.....	289
Figura 6-24 Colocación del disco de neopreno. ....	290
Figura 6-25 Arena sílica y agua. ....	290
Figura 6-26 Colocación de la arena sílica y agua.....	291
Figura 6-27 Colocación de la probeta. ....	291
Figura 6-28 Colocación de la cubierta de policarbonato.....	292
Figura 6-29 Colocación de la arena sílica y agua.....	292

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 3-1 Muestra la Operacionalización de la Variable Independiente .....	57
Tabla 3-2 Operacionalización de la Variable Dependiente.....	58
Tabla 4-1 Ensayo de desgaste abrasivo en un medio acuoso con disco de dureza shore A50±20.....	64
Tabla 4-2 Ensayo de desgaste abrasivo en un medio acuoso con disco de dureza shore A60±20.....	64
Tabla 4-3 Ensayo de desgaste abrasivo en un medio acuoso con disco de dureza shore A70±20.....	65
Tabla 4-4 Resumen del número de probetas para la investigación. ....	65
Tabla 4-5 Durezas obtenidas en el Laboratorio de ingeniería de Materiales de la FICM.....	203
Tabla 4-6 Resultados de los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C. ....	204

Tabla 4-7 Resultados de los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C. ....	205
Tabla 4-8 Resultados de los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C. ....	206
Tabla 4-9 Resultados de obtenidos de la velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s) en los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado.....	229
Tabla 4-10 Contraste de medias, desconocida la varianza poblacional de las diferencias: estadístico Z.....	232
Tabla 4-11 Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm <sup>3</sup> /s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C.....	233
Tabla 4-12 Prueba Z para medias de dos muestras. ....	234
Tabla 4-13 Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm <sup>3</sup> /s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.....	235
Tabla 4-14 Prueba Z para medias de dos muestras. ....	236
Tabla 4-15 Resultados de obtenidos de la velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s) en los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado.....	237

Tabla 4-16 Contraste de medias, desconocida la varianza poblacional de las diferencias: estadístico Z.....	240
Tabla 4-17 Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm <sup>3</sup> /s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840 <sup>3</sup> C.....	241
Tabla 4-18 Prueba Z para medias de dos muestras. ....	242
Tabla 4-19 Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm <sup>3</sup> /s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900 <sup>3</sup> C.....	243
Tabla 4-20 Prueba Z para medias de dos muestras. ....	244
Tabla 4-21 Resultados de obtenidos de la velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s) en los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840 <sup>3</sup> C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado.....	245
Tabla 4-22 Contraste de medias, desconocida la varianza poblacional de las diferencias: estadístico Z.....	248
Tabla 4-23 Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm <sup>3</sup> /s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840 <sup>3</sup> C.....	249
Tabla 4-24 Prueba Z para medias de dos muestras. ....	250
Tabla 4-25 Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm <sup>3</sup> /s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900 <sup>3</sup> C.....	251
Tabla 4-26 Prueba Z para medias de dos muestras. ....	252

Tabla 6-1 Costos Directos para la evaluación del Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI del1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico templa a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C. ....	297
Tabla 6-2 Valor total .....	299



# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

ESTUDIO DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN EL ACERO AISI 1045 EN UN SISTEMA ACUOSO EVALUADOS CON LA NORMA ASTM G105-89 QUE PERMITIRÁ DETERMINAR LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL MATERIAL

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1 Contextualización**

La tribología, ha formado parte principal para el desarrollo de la tecnología a nivel mundial en países industrializados, debido que el estudio de los efectos producidos por el desgaste abrasivo, ha permitido un ahorro tanto energético como económico representado económicamente ganancias para las áreas de producción.

Las industrias a nivel mundial se encuentran expuestas a los efectos del desgaste abrasivo y fricción que sufren los pares cinemáticos, siendo uno de los más perjudiciales como es la abrasión; es por esta razón que se le ha dado la debida importancia para esta investigación.

Los estudios que se han sido realizados fueron en la ciudad de México en el año 2001, por un grupo de estudiantes de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional, teniendo como finalidad, en este estudio de mostrar resultados obtenidos; por las pruebas realizadas de la tasa de desgaste de los materiales empleados para las pruebas y la implementación de la máquina para medidas posteriores.

En el Ecuador este desgaste genera considerables pérdidas de materiales, recursos y tiempo, derivando de estos en la disminución de la producción, que conlleva

desventajas en los medios de producción de las diferentes industrias del país, lo que obliga a la elaboración o adquisición de nuevos elementos para ser reemplazados.

Si a todos estos factores sumamos el incremento de la velocidad de trabajo debido a la demanda, se puede entender que el incremento de la vida útil de los elementos de trabajo es necesario y se ha convertido en un problema de estudio práctico de la ingeniería en los últimos años.

El estudio de esta ciencia como una materia en el pensum académica en las universidad de nuestro país, debería buscar minimizar los problemas que son producidos por una selección errónea de los materiales y elementos que formaran parte de los pares tribológicos, los cuales causan problemas como el consumo energético elevado, que por consecuencia conlleva a pérdidas económicas con paros generales en la producción debido a que deben ser reemplazados sus elementos mecánicos defectuosos.

En la provincia de Tungurahua, la tribología podría parecer un tema nuevo, debido al insuficiente conocimiento sobre esta ciencia, nuestra provincia se ha caracterizado por ser una de las principales provincias de mayor desarrollo en el sector agrícola, automotriz y metal mecánico, las cuales debido al escaso conocimiento y al no tener posibilidades económicas para realizar este tipo de estudios en los tribosistemas, produciendo perdidas económicas

En general la investigación de la tribología en la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica carrera de Ingeniería Mecánica, no ha sido posible debido a la falta de equipos, en la presente investigación se pretende realizar el estudio de la velocidad de desgaste con el acero AISI 1045 el cual es el más empleado en el sector industrial a nivel nacional debido a sus características mecánicas.

### **1.2.2 Análisis Crítico**

La tribología, es de vital importancia en el estudio de los procesos de fricción, desgaste y lubricación, los cuales juegan un papel importante en los sistemas mecánicos. Debido, a que tanto la fricción como el desgaste provocan deterioro

superficial de los cuerpos que se encuentran en contacto y en movimiento relativo, lo que se debería prevenir o disminuir este fenómeno determinando las características mecánicas y tribológicas de los materiales; si se controla la fricción será posible reducir los diferentes tipos de desgaste que se pueden presentar en un mecanismo permitiendo que éste alcance su vida a la fatiga e inclusive la incremente.

El desgaste en sus distintas formas es sinónimo de improductividad y se define como la pérdida de material entre dos superficies que se encuentran en movimiento relativo y que se manifiesta por un funcionamiento errático apenas perceptible, siendo necesario en la mayoría de los casos sacar de servicio el equipo el cual es parte fundamental, por lo cual el sistema debe ser diseñado de tal forma que podamos obtener mayor rendimiento.

Por esta razón, esta investigación se enfocará al desgaste abrasivo de los materiales, causa principal por lo que las industrias de hoy en día se ven obligadas a desarrollar programas de prevención y mantenimiento. Este tipo de fenómeno ha sido uno de los menos estudiados e inclusive al que menos se le ha prestado atención en el sector industrial debido a la falta de información sobre datos obtenidos por pruebas.

### **1.2.3 Prognosis**

La facultad de Ingeniería Civil y Mecánica carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, consiente del fenómeno que se produce en los sistemas tribológicos y al no contar con datos experimentales sobre el tema, motivo por el cual se propone el estudio de los tratamiento térmicos en el acero AISI 1045 en un medio acuoso con la ayuda de la Norma ASTM G 105-89

El desconocimiento del desgaste abrasivo en los sistemas tribológicos bajo la Norma ASTM G105-89, que afectan a los materiales con la pérdida de masa y sus propiedades, complicando así a la vida útil de los elementos de máquinas lo que produce pérdidas económicas en el sector industrial.

#### **1.2.4 Formulación del Problema**

- ¿Cómo ayudarán los tratamientos térmicos en el acero AISI 1045 en un sistema acuoso evaluados con la norma ASTM G105-89 en disminuir la velocidad de desgaste del material?

#### **1.2.5 Preguntas Directrices**

Estas son las interrogantes planteadas que ayudarán a resolver la presente investigación.

- ¿Qué tratamiento térmico será el adecuado en el acero AISI 1045 evaluado en un sistema acuoso con la norma ASTM G105-89 para disminuir la velocidad de desgaste del material?
- ¿Cómo afectará el tiempo de permanencia en el acero AISI 1045 en un sistema acuoso evaluada con la norma ASTM G105-89 en la velocidad de desgaste del material?
- ¿Qué efecto tendrá la distancia de desplazamiento en el acero AISI 1045 en un sistema acuoso evaluada con la norma ASTM G105-89 en la velocidad de desgaste del material?
- ¿Cuál será el efecto que tendrá el normalizado a 900°C enfriado en aire el acero AISI 1045, en un sistema acuoso evaluado con la norma ASTM G105-89 en la velocidad de desgaste del material?
- ¿Cuál será el efecto que tendrá el temple a 840°C enfriado en agua el acero AISI 1045, en un sistema acuoso evaluado con la norma ASTM G105-89 en la velocidad de desgaste del material?

## **1.2.6 Delimitación del objeto de Investigación**

### **1.2.6.1 De contenido**

El presente proyecto de investigación está delimitado por las siguientes asignaturas

- Sistemas tribotécnicos.
- Ingeniería de Materiales.
- Tratamientos Térmicos.

### **1.2.6.2 Espacial**

La investigación del desgaste abrasivo en pares tribológicos bajo la Norma ASTM G105-89, se realizaron en los laboratorios de Ciencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, que permitirán determinar la velocidad de desgaste del material.

### **1.2.6.3 Temporal**

En el periodo Mayo – Noviembre 2014.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La tribología, es la ciencia que estudia el comportamiento de las superficies que están en contacto y en movimiento relativo, así como los fenómenos que de este se derivan, tales como la fricción y el desgaste, lo que a la industria en general disminuye su productividad, debido a paros constantes de la producción con cambios de los elementos mecánicos, también aumentando los costos de producción con esto afectando directamente con la calidad del producto final.

Para lo cual, en la actualidad se ha visto en la necesidad de estudiar su comportamiento, naturaleza e intensidad que ocasiona daños en los pares tribológicos desarrollado una serie de máquinas tribológicas o tribómetros para

diferentes aplicaciones y configuraciones geométricas ayudando de esta manera a simular los fenómenos de desgaste.

El desgaste abrasivo, es una falla inevitable que se presenta en cualquier mecanismo que se encuentra en contacto y movimiento relativo. Normalmente este desgaste ocasiona fallas violentas y sus consecuencias son:

- Reducción de la eficiencia de operación.
- Perdidas de potencia por fricción.
- Incremento del consumo eléctrico.
- Reemplazo de los elementos desgastados y en el deterioro de las máquinas en su conjunto.
- Interrumpiendo en la producción.

Esta investigación realizo un análisis del desgaste abrasivo siguiendo las especificaciones de la Norma ASTM G105-89, con el fin de medir la abrasión y comparar los resultados obtenidos, incentivando a que se realicen más estudios sobre temas de tribología, permitiendo así que los futuros profesionales tomen decisiones adecuadas para eliminar los daños que causan el desgaste abrasivo.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Determinar cómo ayudarán los tratamientos térmicos en el acero AISI 1045 en un sistema acuoso evaluados con la norma ASTM G105-89 en disminuir la velocidad de desgaste del material.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Estudiar que tratamiento térmico será el adecuado en el acero AISI 1045 evaluado en un sistema acuoso con la norma ASTM G105-89 para disminuir la velocidad de desgaste del material.
- Estudiar el tiempo de permanencia en el acero AISI 1045 en un sistema acuoso evaluada con la norma ASTM G105-89 en la velocidad de desgaste del material.
- Analizar el efecto que tendrá la distancia de desplazamiento en el acero AISI 1045 en un sistema acuoso evaluada con la norma ASTM G105-89 en la velocidad de desgaste del material.
- Analizar el efecto que tendrá el normalizado a 900°C enfriado en aire el acero AISI 1045, en un sistema acuoso evaluado con la norma ASTM G105-89 en la velocidad de desgaste del material.
- Analizar el efecto que tendrá el temple a 840°C enfriado en agua el acero AISI 1045, en un sistema acuoso evaluado con la norma ASTM G105-89 en la velocidad de desgaste del material.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Para el desarrollo de esta investigación se encontró información que ayudará a obtener datos relacionados los cuales se describirán a continuación:

Toda esta investigación, tomó en consideración los aportes teóricos realizados en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica sección de estudios de posgrados e investigación, en el año 2006, se tiene que el Sr. Salazar Velázquez Ignacio Alberto, planteo el tema “Estudio experimental de la abrasión severa en materiales empleados para la construcción naval”. En este trabajo, se presenta un estudio experimental de desgaste abrasivo severo “gouging”, empleando materiales ferrosos y no ferrosos.

López López Edgar Jesús (2004), en su investigación realizo un “Estudio experimental de la abrasión en aceros AISI 8620, D2 y H13 con y sin tratamiento superficial”. En esta tesis, presenta el desarrollo experimental para realizar pruebas de desgaste abrasivo de tres cuerpos en condición seca y húmeda en aceros AISI 8620, AISI D-2 y AISI H-13

Miguel Bautista Santiago (2005), en esta investigación realizo un “Diseño de una máquina tribológica de configuración geométrica de cilindros cruzados para análisis de desgaste por deslizamiento”. Donde menciona que el desarrollo de la tribología, con este producto contribuirá a la reducción del desgaste por deslizamiento, mejorando las ganancias en las industrias y brindando confiabilidad y calidad en los productos finales.

#### **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

Para desarrollar esta investigación se requirió del paradigma crítico propositivo, que nos ayudará a la explicación de varios fenómenos presentes para este estudio, ya que el tema a investigar se encuentra influenciado por datos, como la



determinación del desgaste abrasivo en sistemas tribológicos, debido a que se ha visto en la necesidad de evaluar las propiedades tribológicas. La investigación recogió datos de varias fuentes como textos, artículos y publicaciones en internet, tablas de propiedades de materiales, tratamientos térmicos y otros documentos que ayudaron para el desarrollo de esta investigación. Se desarrolló principalmente esta investigación de forma cuantitativa ya que se tomaron datos estadísticos del desgaste de los materiales con respecto al tiempo. Este tema ayudará a la comprensión de los fenómenos tribológicos, lo cual permitirá tomar decisiones para mejorar la situación actual del desgaste abrasivo en medios acuosos, mejorando las realidades en el medio; de las industrias que se encuentran relacionadas con este tema

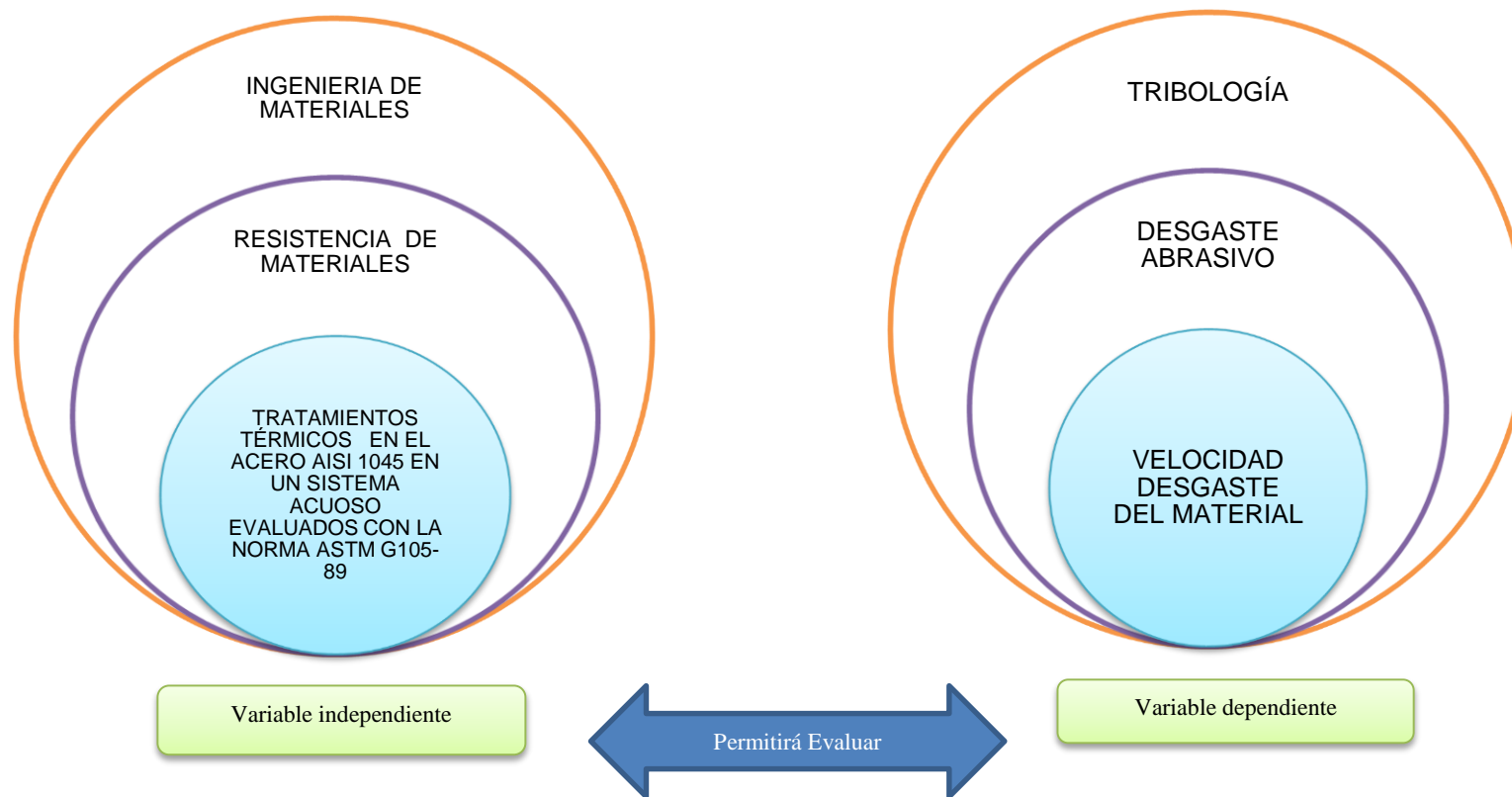
### **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

Para el desarrollo de esta investigación, con el fin de evaluar los factores de abrasión en el acero AISI 1045 se realizó una máquina tribológica húmeda funcional para pruebas de abrasión en un tribosistema acuoso asistida con la norma técnica ASTM G105-89.

Método de prueba estándar para REALIZACIÓN DE ARENA MOJADA/ TEST ABRASIVO RUEDA DE GOMA.

## 2.4 CATEGORIZACIÓN DE VARIABLES

10



**Figura 2-1** Categorización Fundamentales.

Fuente Autor.

### 2.4.1 Ingeniería de materiales

La ingeniería de materiales ha venido evolucionado con el tiempo brindando conocimientos amplios, su aplicación en los diferentes métodos de fabricación, y el diseño de productos con los materiales adecuados al uso: metales, polímeros, cerámicos y sus compuestos.

La Ingeniería de Materiales, es un campo amplio donde abarca conocimientos relacionados con la selección de materiales y su aplicación para los diferentes procesos de fabricación. Los materiales incluyen las siguientes gamas: metales, cerámicas, polímeros (plásticos), semiconductores y materiales híbridos denominados compuestos. En la actualidad nos encontramos en un mundo que no sólo depende de los materiales sino que también está limitado por ellos. Todo lo que vemos y usamos está hecho de materiales: en automóviles, aviones, computadoras, refrigeradores, hornos de microondas, televisores, loza de cocina, cubiertos, productos deportivos de todos los tipos e incluso aparatos biomédicos tales como articulaciones y miembros artificiales. (Ingeniera de Materiales, 2012; 1).

#### 2.4.1.1 Clasificación de los materiales

Los materiales a su vez se clasifican según su origen, en materiales naturales y materiales artificiales, dependiendo en donde se encuentren, en el medio natural o sean el resultado de algún proceso de fabricación.

Los criterios más empleados, desde un punto de vista tecnológico, es según sus características tomando en cuenta su procedencia física:

**Metales y aleaciones:** Se habla de metales a los elementos químicos caracterizados por ser buenos “conductores del calor y la electricidad, que poseen alta densidad, y son sólidos en temperaturas normales (excepto el mercurio y el galio)”; sus sales forman iones electropositivos (cationes) en disolución. (Propiedad de los Materiales, 2009; 1).

- Poseen una estructura interna común.

- Son sólidos a temperaturas normales, excepto el mercurio y el galio.
- Tienen una alta densidad.
- Tienen elevada conductividad térmica y eléctrica.
- Tienen considerable resistencia mecánica.
- Suelen ser maleables.
- Se pueden fundir, conformar y reciclar. (Villalba, 2010:1).

**Los ferrosos:** “Un material es ferroso o férrico cuando su componente principal es el hierro. Normalmente posee pequeñas cantidades de Carbono y otros metales que se han incorporado en el proceso de obtención, para que la aleación resultante adquiera propiedades especiales.” (Villalba, 2010:1).

- **Aceros comerciales:** La cantidad que existe de productos que reciben genéricamente el nombre de aceros, al clasificarlos según su composición, se caracterizan por sus técnicas de empleo y aplicación.
- **Aceros al carbono:** Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre.
- **Aceros aleados:** Estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros de aleación se pueden clasificar a su vez en:
  - **Estructurales:** Son aceros empleados para diversas partes de máquinas. Su contenido de la aleación varía desde 0,25% a un 6%.
  - **Para herramientas:** Son aceros de alta calidad que son empleados en herramientas para cortar y formar metales y no-metales.
  - **Especiales:** Son los aceros inoxidable y aquellos con un contenido de cromo generalmente superior al 12%. Estos aceros de gran dureza y alta resistencia a las altas temperaturas y a la corrosión.
  - **Aceros de baja aleación ultrarresistentes:** Esta familia es la más reciente de las cuatro grandes clases de aceros. Estos aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen

cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, reciben un tratamiento especial que les ayuda a aumentar la resistencia.

- **Aleaciones:** Una aleación de metales es una combinación sólida o mezcla de dos o más metales, en los cuales los átomos de uno de los metales ocupan pequeños espacios entre los átomos del otro metal. El objeto es modificar en un sentido determinado las condiciones de los metales, tratando de mejorar bajo el punto de vista utilitario, ya sea su aspecto o su resistencia mecánica. (Villalba, 2010:7).

### **No ferrosos**

- **Aleaciones pesadas (Cu, Pb, Zn):** Son aquellos cuya densidad es igual o mayor a  $5 \text{ gr/cm}^3$ . Se encuentran en este grupo el cobre, el estaño, el plomo, el cinc, el níquel, el cromo y el cobalto entre otros.
- **Aleaciones ligeras (Al, Ti):** Tienen una densidad comprendida entre 2 y  $5 \text{ gr/cm}^3$ . Los más utilizados son el aluminio y el titanio.
- **Aleaciones ultraligeras (Mg, Be):** Su densidad es menor a  $2 \text{ gr/cm}^3$ . Se encuentran en este grupo el berilio y el magnesio, aunque el primero de ellos raramente se encuentra en estado puro, sino como elemento de aleación. (Villalba, 2010:8).

### **Cerámicos, vidrios y vitrocerámicas.**

**Cerámicos:** Poseen la característica de una baja conductividad eléctrica y térmica, son empleados a menudo como aislantes. Son fuertes y duros, aunque frágiles y quebradizos. Aplicando nuevos de procesos se consiguen que los cerámicos sean más resistentes a la fractura para ser utilizados en aplicaciones de carga. Dentro de este grupo de materiales se encuentran: el ladrillo, el vidrio, la porcelana, los refractarios y los abrasivos. (Askeland, 2014:3).

Los cerámicos se pueden dividir en:

- Cerámicos tradicionales o convencionales.
- Cerámicos avanzados.

- Cerámicas estructurales.
- Electroceramicas.
- Bioceramicas.
- Aplicaciones ópticas.

**Vidrio:** Es un material que posee dureza, y al mismo tiempo, es inconsistente no contiene una estructura cristalina y permite el paso de la luz. Para obtener vidrio, se unifica caliza, arena silíceo y carbonato de sodio posteriormente se procede a moldear la mezcla a elevadas temperaturas. En general se puede establecer a los cerámicos, vidrios y vitroceramicas como materiales inorgánicos.

**Polímeros:** Los polímeros están estructurados por moléculas grandes que compone la materia se encuentra establecidas por la unión de miles de moléculas más pequeñas denominadas monómeros.

El término “polímero proviene del griego, en el que poli se entiende como mucho y mero como partes. Se los conoce también como macromoléculas debido al enorme tamaño de las moléculas que los forman. ” (Alcántara, 2012:1).

Los plásticos son el ejemplo más característico de este tipo de materiales.

Esta clasificación está en función de cómo se encuentren enlazadas o unidas (enlaces químicos o fuerzas intermoleculares) y la disposición de las diferentes cadenas que conforma el polímero, los materiales poliméricos resultantes se clasifican en:

- **Termoestables:** Son polímeros que no se pueden fundir a través de un proceso de calentamiento simple, puesto que su masa es tan dura que necesita temperaturas muy elevadas para sufrir algún tipo de destrucción.
- **Elastómeros:** Son polímeros que pueden ser deformados, cuando desaparezca el agente que causó la pérdida de su forma pueden retornar a su forma inicial, tienen la propiedad de recuperar su forma al ser sometidos a una deformación.

- **Termoplásticos:** Este es un tipo de polímeros que tienen facilidad para ser fundidos, y por lo tanto pueden ser moldeados. Tienen una estructura regular y organizada, pertenecen a la subdivisión de los cristalinos, pero si su estructura es desorganizada e irregular, se los consideran como polímeros amorfos.
- **Resinas:** Son polímeros termoestables que sufren una transformación química cuando se funden, convirtiéndose en un sólido que al volverse a fundir, se descompone.
- **Fibras:** Tienen la forma de hilos. Se producen cuando el polímero fundido se hace pasar a través de unos orificios de tamaño pequeño de una matriz adecuada y se le aplica un estiramiento. (Alcántara, 2012:1).

**Semiconductores:** Son elementos electrónicos que se fabrican para un sin número de funciones como un transistor, diodo, compuertas triacs y muchos otros elementos eléctricos más. Se les llaman semiconductores por que no son buenos como conductores ni buenos aislantes y conectarlos en ciertas condiciones, conducen o bloquean el paso de la corriente.

Los semiconductores son el resultado de la combinación de materiales compuestos formados por metales, cerámicos y polímeros.

Las propiedades que se obtienen de estas composiciones son superiores a la de los materiales que los forman por separado, de ahí la importancia de su utilización sobre todo en aquellas piezas en las que se necesitan propiedades combinadas, en la que un material (polímero, metal o cerámico) por sí solo no nos puede brindar. Las propiedades que se obtienen son un producto de la combinación de los refuerzos que se utilicen y de la matriz que soporta al refuerzo en los materiales compuestos, el cual también juega un papel importante en la aplicación por lo que resulta necesario hacer referencia a las propiedades que se obtienen al combinar refuerzo-matriz. (Pino, 2012:1).

En general, la desventaja de los materiales compuestos es su costo. Las características de los materiales y de los procesos encarecen mucho el producto. Para ciertas aplicaciones las elevadas propiedades mecánicas, tales como la

elevada rigidez, la buena estabilidad dimensional, la tolerancia a altas temperaturas, la resistencia a la corrosión, la ligereza o una mayor resistencia a la fatiga que los materiales clásicos compensan el elevado costo. A continuación presentamos una clasificación de los materiales compuestos.

#### **2.4.1.2 Clasificación de los materiales compuestos**

**Reforzado con partículas:** El material compuesto reforzado con partículas que comúnmente se emplea es el hormigón. Las partículas son la arena o grava en una matriz cerámica compuesto por silicatos y aluminatos hidratados. El proceso de fabricación de cemento, su mezcla e hidratación para dar hormigón y las propiedades mecánicas que se derivan de esta mezcla posteriormente son estudiados. (López, 2011:2).

**Reforzado con fibras:** Tecnológicamente, los materiales compuestos con fases dispersas en forma de fibras son los más importantes. A menudo se diseñan materiales compuestos reforzados con fibras con la finalidad de conseguir mejorar la resistencia y rigidez a baja densidad. Estas características se expresan mediante los parámetros de resistencia específica y módulo específico, que corresponden, respectivamente, a las relaciones entre la resistencia a la tracción y el peso específico y entre el módulo de elasticidad y el peso específico. Utilizando materiales de baja densidad, tanto para la matriz como para las fibras, se fabrican compuestos reforzados con fibras que tienen resistencias y módulos específicos excepcionalmente elevados. (Moral y Nogueira, 2007:7).

**Estructural:** Un material compuesto estructural está formado tanto por materiales compuestos como por materiales homogéneos y sus propiedades no sólo dependen de los materiales constituyentes sino de la geometría del diseño de los elementos estructurales. Los compuestos laminares, los cuales poseen una dirección preferente con elevada resistencia (tal como ocurre en la madera), y los paneles sándwich, que poseen caras externas fuertes separadas por una capa de material menos denso. (Moral y Nogueira, 2007:6).



## **2.4.2 Resistencia de materiales.**

Es la ciencia que estudia la capacidad mecánica de los materiales frente a tensiones y a los cambios presentes en los materiales, así como también las formas y dimensiones que deben tener estos elementos.

Para poder soportar cargas de acuerdo a su aplicación final del elemento (acciones exteriores) sin que sus tensiones internas sobrepasen a las máximas admisibles del material, por un lado, ni las deformaciones superen a las fijadas por las Normas o el buen uso, por otro. (Castro, 2011:2).

### **2.4.2.1 Propiedades mecánicas de los materiales.**

**Elasticidad:** Es la propiedad que tiene algunos materiales de soportar mucha tensión sin experimentar deformación permanente. Es decir, “un material elástico es aquel que se encuentran sujeto a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan la elasticidad se mide en mega pascales”. (Salman, 2011:10).

**Plasticidad:** Lo opuesto a elasticidad se denomina plasticidad y es la propiedad que tiene algunos materiales de sufrir deformación permanente con poca tensión.

**Resistencia a la fluencia:** Indica la fuerza para la que un material se deforma sin recuperar su forma primitiva al caer el esfuerzo.

**Resistencia a la tracción o resistencia última:** Indica la fuerza para la que un material se rompe.

**Resistencia a la torsión:** Fuerza de torsión que indica la rotura de un material.

**Resistencia a la fatiga:** La fatiga depende de una serie de factores. Además de la composición, estado y procedimiento de obtención del material, hay que considerar la clase y frecuencia de las sollicitaciones y especialmente, la configuración de los elementos constructivos (distribución de fuerzas, tensiones máximas, superficie). La denominación "resistencia a la fatiga" se utiliza como concepto genérico para todos los casos de sollicitud alternativas. La resistencia a la

fatiga se aumenta mediante la formación de soluciones cristalinas, la conformación en frío y el endurecimiento. (Salman, 2011:11).

**Dureza:** La dureza de un material es el resultado de muchas propiedades, entre ellas la resistencia a la compresión, el límite elástico, ductilidad y resistencia a la abrasión, por lo que se la puede definir como la oposición que realiza un material a ser penetrado, agrietado o rayado. Según el tipo de indentador utilizado existen diversos ensayos de dureza y diversas unidades de medida, que se llaman unidades Vicker, Brinell, Knoop y otras medidas más utilizadas en el durómetro.

**Fragilidad:** Esta propiedad posee algunos materiales en la cual experimentan fracturas de experimentar deformación permanente. Lo contrario es ductilidad o maleabilidad, que son las propiedades que tienen algunos materiales de experimentar mucha deformación permanente bajo cargas de tracción o compresión respectivamente. La fragilidad se relaciona con deformación y se mide en % de deformación para una carga dada. (Villalba, 2012:3).

**Tenacidad:** Es la energía total que absorbe un material antes de alcanzar la rotura, por acumulación de dislocaciones.

**Resiliencia o resistencia al choque:** Este concepto se indica que es la capacidad que los materiales tienen de acumular energía elástica antes de volverse viscosos o entrar en régimen de fluencia.

**Ductilidad:** Es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse, permitiendo obtener alambres o hilos de dicho material. “A los materiales que presentan esta propiedad se les denomina dúctiles. Los materiales no dúctiles se clasifican de frágiles. Aunque los materiales dúctiles también pueden llegar a romperse bajo el esfuerzo adecuado, esta rotura sólo se produce tras grandes deformaciones” (Villalba, 2012:3).

**Maleabilidad:** Es la propiedad de un material sólido de adquirir una deformación metálica mediante una compresión sin fracturarse.

**Maquinabilidad:** Esta propiedad indica la mayor o menor facilidad que presenta el material a su mecanización y a la obtención de un acabado perfecto. Los factores que influyen en la maquinabilidad de los aceros de herramientas son la dureza en estado de recocido, el micro estructura del acero y la cantidad de carburos presentes. (Villalba, 2012:8).

**Moldeabilidad:** Facilidad de un material para ser conformado por fundición o moldeo.

### **2.4.3 Tratamiento térmico de materiales.**

Los tratamientos térmicos permiten a los metales modificar sus propiedades para lo cual fueron elaborados o van a ser utilizados. Estas propiedades físicas y mecánicas se obtienen, sometiendo a los metales a calentamientos y enfriamientos logrando varias propiedades físicas y mecánicas; las mismas que son de gran importancia para la industria.

Realizando los tratamientos térmicos de una manera adecuada se pueden disminuir los esfuerzos internos, el tamaño del grano, incrementar la tenacidad o producir una superficie dura con un interior dúctil.

Al producir estas reacciones en el material, tanto en los aceros como en las aleaciones no férricas, con procesos de calentamiento y enfriamiento en las piezas a tiempos establecido mejorando las propiedades físicas y mecánicas. Para conocer las temperaturas adecuadas que se deben emplear para los procesos de tratamientos térmicos es recomendable contar con los diagramas de cambios de fases como el de hierro - carbono. En este tipo de diagramas, especifican las temperaturas en las que los cambios de fase producen los cambios en las estructuras cristalinas de los materiales. (Caterpillardos, 2013:1).

Los factores principales que influyen para los tratamientos térmicos son el tiempo y temperatura hay que fijarlos siempre de antemano, con la composición química del acero, la forma y el tamaño de las piezas y las características que se desean obtener.

Las características mecánicas de un material dependen tanto de su composición química como de la estructura cristalina que tenga. Los tratamientos térmicos modifican esa estructura cristalina sin alterar la composición química, dando a los materiales unas características mecánicas concretas, mediante un proceso de calentamientos y enfriamientos sucesivos hasta conseguir la estructura cristalina deseada. (Caterpillardos, 2013:2).

Estas son algunas de las características deseadas al realizar de una forma adecuada los tratamientos térmicos que se obtendrían y son las siguientes:

- **Resistencia al desgaste:** Es la resistencia que brinda un material para evitar su erosión y evitando la variación de su forma masa o estado, cuando se encuentra en contacto con otra superficie o material, es un fenómeno que al igual que la corrosión y la fatiga degradan a los elementos de máquinas y mecánicos.
- **Tenacidad:** Es la capacidad que tiene un material de absorber la energía al impacto o choque antes de alcanzar la ruptura.
- **Maquinabilidad:** Es una de las propiedades que poseen los materiales para permitir el proceso de mecanizado por arranque de viruta. Esta también depende de las propiedades físicas de los materiales.
- **Dureza:** Denominamos dureza al grado de resistencia al rayado que posee un material que ofrece la superficie del material. Esta dureza se puede determinar mediante unidades BRINELL (HB) o unidades ROCKWEL C (HRC), la prueba medir la dureza se las realiza con una máquina del mismo nombre estas se diferencian básicamente por el herramental de penetración que se empleada. (Caterpillardos, 2013:1).

#### 2.4.3.1 Tipos de tratamientos térmicos

**Tratamiento térmico temple:** El temple es “un tratamiento térmico que consiste en enfriar muy rápidamente, la mezcla austenítica homogénea, que tenemos después de calentar el acero, con este enfriamiento rápido se consigue un aumento de dureza” (Caterpillardos, 2013:5).

El objetivo principal de este tratamiento térmico es endurecer y aumentar la resistencia de los aceros. Se calienta el acero por encima de la temperatura crítica para que la perlita se disuelva en austenita. La temperatura de austenización debe ser superior a la temperatura de transformación total de la ferrita en austenita y depende de la composición del acero. El hierro y carbono al enfriarse de forma rápida, la estructura cristalina se transforma y el carbono queda incluido dentro de la red deformándola y endureciéndola, se transforma en martensita. “Esta microestructura es muy dura, frágil y tiene mayor resistencia a la tracción que el acero perlítico. Cuanto mayor sea el contenido de carbono mayor dureza adquiere” (Caterpillardos, 2013:5).

La rapidez de enfriamiento debe ser lo más rápida posible para impedir que se produzcan cambios de la austenita antes de llegar a la temperatura crítica inferior.

En esta velocidad influyen factores que dependen de la pieza (la temperatura de temple, el tamaño del grano de la austenita y la masa, forma y dimensiones de la pieza) y factores que dependen del medio de enfriamiento (volumen, temperatura, viscosidad, temperatura de ebullición, conductividad, calor específico, estado de reposo o movimiento, densidad, calor de vaporización, etc.). (Pino, 2010:8).

### **Medios de enfriamiento en el temple.**

El fluido que se utilizará para este enfriamiento deberá ser aquel que produzca una velocidad de enfriamiento superior a la crítica hasta temperaturas inferiores a las de transformación de la perlita y bainita, y más baja en el intervalo de la transformación martensítica. De esta forma se evitará la transformación de la austenita en los constituyentes más blandos y se conseguirá que se transforme con uniformidad en martensita, sin peligro a que se formen grietas y deformaciones. (Caterpillardos, 2013:5).

Medios de enfriamiento para el temple son:

- **Agua:** El agua es uno de los medios más utilizado para el enfriamiento en el temple. El agua a temperatura inferior a 30°C, tiene una severidad de temple baja si se deja la pieza en reposo pero si se agita o se le añaden

sales esta severidad aumenta, llegando a conseguirse, uniendo ambos métodos, la máxima severidad.

- **Aceites minerales:** El enfriamiento en aceites minerales se lo emplea para aceros ordinarios altos en carbono y de sección pequeña. También se “emplea para aceros aleados, cuya velocidad crítica de temple sea baja y su sección puede ser grande, en este caso se reduce el peligro de grietas y deformaciones”. (Coca, 1990:18).
- **Temperatura Ambiente:** Se usa en aceros con bajas velocidades de temple. Se enfrían las piezas por radiación, convección y conductividad por lo que desempeña un papel importante el estado de la superficie de la pieza favoreciendo que la superficie sea negra y dificultando que sea brillante.

### **Tipos de temple**

**Temple continuo de austenización completa:** Se utiliza para “los aceros hipereutectoides. Se calienta el material a  $50^{\circ}\text{C}$  por encima de la temperatura crítica superior  $A_3$ , enfriándose en el medio adecuado para obtener martensita.” (Coca, 1990:29).

**Temple continuo de austenización incompleta:** Es aplicado a los aceros hipereutectoides. Se calienta el material hasta  $AC_1 + 50^{\circ}\text{C}$ , transformándose la perlita en austenita y dejando la cementita intacta. Se enfría a temperatura superior a la crítica, con lo que la estructura resultante es de martensita y cementita.

**Temple superficial:** Este proceso influye en el “temple superficial cuando se desea que una pieza presente elevada dureza superficial y buena resistencia exterior al desgaste, pero que su alma siga manteniéndose con reducidas tensiones”. (Coca, 1990:30). Con el temple superficial se consigue que solamente la zona más exterior se transforme en martensita, y para ello el tiempo durante el que se mantiene el calentamiento debe ser el adecuado para que solamente un reducido espesor de acero se transforme en austenita.

**Temple Escalonado (Martempering):** Se calienta al acero a temperatura de austenización y mantenerlo el tiempo necesario para que se transforme completamente en austenita. Posteriormente se enfría en un baño de sales bruscamente con el fin de homogenizar la temperatura en toda la masa y se acaba reduciendo la temperatura para que toda la pieza se transforme en martensita.

**Temple isotérmico (Austempering):** Calienta el acero a temperatura de austenización y mantenerlo el tiempo necesario para obtener austenita. Posteriormente se enfría bruscamente en un baño de sales hasta una temperatura determinada, “para igualar la temperatura en toda la masa y luego se vuelve a disminuir la temperatura para que toda la pieza se transforme en bainita.” (Coca, 1990:30).

**Tratamiento térmico recocido:** El recocido es un tratamiento térmico propio de los productos semielaborados y acabados donde “está diseñado para reducir al mínimo las tensiones internas creadas durante los procesos de fabricación. El recocido sirve también para aumentar el grado de cristalinidad de los materiales y así mejorar sus propiedades mecánicas.” (Pérez, 2013:1).

Se clasifican en función de la temperatura máxima a la que se calienta el acero y en función de las condiciones y velocidades de enfriamiento

### **Tipos de Recocidos.**

Con calentamientos a temperaturas superiores a la de austenización:

**Recocido de regeneración o de austenización completa:** Se calienta de modo que “todo el material se transforme en austenita y se enfría lentamente (hasta 500° C).” (Pérez, 2013:2). De manera que la austenita se transforma en ferrita y perlita de grano grueso. Después se enfría al aire.

**Recocido globular de austenización incompleta:** Se calienta el acero de modo que sólo la ferrita se transforma en austenita. Luego un enfriamiento lento en el horno hasta que la austenita se transforma (500° C) y después se enfría al aire.

Con calentamientos a temperaturas inferiores a la de autenticación:

**Recocido globular subcrítico:** “Se enfría muy lentamente hasta 500° C y después al aire”. (Pérez, 2013:2).

Se consigue frente al anterior una cementita de estructura globular más perfecta.

**Recocido de ablandamiento o de homogenización:** “Se calienta el acero a una temperatura de 700 a 725° C y se deja enfriar al aire”. (Pérez, 2013:2). Se emplea en aceros después de la forja o laminación, generalmente en aceros aleados de gran resistencia devolverles sus propiedades mecánicas iniciales.

**Recocido de estabilización o de relajación de tensiones:** Se calienta la pieza a 100-200° C durante un tiempo muy prolongado (100 h o más).

**Tratamiento térmico revenido:** Es el proceso de calentamiento de un acero martensítico a temperaturas inferiores a las de la temperatura de transformación eutectoide, para así eliminar las tensiones generadas durante la transformación martensíticas y ablandar la estructura devolviendo tenacidad al material, primero se austeniza el acero, para después enfriarlo rápidamente y producir así la transformación martensítica. (Pérez, 2013:6).

De esta manera, se evita el cambio a perlitas. Después, el acero es calentado de nuevo a una temperatura inferior a la inicial de transformación austenítica, para ablandar la martensita mediante su transformación en una forma de carburo de hierro esferoidal en una matriz de ferrita. “La martensíticas se encuentra en aceros ordinarios de bajo carbono, como en cintas o listones. Así, cuando los aceros martensíticos de bajo contenido en carbono se revienen en el rango de 20 a 200°C.” (Pérez, 2013:4).

### **Tipos del revenido.**

**Revenido del exterior:** El acero se calienta lentamente por medio de las fuentes térmicas correspondientes y luego de lograr la temperatura de revenido (entre 200° C y 500° C) se refrigera.

**Revenido del interior:** El acero se enfría rápidamente luego del temple, de tal manera que solamente la capa exterior esta fría. Del interior se introduce



nuevamente el resto de calor, luego de lograr la temperatura de revenido se refrigera.

**Tratamiento térmico normalizado:** También se le conoce con el nombre politización este tratamiento térmico se lo realiza “calentando aproximadamente a 20°C por encima de la línea de temperatura crítica superior seguida de un enfriamiento al aire hasta la temperatura ambiente”. (Grupo Inducción, 2011:1).

La normalización de un acero, cambia la estructura del grano. Los aceros con niveles inferiores de carbono no tienen su tasa de ductilidad alterada poniendo en práctica el proceso de normalización. “La normalización se utiliza generalmente para las piezas de acero que requieren la máxima cantidad de fuerza y resistencia al impacto.” (Grupo Inducción, 2011:1).

#### **2.4.4 Tratamiento térmico del acero AISI 1045**

El acero AISI 1045 con una densidad 7.87 g/cm<sup>3</sup> (0.284 lb/in<sup>3</sup>) “es uno de los aceros que puede mejorar las propiedades de resistencia al desgaste”. (Sumitec, 2010:2).

Por esta razón que es un acero adecuado ofreciendo buenas condiciones de trabajo al desgaste teniendo en cuenta su tendencia al endurecimiento por deformación plástica,

En todo tipo de aplicaciones en donde se requiera soportar esfuerzos por encima de los 650 MPa cuando se necesite una superficie con dureza media. Por sus características de temple, el acero AISI 1045 tiene muchas aplicaciones en la industria automotrices y de maquinaria en general, en la elaboración de piezas como ejes y semiejes, cigüeñales. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. (Sumitec, 2010:2).

Cuando se hacen prácticas de soldadura adecuadas, presenta soldabilidad adecuada. Por su dureza y tenacidad es adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria.

Al acero AISI 1045 se considera en el sector industrial como un material de buena calidad que combina elevada tenacidad - ductilidad posee una buena capacidad de endurecimiento por deformación y una elevada resistencia al desgaste a pesar de su relativa baja dureza.

#### **2.4.5 Tribología**

La tribología, ha sido uno de los fenómenos que ha ido de la mano con el avance tecnológico, ya que gracias a este fenómeno nuestros antepasados fueron capaces de generar el fuego, construcción de herramientas para la cacería así utilizando en beneficio el desgaste producido de forma incitada donde intervienen los fenómenos de fricción, desgaste y lubricación.

Los documentos históricos muestran el uso de la rueda desde el 3500 a.C., lo cual ilustra el interés en la antigüedad por reducir la fricción en movimientos de traslación. Los egipcios tenían el conocimiento de la fricción y los lubricantes, esto se ve en el transporte de grandes bloques de piedra para la construcción de monumentos. Para realizar esta tarea utilizaban agua o grasa animal como lubricante. El artista-científico renacentista Leonardo Da Vinci fue el primero que postuló un acercamiento a la fricción. Da Vinci dedujo la leyes que gobiernan el movimiento de un bloque rectangular deslizándose sobre una superficie plana. (Dowson: 1999:2).

Implantando el concepto del coeficiente de fricción. Desafortunadamente sus escritos no fueron publicados hasta cientos de años después de sus descubrimientos.

Fue en 1699 que el físico francés Guillaume Amontons redescubrió las leyes de la fricción al estudiar el deslizamiento entre dos superficies planas. Muchos otros descubrimientos ocurrieron a lo largo de la historia referente al tema, científica como Charles Agustín de Coulomb, Robert Hooke, Isaac Newton, entre otros, aportaron conocimientos importantes para el desarrollo de esta ciencia. (Dowson: 1999:5).

A través de la historia, el estudio de la tribología ha sido complejo. Por lo cual es necesario inmiscuir en las diferentes disciplinas científicas, tales como la física, ciencia de materiales, química, ingeniería mecánica, etc. Consiguiendo de ellas las herramientas necesarias para poder estudiar y entender más claramente las diferentes reacciones y consecuencias que traten los fenómenos tribológicos.

El uso de la potencia del vapor permitió nuevas técnicas de manufactura. En los inicios del siglo veinte, desde el enorme crecimiento industrial hasta la demanda de una mejor tribología, el conocimiento de todas las áreas de la tribología se expandió rápidamente.

La importancia de la ciencia hoy en día en la industria y en diferentes áreas de la producción es conocer el comportamiento de los materiales en un tribosistema, donde se desea evaluar los fenómenos de fricción, desgaste, para así lograr diseñar elementos mecánicos que en un conjunto sean más eficientes y duraderos detallando la aplicación en varios elementos mecánicos como mecanismos, sellos, anillos para pistones.

#### **2.4.5.1 Definición de la Tribología.**

“La tribología, es la ciencia que se encarga del estudio de las superficies que se encuentra en contacto y movimiento relativo, así como de los fenómenos que se producen por la interacción de las mismas”. (Bhushan: 1999:3).

La tribología se ha desarrollado apoyada en otras ciencias como son: la física, química, Ciencia de Materiales, Ingeniería de Materiales y entre otras que han ayudado para el estudio y desarrollo de esta ciencia.

De acuerdo con las definiciones de varios autores y científicos que en las últimas décadas, el interés ha crecido sobre el tema de la fricción, desgaste y lubricación lo que ha permitido establecer sus causas y prevenir sus consecuencias para mantener y disminuir energía así alcanzando movimientos más rápidos y precisos, subiendo la productividad y reduciendo los precios de mantenimientos.

En la actualidad la competitividad de los países más avanzados tecnológicamente y las crisis económicas en los países pobres han incentivado el estudio de la Tribología tanto en las Universidades y fábricas como a través de programas gubernamentales y de Asociaciones de Ingenieros que han conformado las Asociaciones de Ingenieros Tribológicos y en algunos casos las Cámaras de Tribología donde sobresalen países como Gran Bretaña, Japón, Estados Unidos, Alemania, Cuba, la Unión Soviética y Argentina. “En México, en mayo de 2001, se conforma la Sociedad de Tribólogos e Ingenieros en Lubricación, Sección Ciudad de México.” (Bhushan: 1999:13).

Aplicaciones: La Tribología está presente prácticamente en todas las piezas en que son usados continuamente en la industria, en movimiento tales como:

- Embragues.
- Frenos.
- Engranajes o engranajes.
- Levas.
- Motores eléctricos y de combustión (componentes y funcionamiento).
- Turbinas.
- Compresores.
- Extrusión.
- Rolado.
- Fundición.
- Forja.
- Procesos de corte (herramientas y fluidos).
- Elementos de almacenamiento magnético.
- Prótesis articulares (cuerpo humano).

Aplicando de forma adecuada los conocimientos de la Tribología se pueden obtener beneficios que derivan en:

- Ahorro de materias primas.
- Aumento en la vida útil de las herramientas y la maquinaria.

- Ahorro de recursos naturales.
- Ahorro de energía.
- Protección al medio ambiente.
- Ahorro económico.

#### **2.4.5.2 Tribosistema**

Es un sistema natural o artificial de dos o más elementos materiales en donde se puede analizar los fenómenos de desgaste y fricción las características de estos a más de ser físicas también son las ambientales que se encuentran en contacto y movimiento relativo se conocen con el nombre de tribosistema que consta de los siguientes elementos. (Dowson: 19968:7).

- Cuerpo primario de fricción, en condición de desgaste.
- Cuerpo secundario, fricción en condición de desgaste.
- La sustancia intermedia, entre los cuerpos que puede ser aceite lubricante, polvo, óxidos de vapor, agua, gases.

El medio ambiente que es el entorno donde se encuentra el sistema y puede estar constituido por gases o líquidos a diferentes condiciones.

En la siguiente figura 2-2 se muestra un tribosistema con sus factores pueden desarrollar cualquier combinación con materiales y diferentes medios.

La aplicación de manera adecuado de estos elementos ayuda al diseño y elaboración de dispositivos mecánicos con la finalidad de seleccionar de manera correcta los materiales en forma óptima e incrementando su vida útil.

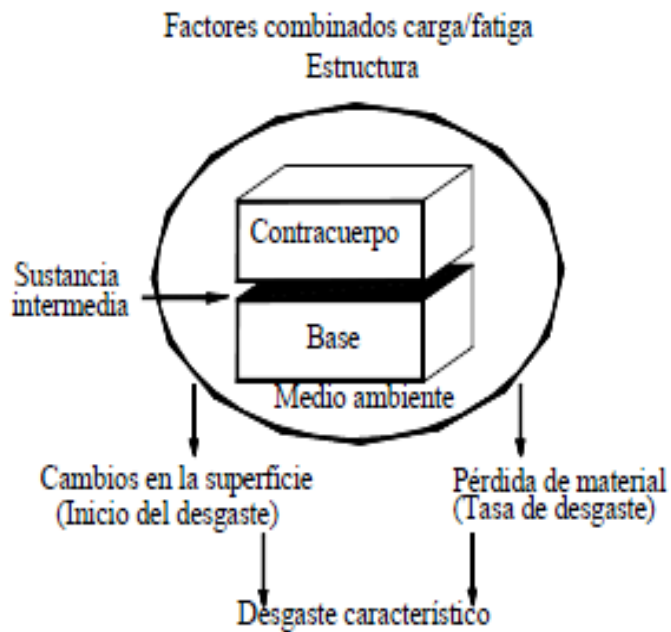


Figura 2-2 Tribosistema.

Fuente: Dowson, D. (1990). Historia de Tribología

### 2.4.5.3 Análisis de una superficie.

“Cortando normalmente por un plano, se obtiene una curva llamada perfil de la superficie. Es a partir de este, se analizan los diferentes defectos que están presentes como se muestran en la figura 2-4” (Villanueva y Watanave: 1983:9).

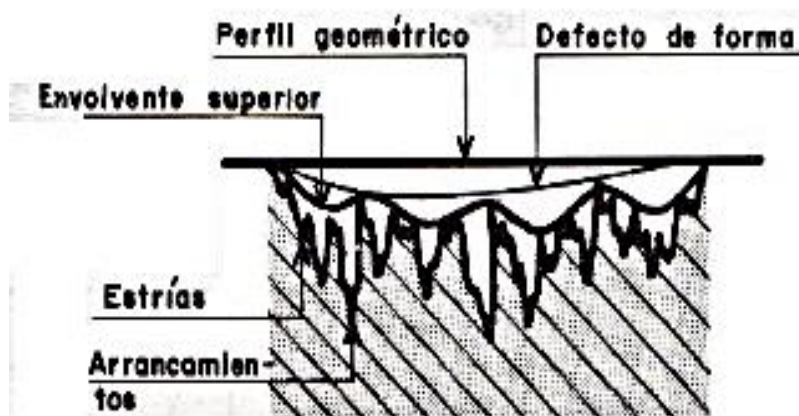


Figura 2-3 Análisis de los defectos superficiales.

Fuente: Villanueva Pruneda Sergio y Watanave ramos Jorge. Manual de métodos de fabricación metalmeccánica 1997

A continuación se mencionaran los principales defectos geométricos que se encuentran en las superficies:

**Defecto de primer orden:** Están presentes en la manera como por ejemplo las desviaciones de rectitud, circularidad.

**Defecto de segundo orden:** Se caracteriza por una línea ondulada. Se obtiene trazando la línea envolvente superior que pasa por la mayoría de las crestas.

**Defecto de tercer orden:** Estos caracterizan la rugosidad de la superficie. Son los constituidos por crestas y valles.

**Defecto de cuarto orden:** Son defectos no periódicos generados por arrancamientos, fracturas.

#### **2.4.5.4 Contacto Mecánico**

Para el análisis del el contacto mecánico entre dos superficies se debe considerar que generalmente se observaran asperezas con distintas distribuciones de alturas en sus picos. El contacto de estas superficies ocasiona fenómenos de fricción y desgaste que se muestra en las superficies por perdida de material ocasionado por el movimiento relativo, causando así daño superficial en las superficies en contacto por consecuencia disminuyendo la eficiencia de estas pares cinemáticos.

“Cuando los planos en movimiento con superficies paralelas tienen acercamiento entre ellos, comienzan el contacto, inicialmente solo en algunos puntos. En ellos, un gran número de asperezas de diferentes tamaños y formas se presionan unas en contra de otras”. (Villanueva y Watanave: 1997:12).

Cuando una de las superficies intercambia un esfuerzo hacia la otra, dichas asperezas pueden sufrir deformaciones elásticas o plásticas. La suma de todos los micro contactos que constituyen las asperezas individuales establece el área real de contacto, que representa solamente un fragmento diminuto del área geométrica visible; en la figura 2-5 se muestra la magnificación del contacto entre las rugosidades.

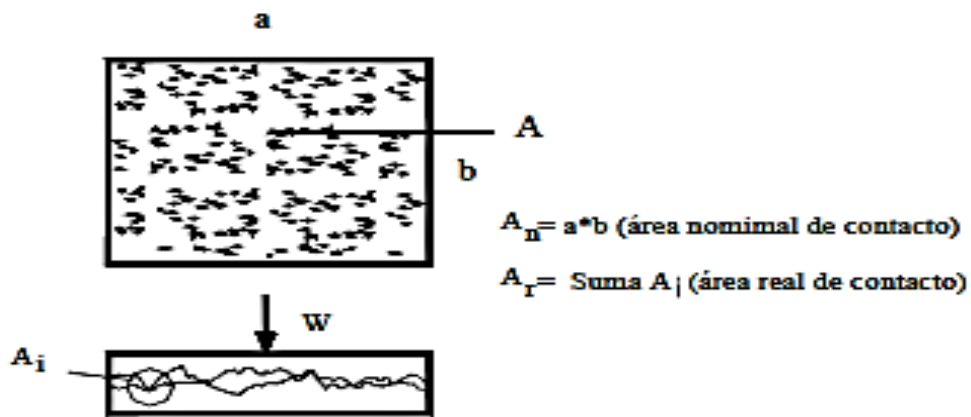


Figura 2-4 Área real de contacto

**Fuente:** Villanueva Pruneda Sergio y Watanave Ramos Jorge. Manual de Métodos de fabricación Metalmecánica 1997.

“Las asperezas involucradas tienen diferentes formas geométricas. Las más comunes son aquellas que tienen forma cónica y esférica, las protuberancias de tipo cuña, se han idealizado para el análisis del contacto mecánico”. (Greenwood y Williamson: 1966:19).

Se puede hacer aseveraciones sobre el área de contacto, siempre que se conozca la naturaleza de las asperezas, que va depender de las condiciones en que se encuentran expuestas. Teóricamente se considera, que dichas asperezas son todas esféricas de radio y altura constante, como en la figura 2-6 a) Además, se deformarán de manera independiente, una parte de la carga y contribuyen con una fracción al área total de contacto.

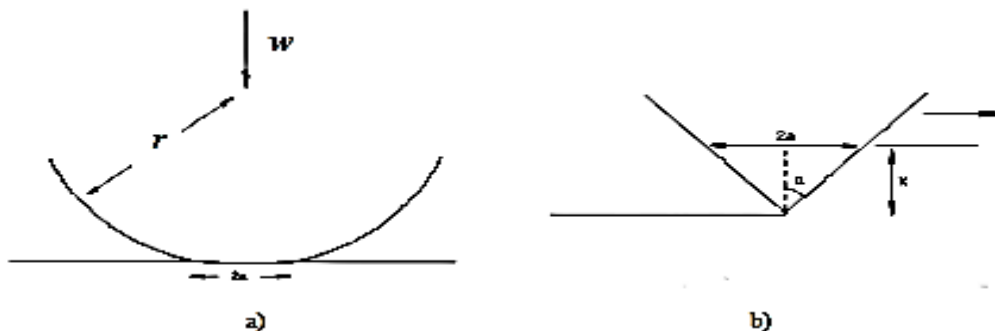


Figura 2-5 Deformación elástica de una esfera de radio  $r$  presionada contra una superficie plana con carga  $W$ .

**Fuente:** Edward Arnold, UK, 1992.



### 2.4.5.5 Propiedades Tribológicas (fricción y desgaste)

**Fricción:** Se define como la fuerza de rozamiento o de fricción que se encuentre presente entre dos áreas en contacto resistiéndose al movimiento de un área con relación a la otra. Existen dos tipos de fricción o rozamiento:

#### Leyes Fricción

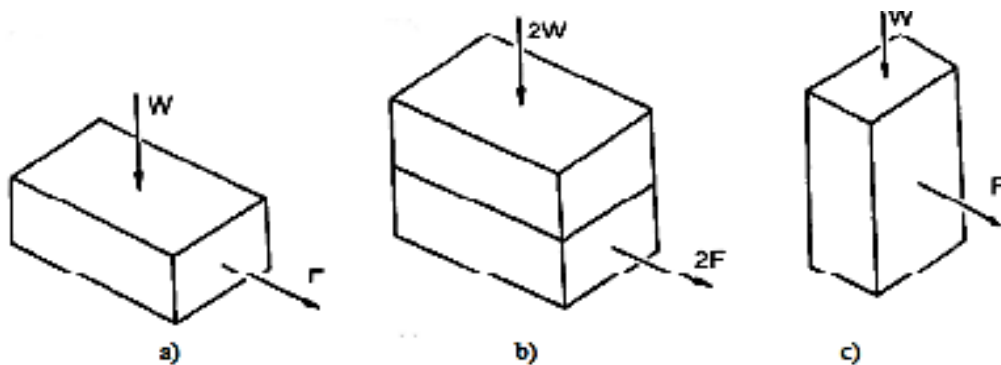
El físico francés Guillaume Amontons en 1699 estableció cualitativamente las leyes de fricción. Posteriormente en 1748. Euler intentó explicar la diferencia entre el coeficiente estático y dinámico, pero no fue hasta 1785 que José Marie Coulomb estableció la tercera ley fundamental de este fenómeno.

Ley: la fuerza de fricción, es proporcional a la carga normal  $W$  aplicada.

Ley: la fricción es independiente del área aparente de contacto. (Arnold: 1992:15).

Ley: la fricción es independiente de la velocidad de deslizamiento.

La segunda ley de la fricción se ha probado en la mayoría de los materiales, con excepción de los polímeros. En la figura 2.6, se ilustran de manera gráfica dichas leyes.



**Figura 2-6** Ilustración de algunos aspectos de las leyes de Amontons

**Fuente:** Williams J.A. 1994.

Cabe señalar que “el coeficiente de fricción para metales, como lo señala la tercera ley de fricción, es independiente a la velocidad de deslizamiento, pero solo

hasta 10m/s, ya que después de este valor, el coeficiente de fricción disminuye cuando aumenta la velocidad”. (Arnold: 1992:20)

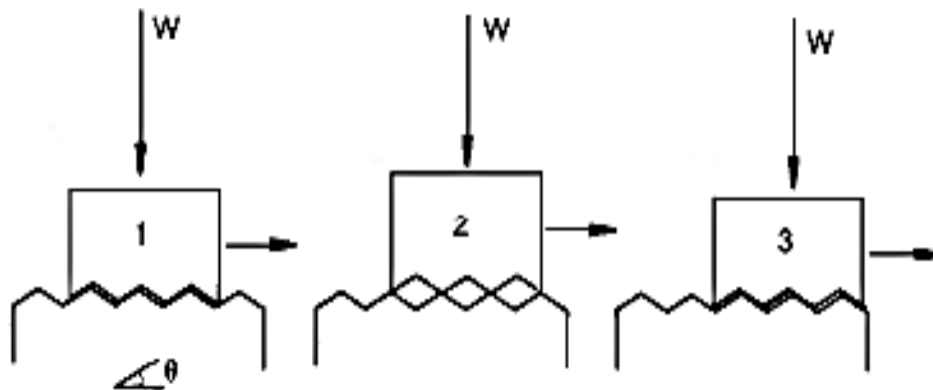


Figura 2-7 Esquema que ilustra la fricción de deslizamiento.

Fuente Edward Arnold, UK, 1992, Tribology: Friction and Wear of Engineering of Materials.

#### 2.4.5.6 Tipos de Fricción.

- **Fricción externa:** Se da entre dos cuerpos diferentes.
- **Fricción interna:** Se genera entre partículas de un mismo cuerpo.

##### Tipos de fricción externa.

- **Fricción estática:** Pérdida de energía mecánica al inicio y al final del movimiento relativo tangencial entre dos áreas materiales en contacto.
- **Fricción móvil:** Pérdida de energía mecánica durante el movimiento relativo de áreas materiales en contacto.
- **Fricción de choque:** Pérdida de energía mecánica al comienzo y al término del movimiento relativo normal (perpendicular) entre áreas materiales en contacto.

##### Dependiendo de las condiciones de contacto

- **Fricción de deslizamiento:** Se presenta durante el movimiento relativo tangencial de los elementos sólidos en un sistema tribológico.

- **Fricción de rodamiento:** Se presenta durante el movimiento relativo de rodadura entre los elementos sólidos de un sistema tribológico.
- **Fricción de rotación:** Se presenta durante el movimiento relativo de rotación entre los elementos sólidos de un sistema tribológico.

#### 2.4.5.7 Estados de fricción.

**Fricción metal-metal:** La fricción metal-metal es un estado de fricción que se presenta en diversos fenómenos tribotécnicos. Tiene lugar en un elemento lubricado como consecuencia del rompimiento de la película límite o por agotamiento de los aditivos anti desgaste del lubricante.

Leyes de la fricción metal-metal por deslizamiento.

La fricción metal-metal presenta las siguientes características.

- Es directamente proporcional al peso del elemento que desliza o rueda.
- Es independiente del área de las superficies de contacto. Es función del área efectiva, la cual se la suma de las zonas de contacto dadas por las irregularidades de ambas superficies. Por esta razón, el área de contacto no coincide en general con el área geométrica de las superficies que se rozan.
- No depende de la velocidad de deslizamiento.
- Varía según la naturaleza de los materiales y del acabado superficial.

Leyes de la fricción metal-metal por rodadura.

- Varía con la carga.
- Es inversamente proporcional al diámetro del elemento rodante.
- Es menor para superficies pulidas que para superficies rugosas.

**Fricción pura:** Este tipo de fricción sucede cuando entre los materiales no contienen una película o partícula separadora. Es una etapa de fricción en el cual el sistema tribológico está constituido por dos elementos que corresponden a los materiales base.

La fricción pura irregularmente se encuentra en la práctica industrial y por lo general, se adquiere a nivel de laboratorio, bajo un control muy riguroso de los experimentos. Durante la fricción pura las superficies están libres de cualquier película contaminante. La magnitud del coeficiente de fricción varía entre 0.80 a 10 y más.

**Fricción sólida:** Es el estado de fricción en el cual el sistema tribológico está constituido por tres elementos que presentan características de cuerpos sólidos. Durante la fricción sólida el tercer elemento está presente en forma de capas de un compuesto adheridas al metal base. En la práctica industrial este estado de fricción se halla ampliamente difundido. Se entienden como compuestos la película límite de aditivo anti desgaste, las capas de óxidos, suciedad, etc. La magnitud del coeficiente de fricción varía entre 0,2 a 0,8. (Stolarski: 1991:162).

**Fricción fluida:** Es una etapa de fricción en el cual el sistema tribológico está estructurado por lo menos por tres elementos, presentando uno de ellos propiedades líquidas. La adquisición de la fricción fluida está condicionada a la existencia de un lubricante líquido que limita las superficies de los elementos sólidos, que conforma el sistema tribológico.

**Fricción hidrodinámica:** Estado de fricción en el cual las condiciones hidrodinámicas se logran mediante el movimiento relativo del par friccionante, cuando se encuentra sujeto a condiciones de rapidez y de carga. En esta etapa de fricción es importante la viscosidad del lubricante utilizado. Los valores del coeficiente de fricción varían en el rango de 0,001-0,002 en dependencia de la viscosidad del lubricante. (Stolarski: 1991:220).

**Fricción hidrostática:** Se encuentran en mecanismos que giran a bajas velocidades y que admiten grandes cargas y donde, para construir la película hidrodinámica, es importante inyectar aceite a presión antes y durante el movimiento del mecanismo.

**Fricción gaseosa:** Estado de fricción en el cual el sistema tribológico está formado por tres elementos y uno de ellos presenta propiedades gaseosas. Dentro

de la fricción gaseosa, uno de los métodos más difundidos es el que utiliza aire como elemento gaseoso y este limita las superficies de los elementos sólidos, que conforman el sistema tribológico.

**Fricción mixta:** La fricción mixta, está estructurada por los estados de fricción sólida y fluida se encuentra ampliamente difundida en la práctica industrial, sobre todo en aquellas uniones tribotécnicas que se caracterizan por bajas velocidades y grandes cargas. Durante la fricción mixta, las propiedades de los materiales, que constituyen la unión, juegan un papel de primer orden. La magnitud del coeficiente de fricción mixta varía entre 0,05 y 0,2. (Stolarski: 1991:226).

#### **2.4.5.8 Reducción de la fricción.**

La fricción puede ser disminuida por los siguientes factores, los cuales pueden controlarse:

- **La carga:** Influye en forma directamente proporcional a la fricción; sin embargo, es parte de todo mecanismo y en la mayoría de los casos es difícil modificar.
- **Naturaleza de los materiales:** Dependiendo de su naturaleza química, los cuerpos pueden presentar mayor o menor fricción.
- **El acabado de las superficies:** Los coeficientes de fricción son mayores cuando las superficies son ásperas que cuando son pulidas.
- **Forma de los cuerpos:** La fricción por rodamiento es menor que la fricción por deslizamiento. Los cuerpos esféricos o cilíndricos, por lo tanto, ocasionan menor fricción. (Williams: 1994:174).

#### **2.4.5.9 Desgaste**

Proceso de remoción de material o daño superficial sufrido por los materiales debido al movimiento relativo de esta superficie respecto a otra en contacto. En este proceso el material puede ser aislado de la superficie y expulsado fuera de la región de contacto. También puede ser cambiado a la otra superficie y mantenerse adherido a ella o romperse y ocasionar contacto. En el caso de que se produzca un

cambio de material la pérdida de masa neta de la interface es cero, siendo una o ambas superficies desgastadas.

### **Tipos de desgaste.**

**Desgaste por adherencia:** Se presenta cuando “las irregularidades de una superficie interactúan directamente con las de otra superficie, se adhieren y se sueldan, dando lugar en la mayoría de los casos al desprendimiento de partículas.” (Williams: 1994:212).

**Tipos de desgaste adhesivo:** Este desgaste es el segundo más usual en la industria y ocurre cuando dos superficies sólidas se deslizan una sobre la otra bajo presión. El aspecto de la superficie desgastada será de ralladuras irregulares y superficiales, y puede presentarse de las siguientes formas:

- **Desgaste adhesivo por pulido o de fricción por cizallamiento:** Se origina cuando la unión adhesiva falla por la interface no produciéndose prácticamente transferencia de metal y la superficie desgastada aparece pulida. Se presenta en materiales de alto grado de incompatibilidad metalúrgica ( $k = 10^{-6} - 10^{-8}$ ).
- **Desgaste adhesivo superficial:** Su presencia se encuentra en los pares metálicos con poca compatibilidad metalúrgica sometidos a altas velocidades de deslizamiento (aceros  $V = 3 - 4$  m/s); grandes presiones de contacto y altas temperaturas superficiales ( $T = 1500$  °C). Se produce durante la fricción seca en superficies contaminadas (capas de óxido) y durante la lubricación límite, en este caso son necesarios altas presiones que destruyen la película límite (carga crítica del lubricante). El desgaste adhesivo superficial se caracteriza por presentar una superficie con rayas o surcos pocos profundos en dirección del movimiento con los siguientes parámetros. (Williams: 1994:212).

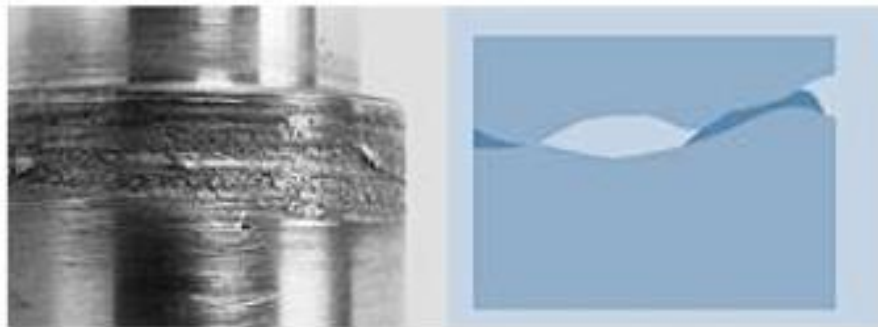
Causas por las cuales se produce el desgaste adhesivo:

- Falta de aplicación de un lubricante.
- Rompimiento de la película límite por agotamiento o por sobrecarga.

- Un bajo nivel, viscosidad o presión del aceite en el sistema.
- Un alto nivel, viscosidad o presión del aceite en el sistema.

Soluciones:

- Cambiar el aceite dentro de las frecuencias normales.
- No sobre cargar los mecanismos.
- Mantener el nivel, viscosidad y presión del aceite.



**Figura 2-8** Desgaste Adhesivo

**Fuente:** Seminario de tribología y lubricación.

**Desgaste por ludimiento:** Esta forma de desgaste se origina como resultado del movimiento oscilatorio de dos superficies en contacto, como sucede en máquinas donde existe vibración entre las partes.

**Desgaste por fatiga:** La fatiga en la superficie y su superficie se observa durante deslizamiento y cuando se produce golpeteos repetitivos.

Los repetidos ciclos de carga y descarga a los cuales los materiales son expuestos pueden inducir la formación de grietas superficiales y sus superficiales, que eventualmente, después de un número crítico de ciclos resultarán en la rotura de la superficie con la formación de grandes fragmentos, dejando grandes hoyos en la superficie. Antes de este punto crítico el desgaste del material es despreciable, lo que no sucede con el desgaste causado por un mecanismo adhesivo o abrasivo, donde el desgaste causa un deterioro gradual del material desde el inicio del proceso. Por tanto, la cantidad de material removido debido a la fatiga no es un parámetro útil. Mucho más relevante es la vida útil en términos del número de

revoluciones o ciclos de trabajo antes de que ocurra la falla por fatiga. (Nam: 1986:132).

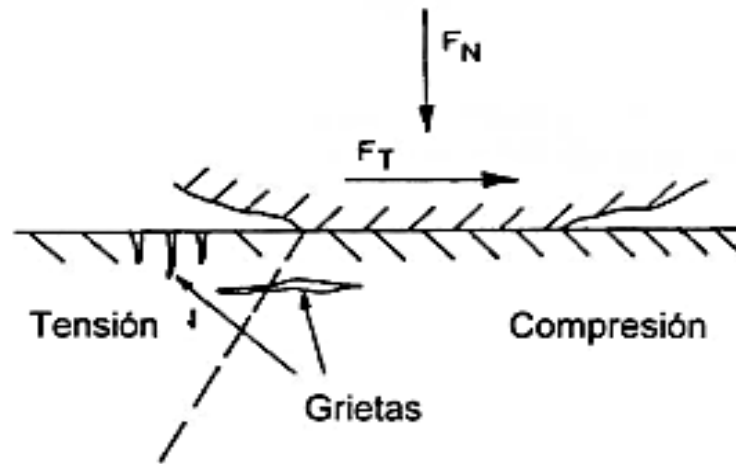


Figura 2-9 Desgaste por fatiga

Fuente: Desgaste, 2011.

Causas por las cuales se produce el desgaste por fatiga:

- Es inevitable con el tiempo.
- Se puede incrementar con la presencia de partículas del mismo tamaño o ligeramente más grandes que el juego dinámico y que no se adhiere a ninguna superficie en movimiento.

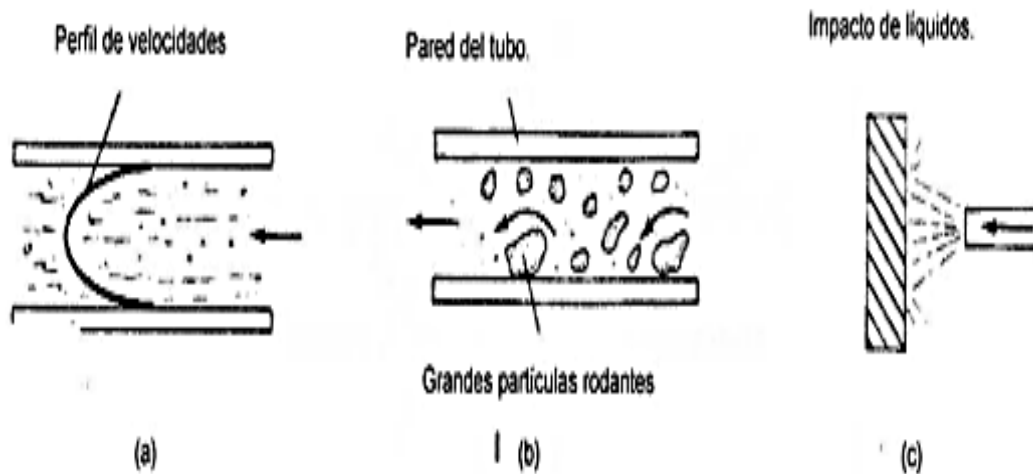
Soluciones:

- Un proceso tribológico positivo.
- Mantener el aceite limpio.

**Desgaste por erosión:** Ocasiona pérdidas de material en la superficie por el contacto con un líquido que contiene en suspensión cierta cantidad de partículas abrasivas como se muestra en la figura 2-10, siendo esencial el movimiento relativo entre el fluido y la superficie, ya que la fuerza de las partículas, que de hecho son responsables del daño, se aplica cinéticamente. “En el desgaste erosivo es donde el movimiento relativo de las partículas sólidas es casi paralelo con las superficies erosionadas se denomina erosión abrasiva, por otro lado, la erosión en



la que el movimiento relativo de las partículas es casi normal (perpendicular) a la superficie erosionada se conoce como erosión bajo impacto.”(Nam: 1986:136).



**Figura 2-10** Desgaste por erosión.

**Fuente:** Desgaste, 2011.

Causas por las cuales se produce el desgaste erosivo:

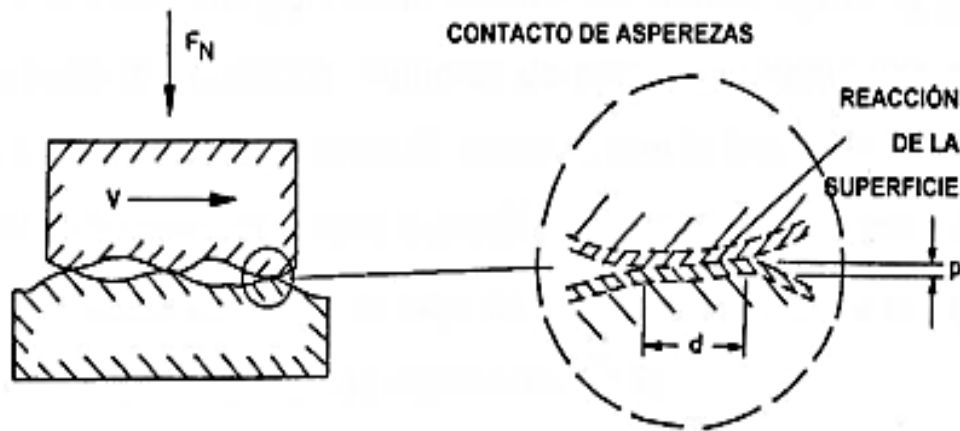
- Alto nivel del aceite.
- Alta viscosidad del aceite.
- Alta presión del sistema.
- Partículas sólidas en el aceite fluyendo a alta presión.

Soluciones:

- Mantener el nivel, la viscosidad y la presión del aceite en el sistema dentro del rango normal.
- Implementar sistemas de filtración.
- Cambiar el aceite con más frecuencia.

**Desgaste corrosivo:** Las reacciones químicas o electroquímicas con el medio ambiente contribuyen significativamente en la velocidad del desgaste. En algunas ocasiones, “las reacciones químicas ocurren primero y son seguidas por una remoción de los productos de la corrosión mediante una acción mecánica (abrasión), de otra manera, la acción mecánica podría preceder a la acción

química dando como resultado la creación de pequeñas partículas de desperdicio.  
“(Nam: 1986:154).



**Figura 2-11** Desgaste corrosivo.

**Fuente:** Desgaste, 2011.

Causas por las cuales se produce el desgaste corrosivo:

- Intervalos de uso del aceite muy prolongado (aceite oxidado).
- Contaminación del aceite con ácidos o con agua.
- Vibraciones y humedad en el ambiente (maquinaria textil).

Soluciones:

- Cambiar el aceite dentro del intervalo de vida útil.
- Utilizar el lubricante adecuado para condiciones de vibración y humedad.

**Desgaste por cavitación:** Cavitación o formación de burbujas de vapor o de gas en el seno de un líquido, causada por las variaciones que éste experimenta en su presión. Esta problemática que se origina cuando las burbujas se colapsan y aparecen unas picaduras en la superficie del metal, que se encuentra en contacto con el líquido.

Existen dos formas de ebullición del líquido. La primera consiste en calentarlo hasta que alcance su punto de ebullición (100 °C para agua). La segunda se limita a reducir la presión a la que se somete dicho líquido, hasta que éste entre en ebullición a temperatura ambiente. En ambos casos, el líquido hierve a una

presión de vapor relativa a una temperatura. En el interior de una bomba, se crean vacíos o zonas de presión negativas. Si estos vacíos exceden la presión de vapor del líquido a bombear, se forman burbujas de vapor que se desplazan por el sistema hasta implosionar, si existe una presión local suficientemente alta. (Nam: 1986:212). Cuando las burbujas se colapsan, la implosión puede ser mayor a los 6.900 bares. En el caso que la implosión se realice cerca de un área metálica, esta atacará su superficie con una picadura minúscula.

En una bomba coexisten dos áreas donde se puede originar el fenómeno de la cavitación. La primera, (de aspiración) tiene lugar en el ojo del rodete cuando existe demasiado vacío que sobrepasa la presión del vapor del líquido bombeado. La segunda, (de impulsión) surge en el tajamar de la voluta cuando la altura de descarga es demasiado alta, desplazando el punto de trabajo hacia la izquierda y fuera de la curva de funcionamiento. (Nam: 1986:212).



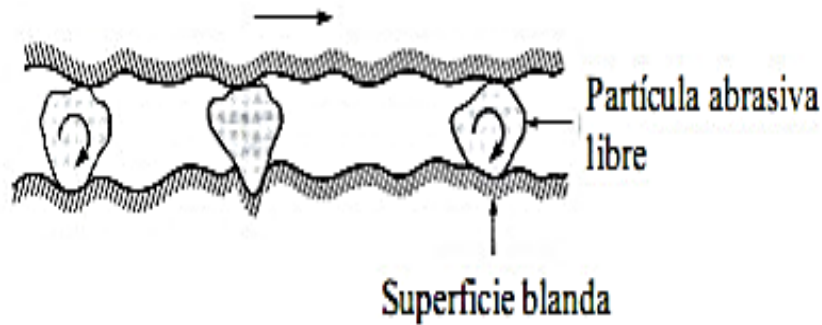
**Figura 2-12** Desgaste por cavitación

**Fuente:** Cavitación en el bombeo de fluidos, 2009.

#### **2.4.6 Desgaste abrasivo**

“La Norma ASTM G40-92 define el desgaste abrasivo como la pérdida de masa resultante de la interacción entre partículas o asperezas duras que son forzadas contra una superficie y se mueven a lo largo de ella.” (Handbook Friction, Lubrication and, War Technology: 1992:19).

La diferencia entre desgaste abrasivo y desgaste por deslizamiento es el grado de desgaste entre los cuerpos involucrados (mayor en el desgaste abrasivo), ya sea por la naturaleza, tipo de material, composición química, o por la configuración geométrica.



**Figura 2-13** Desgaste abrasivo

**Fuente:** HOLMBERG, 2009.

Este mecanismo de daño se manifiesta cuando las asperezas de un cuerpo se ubican en contacto con la superficie de un segundo cuerpo más blando, removiendo el material al micro surcar y micro fracturar con las asperezas formando una rayadura.

Ocurre cuando dos superficies están en contacto directo; una de ellas es significativamente, más dura que otra. Las asperezas de la superficie dura de penetración a la que es más suave produciendo deformaciones plásticas.

Cuando existe un movimiento deslizante, el material de la superficie más blanda se remueve por la acción de mecanismos microscópicos cortantes y micro arados conociéndole así como desgaste abrasivo. En caso de que exista abrasión por medio de un medio introducido con arena o materiales se le conoce como abrasión generado de tres cuerpos. (Handbook Friction, Lubrication and, War Technology: 1992:20).

**Mecanismos de desgaste abrasivo:** Son mecanismos de desgaste más comunes que se encuentra más a menudo en diversas zonas de industrias. Este fenómeno

puede producirse en cualquier ambiente, en el suelo, en el aire y en líquidos con la presencia de partículas abrasivas y sobre todo durante la manipulación y el procesamiento de materias como arena piedra.

Según la norma DIN 50320, el desgaste se define como la pérdida progresiva de material de la superficie de un cuerpo sólido. Esta pérdida de material es ocasionada por fenómenos mecánicos y químicos, el material removido puede ser expulsado, transferido a la otra superficie o quedar atrapado dentro del sistema. De acuerdo con Zum Gahr (Zum Gahr, 1987) y la norma DIN se pueden identificar los cuatro principales mecanismos de desgaste: adhesivo, abrasivo, triboquímico y fatiga. (Handbook Friction, Lubrication and, War Technology: 1992:28).

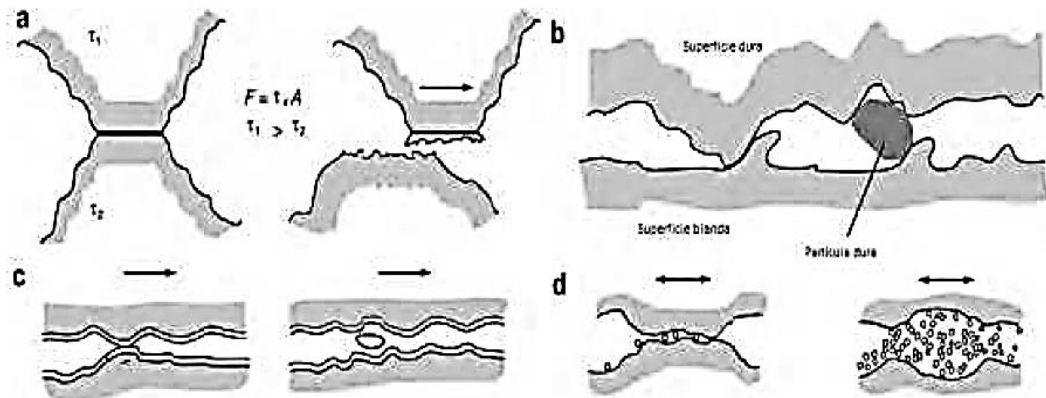


Figura 2-14 Desgaste abrasivo

Fuente: HOLMBERG, 2009.

El mecanismo de desgaste es el proceso mediante el cual se realiza la expulsión de material cuando se encuentran en contacto ambas superficies este fenómeno se realiza cuando existe movimiento relativo una de la otra. Aunque en función de determinadas variables del sistema y propiedades de los materiales inmiscuidos en el desgaste, la eficiencia en la expulsión de material es menor.

Cuando el diseño tribológico es bueno, la pérdida de material disminuye notablemente y el desgaste entre los pares tribológicos es un proceso muy lento.

**Mecanismo desgaste Abrasión de Tres:** Cuerpos este tipo de desgaste se produce. Cuando una partícula de polvo o de desgaste entre los materiales con un

tamaño cercano a los claros dinámicos (espesor de la película lubricante) interviene entre las superficies y comprimida entre las dos superficies, que se encuentran en movimiento relativo.

Cuando el tamaño de la partícula es superior al espesor de la película lubricante, ocurre un arañado, arado o ranurado en la superficie. Esto crea surcos paralelos en la dirección del movimiento, parecido a un lijado. Una abrasión suave con partículas finas puede causar un pulido, con apariencia de abrillantamiento. Esto se puede evitar con una mejora en filtración, lavado y sello para evitar el ingreso de partículas pequeñas. (Handbook Friction, Lubrication and, War Technology: 1992:30).

**Mecanismo de desgaste Abrasión de Dos Cuerpos:** Se ocasiona cuando las asperezas del metal de una superficie penetra directamente sobre el metal de una segunda superficie. No hay presencia directa de una partícula contaminante. “El contacto ocurre en un régimen de lubricación límite debido a una inadecuada lubricación o una excesiva rugosidad de la superficie la cual pudo haber sido causada por alguna otra forma de desgaste.”. (Handbook Friction, Lubrication and, War Technology: 1992:32).

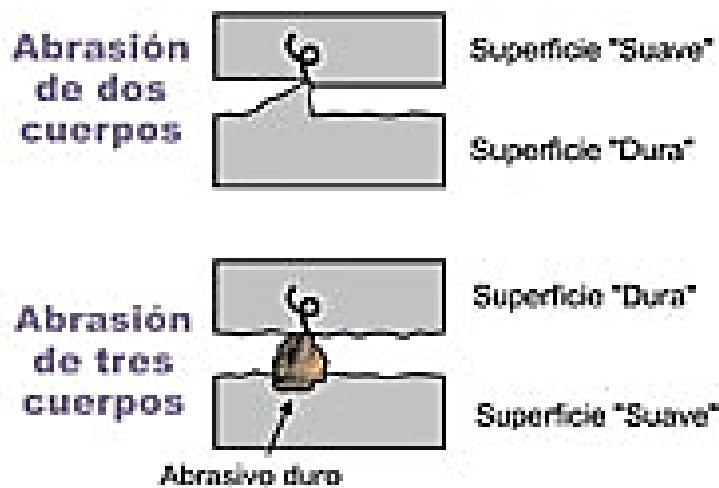


Figura 2-15 Mecanismos de desgaste.

Fuente: Machinery lubrication, 2008.

Dependiendo del grado del daño de la superficie, para algunos autores se realiza la siguiente clasificación de mecanismo de desgaste abrasivo que es:

**Mecanismos de desgaste Abrasión por raspado:** Regularmente se conoce como un desgaste por deslizamiento libre y es la manera menos severa de abrasión, ya que las partículas abrasivas no se fragmentan ni se comprimen. El raspado es ocasionado por la acción repetida de raspado o decapado de partículas duras, afiladas y pequeñas que se mueven sobre la superficie sólida a distintas velocidades.

**Mecanismo de desgaste Abrasión por triturado:** Es una de las maneras más severas de abrasión, que es ocasionada cuando se presionan pequeñas partículas abrasivas frente a una superficie metálica con la suficiente fuerza para fragmentarse y ser aplastadas. Como resultado de ello, se están produciendo repetitivamente bordes de corte afilados y frescos. Esto lleva a elevar las tasas de desgaste en comparación con abrasivos redondeados.

**Mecanismo de desgaste Abrasión por ranurado:** De las tres formas, este mecanismo de desgaste ocasiona el daño más severo. Se produce cuando la abrasión se combina con fuertes impactos inducidos por materiales grandes y pesados, que se presionan contra una superficie sólida dejando ranuras y surcos prominentes.

Se debe tomar en cuenta que las propiedades de los materiales se encuentran en dependencia con la resistencia al desgaste abrasivo las cuales enumeramos a continuación:

En el caso de metales puros, en estado de templado, hay una propiedad directa entre la resistencia a la abrasión y la dureza.

La resistencia relativa al desgaste en materiales metálicos, no depende del endurecimiento por trabajo en frío, que adquieren de la deformación plástica,

- Los aceros que fueron sometidos a tratamiento térmico mejoran su resistencia a la abrasión.

- Existe una relación lineal entre la resistencia a la abrasión y los metales no metálicos de alta dureza. (Waterhouse: 1992:242).

#### **2.4.7 Velocidad desgaste del material.**

Para el estudio de la velocidad de desgaste se efectuaron pruebas para la adquisición de datos experimentales que ayuden a establecer de mejor manera los pares tribológicos o también permitiendo conocer la vida útil de un acoplamiento, de esta manera admitiendo evaluar los costos de mantenimiento y obtener un funcionamiento más seguro de los sistemas. De esta manera asociando al desgaste con ecuaciones semiempíricas asociadas para la velocidad del desgaste del material. En consecuencia se puede determinar y caracterizar el comportamiento del desgaste. Una forma de corroborar es realizar un análisis comparativo entre piezas desgastadas y las probetas que son sometidas a un proceso de desgaste determinado los cuales estarán dirigidas por normativa de tribómetros donde se encuentran establecidos parámetros para diferentes tipos de pruebas esto con fin de estandarizar y poder cotejar con los datos obtenidos. (Fouvry, Kapsa y Wear: 1996:182).

##### **2.4.7.1 Medición del desgaste.**

La medición del desgaste es en unidades de volumen perdido ( $\text{mm}^3$ ) en función de cualquier parámetro, lo que permitirá comparar materiales con diferentes densidades. Generalmente el desgaste se mide en forma indirecta, “por medio de pérdida de masa, medición lineal o de área del desgaste. Solo en algunos casos es necesario el cálculo en forma directa, esto cuando la región desgastada es demasiado irregular y asimetría, o bien, cuando se requiere de un resultado con alto grado de exactitud.” (Fouvry, Kapsa y Wear: 1996:186). Es una de las maneras más confiables para medir el desgaste, debido a que se establece su valor en forma cuantitativa y que la mayor parte de los laboratorios tiene acceso a los equipo para establecer el cambio de peso en gramos (gr) de los cuerpos, es necesario que las probetas se pesen antes y después de las pruebas de desgaste, con la diferencia de estos estableceremos el cambio de masa. Por lo que es



fundamental que la balanza o báscula deba tener la sensibilidad adecuada para lograr determinar esta diferencia.

Un problema en este tipo de medición es que se necesita tener demasiado cuidado en la en la limpieza que de las probetas, lo que puede contribuir a una a un buen pesado. Así mismo se tiene que contemplar que el uso de sustancias para la limpieza que puedan ser absorbidas por la probeta. Una consideración de importancia es cuando en el proceso de desgaste, desplaza plásticamente el material y no es removido, lo que no genero una diferencia de masas. (Fouvry, Kapsa y Wear: 1996:190).

#### **2.4.7.2 Medición lineal del desgaste.**

Una alternativa para la medición del desgaste, es mediante la medición de las transformaciones dimensionales. Aunque no es complicada la medición por medio de este método, al igual que la medición por medio de pérdida de masa, para pequeñas cantidades de desgaste es complicado su cálculo.

#### **2.4.7.3 Medición del volumen del desgaste.**

La medición de pérdida de volumen es uno de los procedimientos más costosos y se necesita de equipos costosos pero para este ensayo se utilizará la siguiente ecuación de donde partiremos con la medición del peso inicial de la probeta y posteriormente el peso final cuando ya la probeta ha sido puesta en contacto con el medio abrasivo. (Fouvry, Kapsa y Wear: 1996:195).

$$V = \frac{P_i - P_f}{\delta} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

**Fuente:** Fouvry. S, Kapsa. P y Wear. V. (1996). Medición del volumen del desgaste

## **2.5 HIPÓTESIS.**

La ejecución de los tratamientos térmicos en el acero AISI 1045 evaluados en un sistema acuoso con la norma ASTM G105-89 permitirá disminuir la velocidad de desgaste del material.

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.**

### **2.6.1 Variable Independiente.**

Variación de los tratamientos térmicos en el acero AISI 1045 en un sistema acuoso con la norma ASTM G105-89.

### **2.6.2 Variable dependiente.**

Velocidad de desgaste del material.

### **2.6.3 Término de relación.**

Permitirá evaluar.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE**

La presente investigación se enfocará en el análisis Cualitativo-Cuantitativo, este método de ensayo consiste en una prueba de laboratorio para determinar el desgaste abrasivo en un acero AISI 1045. Durante la prueba, se debe considerar los procedimientos normalizados, donde se indica la preparación de las probetas, procedimiento de toma de lecturas, así como el análisis de datos y resultados.

La toma de datos durante el desarrollo de los ensayos ayudará a registrar las diferentes pérdidas de pesos para cada una de las probetas, al variar los desplazamientos lineales, los discos de neopreno (shore A50, A60 y A70) y el estado de acero AISI 1045 (comercial, temple a 840°C y normalizado a 900°C), los mismos que serán comparados, tabulados y analizados para determinar la velocidad de desgaste del material, estos datos se obtendrán por medio de la máquina de ensayos de desgaste abrasivo para un medio acuoso, una balanza analítica.

#### **3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1 Investigación de Campo**

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizará la investigación de campo para la obtención de datos del ensayo de desgaste abrasivo bajo Norma ASTM G105-89, realizado en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica identificando los factores del desgaste abrasivo en un sistema acuoso.

##### **3.2.2 Investigación Bibliográfica**

Se la realizará en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, con el fin de profundizar conceptos, teorías, basándose en diversos documentos técnicos (fuentes primarias), o en libros, publicaciones en internet (Normas

ASTM G105-89) que estén íntimamente ligadas con el estudio del desgaste de materiales (fuentes secundarias).

### **3.2.3 Investigación Experimental**

En este tipo de investigación se realizará diferentes ensayos para la comprobación o verificación de la velocidad del desgaste del material, logrando obtener una lista de datos y poder plantear posibles soluciones al problema planteado. En esta investigación se estudiará las relaciones de causalidad utilizando la metodología experimental con la finalidad de controlar las variables que están presentes en el fenómeno de desgaste abrasivo. Se fundamentará en el manejo activo y el control sistemático de las variables.

## **3.3 NIVELES DE INVESTIGACIÓN**

Para la realización del presente proyecto, nos referiremos a los siguientes tipos de investigación:

### **3.3.1 Investigación Exploratoria**

Se investigará todos y cada uno de los detalles del proyecto, tanto en su diseño como su funcionamiento. Para esto se indagará cada una de las variables del análisis, generando hipótesis y reconociendo las variables de interés investigativo.

### **3.3.2 Investigación Descriptiva**

Describe los pasos realizados en el diseño para tener así un respaldo documentado de los resultados obtenidos, además se comparará entre diferentes variables, situaciones y tratamientos. Se debe clasificar los modelos de comportamiento en base a ciertos criterios en función de los datos recopilados de los ensayos.

### **3.3.3 Investigación Correlacional**

Este tipo de investigación tiene como finalidad determinar el grado de relación o asociación no causal existente entre dos o más variables.

### **3.3.4 Investigación Explicativa**

Se encarga de buscar o dar respuesta de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto entre las variables sometidas a estudio.

### **3.3.5 Estudio de Casos para ensayos**

La combinación de los casos para el análisis del presente estudio se realizará de la siguiente forma:

#### **3.3.5.1 Condiciones del material (A)**

Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 normalizado, Acero AISI 1045 con temple.

#### **3.3.5.2 Velocidad de giro (B)**

De acuerdo a la norma la velocidad de giro debe permanecer  $250 \pm 5$  RPM.

#### **3.3.5.3 Fuerza aplicada(C)**

La carga aplicada para el ensayo va a ser de:(222) N.

#### **3.3.5.4 Desplazamiento (D)**

Los desplazamientos a los que se va analizar son 1117,2234, 3351,4468, 5585

$$\# \text{ DE CASOS} = 3A \times B \times C \times 5D$$

$$\# \text{ DE CASOS} = 15 \text{casos}$$

## **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.4.1 Población o universo**

En el presente estudio definirá la población, la cual será objeto de investigación por tratarse de un análisis de desgaste de material, donde no hay estudios relacionados al mismo, se lo enfocará como una población infinita debido a los múltiples factores que se pueden variar en el presente estudio.

El objeto de estudio para el desgaste abrasivo en medio acuosos fueron

- Acero AISI 1045.
- Tratamientos Térmicos.
- Medio abrasivo acuoso evaluado con la norma ASTM G105-89.

Después de realizar las diferentes combinaciones anteriormente descritas, el número de casos para los diferentes ensayos serán de quince, tomando en cuenta aplicar las diferentes configuraciones para la evaluación de la variable dependiente.

### 3.4.2 Muestra

Para investigar a poblaciones muy grandes utilizamos la fórmula para obtener el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{Z^2 Pq}{e^2} \qquad \text{Ecuacion 3.1}$$

Explicamos los símbolos de la fórmula, que corresponden a las variables indicadas.

- $z$  = Valor de  $z$  correspondiente al nivel de confianza.
- $pq$  = Varianza de la población.

Como la varianza de la población la desconocemos, ponemos la varianza mayor posible porque a mayor varianza hará falta una muestra mayor.

Recordamos el significado de los símbolos:

- $p$  = proporción de respuestas en una categoría (síes, respuestas correctas, unos en la codificación usual).

- $q$  = proporción de repuestas en la otra categoría (ceros en la codificación usual).
- $e$  = Error muestral.

La varianza en los ítems dicotómicos (dos respuestas que se excluyen mutuamente) es igual a  $pq$  y la varianza mayor (la mayor diversidad de respuestas) se da cuando  $p = q = .50$  (la mitad de los sujetos responde sí y la otra mitad responde no) por lo que en esta Ecuación 3.1  $pq$  es siempre igual a  $(.50)*(.50) = .25$  (es una constante).

$$n = \frac{Z^2 Pq}{e^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2} = 96.040$$

$$Muestra = \frac{96.040}{15} = 6.403 \cong 6.403$$

Para esta investigación, la muestra para cada uno de los casos es de 6 probetas pero para mayor precisión de los datos se realizarán 8 probetas para cada uno de los casos de estudio:

Cada uno de los discos se desgastará:

#### **Disco con dureza Shore A50**

- Desgastará 8 probetas de acero AISI 1045 comercial.
- Desgastará 8 probetas de acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840 °C.
- Desgastará 8 probetas de acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900 °C.

### **Disco con dureza Shore A60**

- Desgastará 8 probetas de acero AISI 1045 comercial.
- Desgastará 8 probetas de acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840 °C.
- Desgastará 8 probetas de acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900 °C.

### **Disco con dureza Shore A70**

- Desgastará 8 probetas de acero AISI 1045 comercial.
- Desgastará 8 probetas de acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840 °C.
- Desgastará 8 probetas de acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900 °C.



### 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.5.1 Variable independiente:

Variación de los tratamientos térmicos en el Acero AISI 1045 en un Sistema acuoso con la Norma ASTM G105-89.

**Tabla 3-1** Muestra la Operacionalización de la Variable Independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Las variables que determinarán el ensayo de abrasión son diversas, el control de algunas de ellas dependerá de los instrumentos con los que se disponga para la realización del ensayo.	Variación de los tratamientos térmicos en el acero AISI 1045 en un sistema acuoso con la norma ASTM G105-89.	Condiciones del material	Acero AISI 1045 comercial	Observación directa.
			Acero AISI 1045 con normalizado	
Algunas de estas variables pueden ser fijadas a fin de simplificar el ensayo, habiendo comprobado que no se observan repercusiones importantes en el comportamiento del estudio.		Carga aplicada	Acero AISI 1045 con temple	Ficha de observación.
			222N	Observación directa.
			1117m	Observación directa.
			3351m	Ficha de observación.
		Desplazamiento	4468m	
			5585m	

Fuente: Autor

### 3.5.2 Variable Dependiente:

Velocidad de desgaste del material

**Tabla 3-2** Operacionalización de la Variable Dependiente.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
La velocidad de un material está en función de su masa; es decir, pérdida de material en la superficie, debido a estar expuesta a un medio abrasivo acuoso.	Velocidad de desgaste del material	<p>Volumen del material perdido</p> $V = \frac{P_i - P_f}{\rho}$ <p>Coeficiente de desgaste</p> $k = \frac{\Delta P * 1000}{D * C}$ <p>Densidad</p> $\rho(\text{material})$ <p>Desplazamiento</p> $s = 2 * \pi * R * n$	<p>Velocidad de desgaste</p> $V_d = \frac{\text{volum perdido}}{\text{tiempo}}$	<p>Observación directa.</p> <p>Ficha de observación.</p>

**Fuente:** Autor

### 3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Las técnicas utilizadas para la recolección de la información son:

- La observación directa, puesto que se estuvo en contacto con el objeto de estudio en escenarios y ambientes debidamente preparados y equipados para realizar la investigación, también se utilizó bibliografías mediante las

cuales esta investigación fueron documentadas las variables que se estaba investigando.

### **3.7 PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN**

#### **3.7.1 Plan que se empleara para procesar la información recogida**

Para investigar las principales variables de los tratamientos térmicos, se basó en la Norma ASTM G105 -89 la cual define, que el estudio se realice en una máquina tribológica de desgaste abrasión en un medio acuoso, para obtener resultados experimentales.

Mediante la utilización de la máquina tribológica, se podrá modificar los diferentes factores de abrasión para obtener valores que permitan posteriormente calcular la velocidad de desgaste del material.

#### **3.7.2 Plan de análisis e interpretación de resultados**

Para el análisis de los resultados se recolecto los datos de los diferentes ensayos, los mismos que serán fueron analizados mediante el diseño completo con las mejores alternativas para obtener la velocidad de desgaste del material.

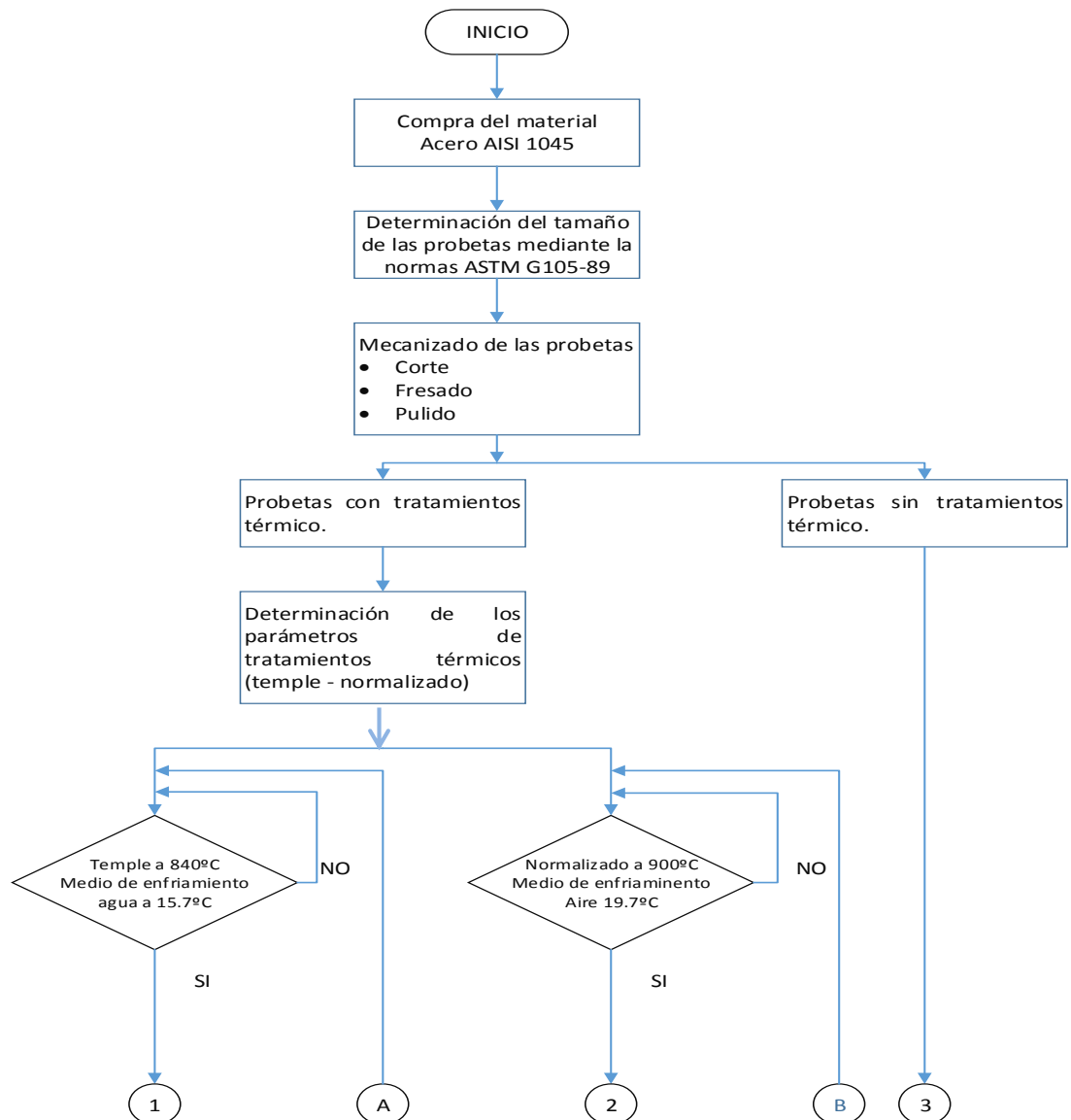
Con la información recolectada se procedió a elaborar tablas para una mejor interpretación de los resultados que fueron obtenidos. Además se elaboró graficas de dispersión de la velocidad de desgaste del material en función de las diferentes variables de los factores de abrasión. Con las pruebas realizadas se procedió a verificar las variables más influyentes en la velocidad del desgaste del material, con el fin de comparar las distintas resistencias para cada caso y así poder establecer las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

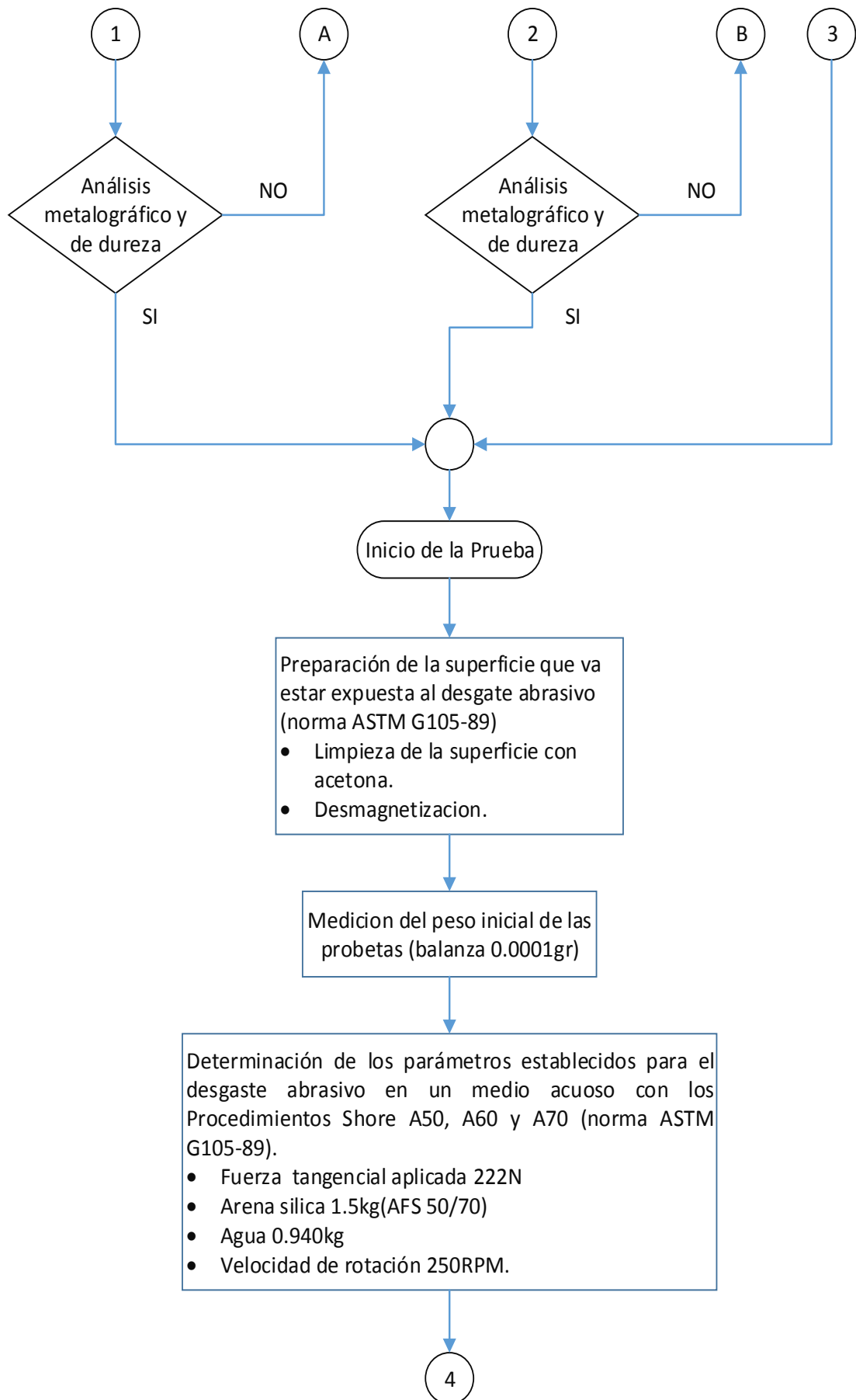
# CAPÍTULO IV

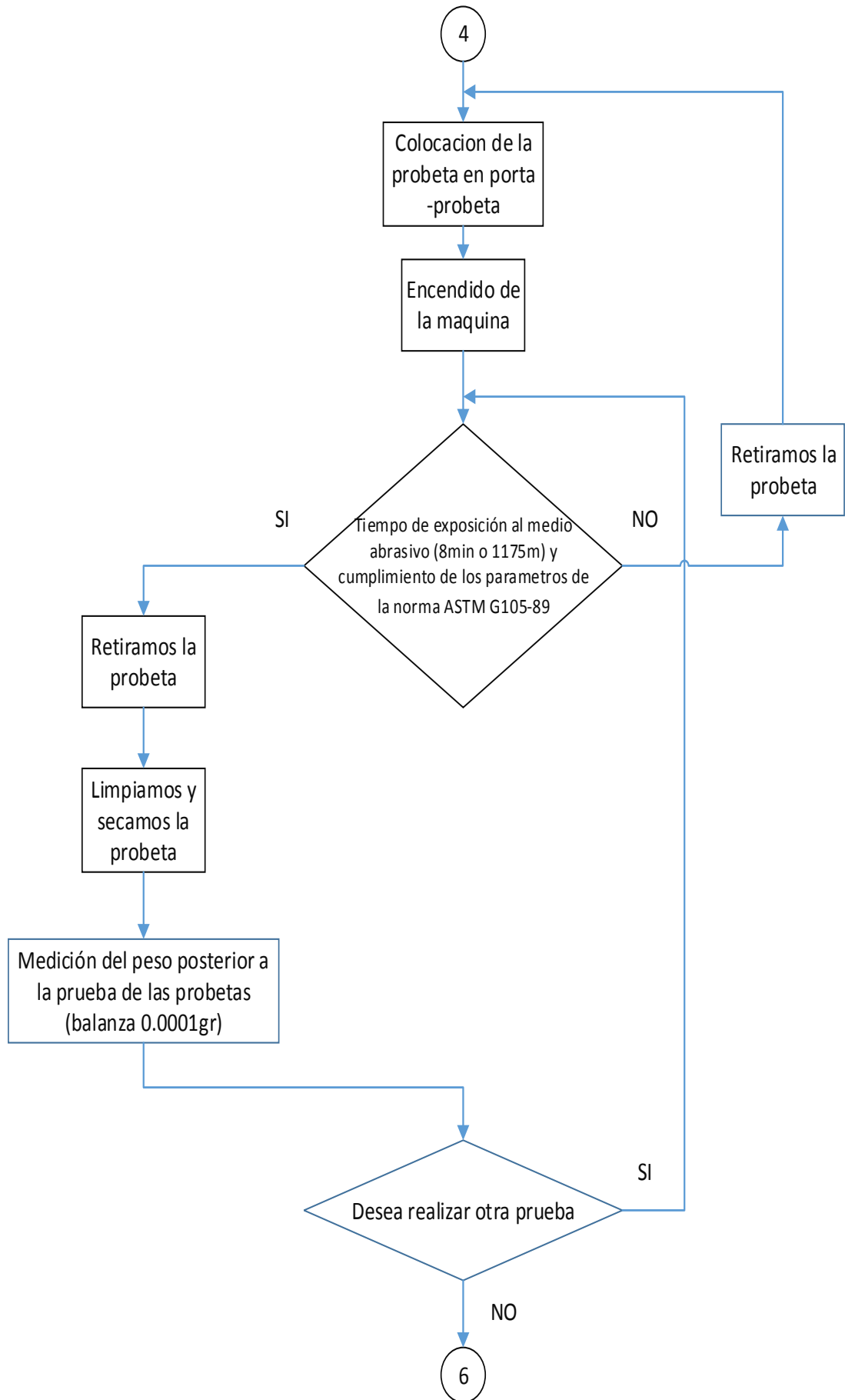
## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

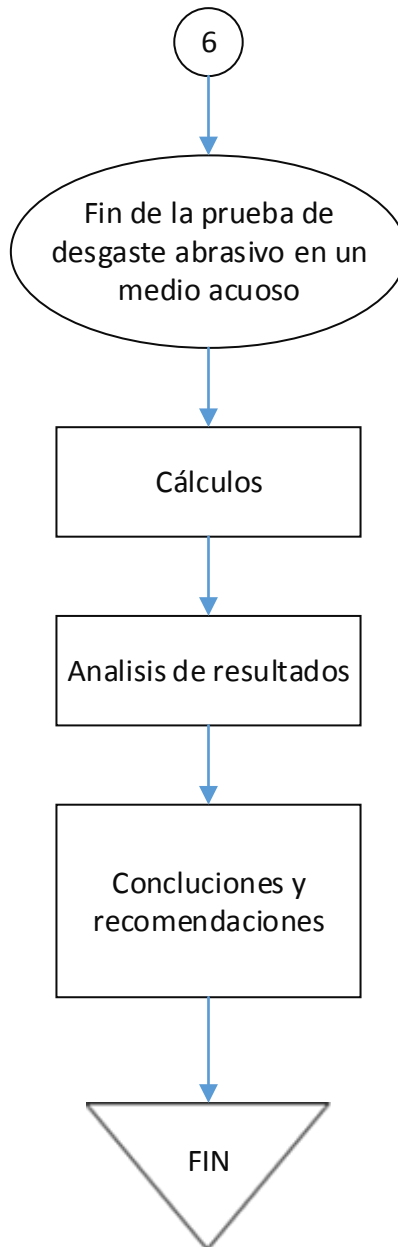
### 4.1 PROCESO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el presente estudio se consideró el siguiente diagrama de flujo para la toma de datos y obtención de los resultados, el que ayuda para estudio de los tratamientos térmicos en el acero AISI 1045 en un sistema acuoso evaluados con la norma ASTM G105-89 que permitieron determinar la velocidad de desgaste del material.









## 4.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para el desarrollo de esta investigación se presenta a continuación tablas de donde se distribuyen las probetas, con la finalidad de obtener un correcto manejo de los datos y resultados que corresponden al estudio de los tratamientos térmicos en el acero AISI 1045 en un sistema acuoso evaluados con la norma ASTM G105-89 que permitirá determinar la velocidad de desgaste del material se ha establecido un formato que ayudará para la toma de datos y resultados.

**Tabla 4-1** Ensayo de desgaste abrasivo en un medio acuoso con disco de dureza shore A50±20.

Acero	Probetas
Acero AISI 1045 comercial	1,1-1,2-1,3-1,4-1,5-1,6-1,7-1,8
Acero AISI 1045 con tratamiento térmico Temple a 840 °C	2,1-2,2-2,3-2,4-2,5-2,6-2,7-2,8
Acero AISI 1045 con tratamiento térmico Normalizado a 900°C	3,1-3,2-3,3-3,4-3,5-3,6-3,7-3,8

Fuente: Autor

**Tabla 4-2** Ensayo de desgaste abrasivo en un medio acuoso con disco de dureza shore A60±20.

Acero	Probetas
Acero AISI 1045 comercial	1,1-1,2-1,3-1,4-1,5-1,6-1,7-1,8
Acero AISI 1045 con tratamiento térmico Temple a 840 °C	2,1-2,2-2,3-2,4-2,5-2,6-2,7-2,8
Acero AISI 1045 con tratamiento térmico Normalizado a 900°C	3,1-3,2-3,3-3,4-3,5-3,6-3,7-3,8

Fuente: Autor



**Tabla 4-3** Ensayo de desgaste abrasivo en un medio acuoso con disco de dureza shore A70±20.

<b>Acero</b>	<b>Probetas</b>
Acero AISI 1045 comercial	1,1-1,2-1,3-1,4-1,5-1,6-1,7-1,8
Acero AISI 1045 con tratamiento térmico Temple a 840 °C	2,1-2,2-2,3-2,4-2,5-2,6-2,7-2,8
Acero AISI 1045 con tratamiento térmico Normalizado a 900°C	3,1-3,2-3,3-3,4-3,5-3,6-3,7-3,8




Fuente: Autor

**Tabla 4-4** Resumen del número de probetas para la investigación.



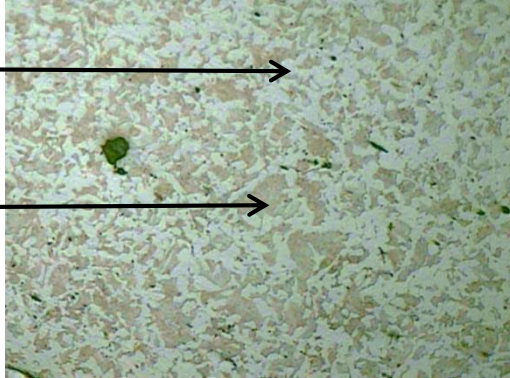
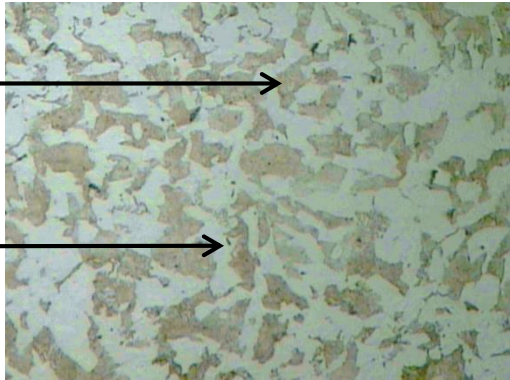
<b>RESUMEN DEL NÚMERO DE PROBETAS</b>			
<b>Material</b>	<b>Dureza Shore</b>	<b>Probetas</b>	<b>N°-</b>
<b>Acero AISI 1045 comercial</b>	A50	1,1-1,2-1,3-1,4-1,5-1,6-1,7-1,8	8
	A60	2,1-2,2-2,3-2,4-2,5-2,6-2,7-2,8	8
	A70	3,1-3,2-3,3-3,4-3,5-3,6-3,7-3,8	8
<b>Acero AISI 1045 con tratamiento térmico Temple a 840 °C</b>	A50	1,1-1,2-1,3-1,4-1,5-1,6-1,7-1,8	8
	A60	2,1-2,2-2,3-2,4-2,5-2,6-2,7-2,8	8
	A70	3,1-3,2-3,3-3,4-3,5-3,6-3,7-3,8	8
<b>Acero AISI 1045 con tratamiento térmico Normalizado a 900°C</b>	A50	1,1-1,2-1,3-1,4-1,5-1,6-1,7-1,8	8
	A60	2,1-2,2-2,3-2,4-2,5-2,6-2,7-2,8	8
	A70	3,1-3,2-3,3-3,4-3,5-3,6-3,7-3,8	8
<b>Total de probetas</b>			<b>72</b>

Fuente: Autor



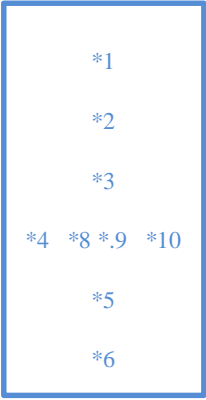
#### 4.2.1 Análisis del Acero AISI 1045, Comercial.

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 														
DATOS INFORMATIVOS:														
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.									
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014									
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.										
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89													
ESPECIFICACIONES DEL ACERO AISI 1045														
<b>Especificación del material</b>	Acero	<b>Tipo o grado</b>	1045	<b>Densidad</b>	7.87 gr/ cm <sup>3</sup>									
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Resistencia a la tracción</b>	650 MPa	<b>Elongación</b>	16 % en 50mm									
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Dureza</b>	193 HB mx	<b>Reducción de área</b>	40 %									
<b>Características</b>	Rectángulo	<b>Modulo de elasticidad</b>	200GPa	<b>Máquinabilidad</b>	57 %									
<b>Tratamiento térmico</b>	Comercial	<b>Temp ambiente</b>	19.7 °C	<b>Medio de enfriamiento</b>	-----									
														
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACERO AISI 1045														
<table border="1" style="width: 100%; background-color: #333; color: white;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Tipo de aleación (valores promedio en %)</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>Si</th> <th>Mn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">0.45</td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">0.70</td> </tr> </tbody> </table>						Tipo de aleación (valores promedio en %)			C	Si	Mn	0.45	0.30	0.70
Tipo de aleación (valores promedio en %)														
C	Si	Mn												
0.45	0.30	0.70												
<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago		<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.										
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.		<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.										
<p><b>Observaciones :</b> Las propiedades son obtenidas de la tabla de aceros <b>BOHLER</b> (ANEXO A2 Datos Técnicos del Acero AISI 1045) debido que se compró el material de dicha empresa. Para luego ser mecanizadas de acuerdo con el tamaño y tolerancia establecida (ANEXO A1 Norma ASTM G105-89).</p>														



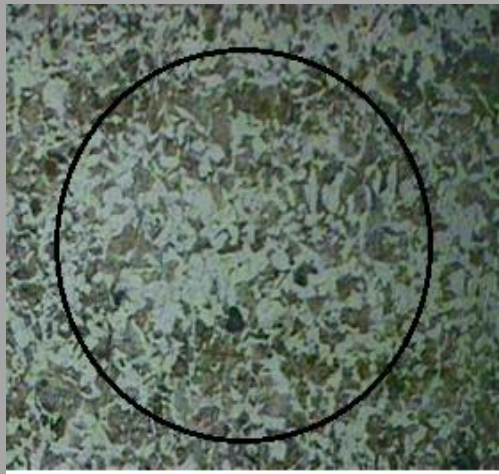
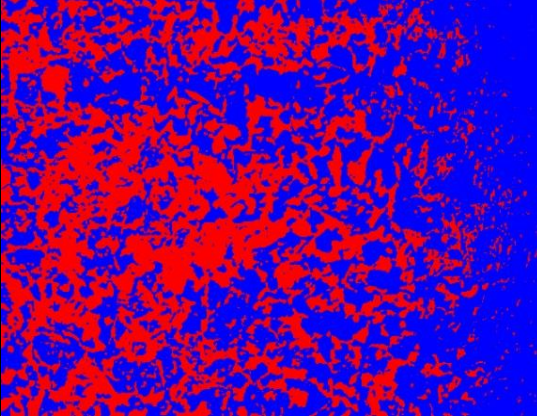
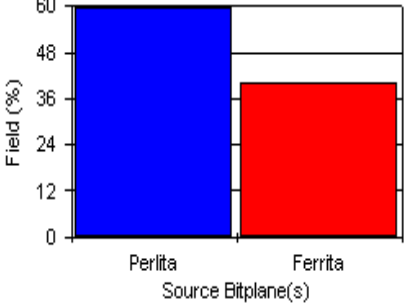
a) Ensayo metalográfico del Acero AISI 1045, Comercial.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> </div>  </div>					
DATOS INFORMATIVOS:					
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM		<b>Fecha</b>	10/11/2014	
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				
PARAMETROS PARA EL ENSAYO METALOGRAFICO DEL ACERO AISI 1045					
<b>Preparación de la superficie</b>	Pulido tipo espejo	<b>Ataque químico</b>		Nital 2%	
<b>Temperatura de pulido</b>	28 °C	<b>Tiempo de ataque químico</b>		3sg	
<b>Tiempo de Preparación</b>	25 min	<b>Lente de observación</b>		100x-200x	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="width: 30%; background-color: #00aaff; color: white; padding: 5px;"> <p>Ferrita</p> <p>Perlita</p> </div> <div style="width: 40%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 25%; background-color: #00aaff; color: white; padding: 5px; border: 1px solid black;"> <p>Acero AISI 1045 comercial ataque químico con Nital 2% tiempo 3 sg a 100x</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="width: 30%; background-color: #00aaff; color: white; padding: 5px;"> <p>Perlita</p> <p>Ferrita</p> </div> <div style="width: 40%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 25%; background-color: #00aaff; color: white; padding: 5px; border: 1px solid black;"> <p>Acero AISI 1045 comercial ataque químico con Nital 2% tiempo 3 sg a 200x</p> </div> </div>					
<p><b>Observaciones :</b> Los porcentajes que se obtuvieron de ferrita fue del 40.1% y de perlita fue del 59.8% en el acero AISI 1045 comercial.</p>					

b) Ensayo de dureza del Acero AISI 1045, comercial.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>					
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				
<b>PARAMETROS PARA EL ENSAYO DE DUREZA DEL ACERO AISI 1045</b>					
<b>Método utilizado</b>	Brinell	<b>Norma aplicada</b>		ASTM E 10:01	
<b>Carga aplicada</b>	1839 Kgf	<b>Tiempo de ensayo</b>		15 min	
<b>Tipo de indentador</b>	Indentidar de 2.5 mm				
<b>RESULTADO</b>					
<b>N°-</b>	<b>Dureza HB</b>				
1	179				
2	179.5				
3	179				
4	182				
5	182.5				
6	183				
7	182				
8	181				
9	179.5				
10	179				
<b>Promedio</b>	180.65				
					
<b>INTERPRETACION DE RESULTADOS</b>					
La dureza promedio de 180.65 HB que se obtuvo es la indicada de acuerdo con el <b>Catálogo de Aceros Bohler</b> (ANEXO A2 Datos Técnicos del Acero AISI 1045).					
<b>Observaciones :</b>					

c) Evaluación micro estructural del Acero AISI 1045, Comercial.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 											
DATOS INFORMATIVOS:											
Probetas	1 de 24	Autorizado por	Ing. H. Vaca. Mg.	Realizado por	Egdo. Guerrero S.						
Lugar de estudio y análisis	Laboratorio de Materiales – FICM			Fecha	10/11/2014						
Tipo de estudio	De laboratorio	Aprobado por			Ing. H. Vaca. Mg.						
Normas aplicadas	G105-89										
Evaluación micro estructural del Acero AISI 1045, comercial.											
<b>Tamaño de grano Metodo ASTM E112</b> <b>Planimetría</b>											
$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) \left( 111 + \frac{51}{2} \right) = f = f * 136.5$ $f = 2por\ jeffries(100X)$ $NA = 2 * 136.5 = 273$ $G = 3.321918 * long(NA) - 2.954$ $G = 3.321918 * long(273) - 2.954$ <b>Tamaño de grano = 5.139</b>											
<b>Componentes del Acero AISI 1045= Ferrita + Perlita</b>			<b>Porcentajes</b>								
			 <table border="1"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>59,9 (59,8)</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>40,2 (40,1)</td> </tr> </tbody> </table>			S. Bitplane(s)	Field (%)	Perlita	59,9 (59,8)	Ferrita	40,2 (40,1)
S. Bitplane(s)	Field (%)										
Perlita	59,9 (59,8)										
Ferrita	40,2 (40,1)										





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

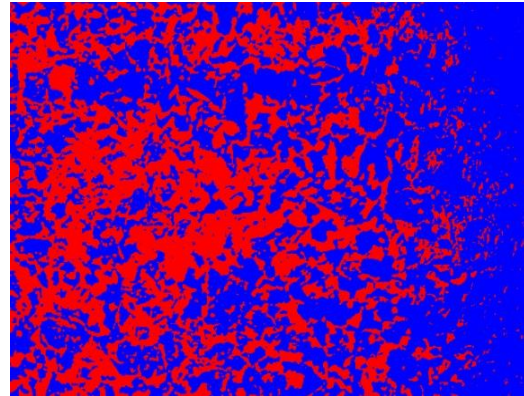
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**Calculo de la resistencia a la Tracción aproximada (R.T.A.)**

$$R.T.A = \frac{28 * \%Ferrita + 84 * \%Perlita}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28 * \%40.2 + 84 * \%59.9}{100}$$

$$R.T.A = 61.572 \frac{kgf}{mm^2} \quad o \quad \left( \frac{604.02N}{mm^2} \right)$$



SIDNEY, Avner, (1978). Introducción a la Metalurgia Física. McGraw-Ingramex S.A. México, México D.F. Pág. 189

**Calculo del porcentaje de carbono**




$$\%C = \frac{\%Perlita}{130}$$

$$\%C = \frac{\%59.9}{130} = 0.46$$



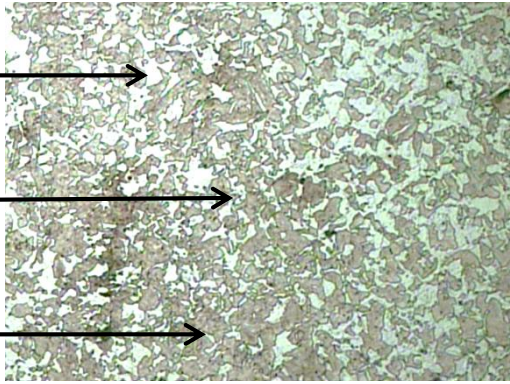
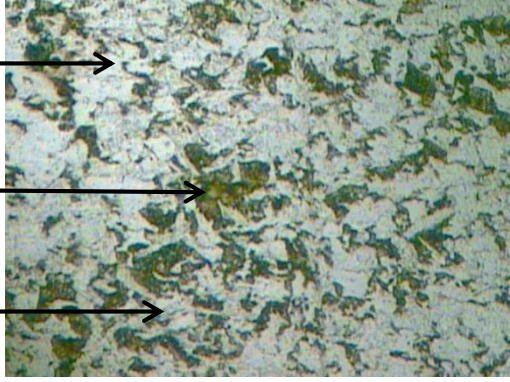
CALLISTER, William D. (2007). Materials Science and Engineering. (Seven Edition). John Wiley & Sons, Inc. United States of America. Pág. 294

**Observaciones :** Al analizar microestructura de acero AISI 1045 comercial con la ayuda de un software, se determinó que está constituida por 40.2 % Perlita y un 59.9 % Ferrita, su tamaño de grano es de 5.1 que fue determinado por la Norma ASTM E112 Estos porcentajes permiten determinar la resistencia a la Tracción Teórica la cual se calcula mediante la ecuación antes expuesta dando un valor de  $261.572 \frac{kgf}{mm^2}$  o  $60402 \frac{N}{mm^2}$  y por último se determina el porcentaje de Carbono el mismo que es 0.46%C

#### 4.2.2 Análisis del Acero AISI 1045, con tratamiento térmico (temple a 840°C)



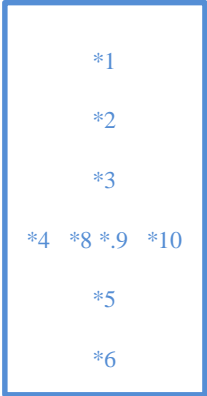
 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 														
DATOS INFORMATIVOS:														
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.									
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014									
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.										
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89													
ESPECIFICACIONES DEL ACERO AISI 1045														
<b>Especificación del material</b>	Acero	<b>Tipo o grado</b>	1045	<b>Densidad</b>	7.87 gr/ cm <sup>3</sup>									
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Resistencia a la tracción</b>	650 MPa	<b>Elongación</b>	16 % en 50mm									
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Dureza</b>	193 HB mx	<b>Reducción de área</b>	40 %									
<b>Características</b>	Rectángulo	<b>Modulo de elasticidad</b>	200GPa	<b>Máquinabilidad</b>	57 %									
<b>Tratamiento térmico</b>	Temple a 840 °C	<b>Temp ambiente</b>	19.7 °C	<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua a 15.4°C									
														
COMPOSICION QUIMICA DEL ACERO AISI 1045														
<table border="1" style="width: 100%; background-color: #333; color: white;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Tipo de aleación (valores promedio en %)</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>Si</th> <th>Mn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">0.45</td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">0.70</td> </tr> </tbody> </table>						Tipo de aleación (valores promedio en %)			C	Si	Mn	0.45	0.30	0.70
Tipo de aleación (valores promedio en %)														
C	Si	Mn												
0.45	0.30	0.70												
<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.											
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.											
<b>Observaciones :</b> Las propiedades son obtenidas de la tabla de aceros <b>BOHLER</b> (ANEXO A2 Datos Técnicos del acero AISI 1045). Para luego ser mecanizadas de acuerdo con el tamaño y tolerancia establecida (ANEXO A1 Norma ASTM G105-89). La temperatura para el temple fue tomada ASTM Metals Handbook Vol, 4 pg 291, Table 1 Typical hardnesses of various carbón and alloy steels after tempering (ANEXO A3 Temperatura de temple y normalizado).														

a) Ensayo metalográfico del Acero AISI 1045, con tratamiento térmico (temple a 840°C).



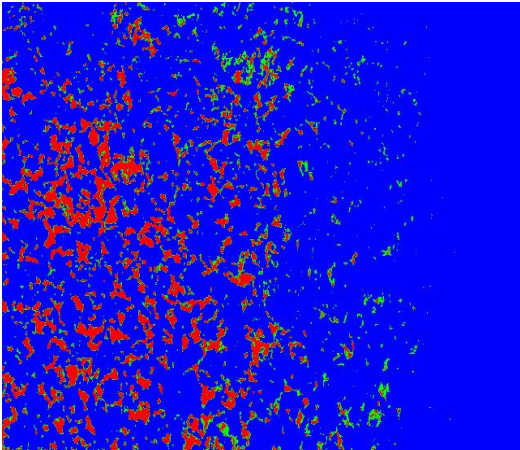
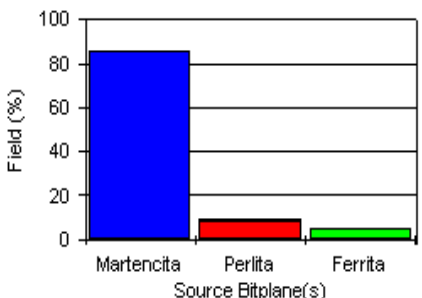
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>					
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				
<b>PARAMETROS PARA EL ENSAYO METALOGRAFICO DEL ACERO AISI 1045</b>					
<b>Preparación de la superficie</b>	Pulido tipo espejo		<b>Ataque químico</b>	Nital 2%	
<b>Temperatura de pulido</b>	28 °C		<b>Tiempo de ataque químico</b>	6sg	
<b>Tiempo de Preparación</b>	25 min		<b>Lente de observación</b>	100x-200x	
Perlita  Ferrita  Martensita					Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C, ataque químico con Nital 2% tiempo 6 sg a 100x
Martensita  Perlita  Ferrita					Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C, ataque químico con Nital 2% tiempo 6 sg a 200x
<p><b>Observaciones :</b> Los porcentajes que se obtuvieron de martensita fue de 85.9%, ferrita fue del 5.4% y de perlita fue del 9% en el acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C.</p>					





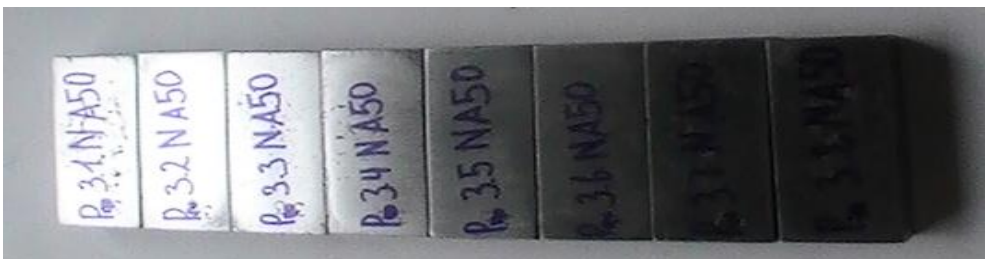
b) Ensayo de dureza del Acero AISI 1045, con tratamiento térmico (temple a 840°C).

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 					
DATOS INFORMATIVOS:					
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				
PARAMETROS PARA EL ENSAYO DE DUREZA DEL ACERO AISI 1045					
<b>Método utilizado</b>	HCR	<b>Norma aplicada</b>		ASTM E 10:01	
<b>Carga aplicada</b>	1471 N	<b>Tiempo de ensayo</b>		15 min	
<b>Tipo de indentador</b>	Cono de diamante				
RESULTADO					
N°-	Dureza HRC				
1	52.5				
2	53				
3	53				
4	54.5				
5	55				
6	54				
7	54.5				
8	54				
9	55.5				
10	55				
<b>Promedio</b>	54.1				
INTERPRETACION DE RESULTADOS					
<p>La dureza alcanzada que es de 54.1 HRC es aceptable pues está dentro del rango que es de hasta 56 HRC según el <b>Catálogo de Aceros Bohler</b> una vez que se ha realizado el temple y enfriándolo en un medio CONVENCIONAL como es el AGUA (ANEXO A5 Propiedades del agua).</p>					
<b>Observaciones :</b>					



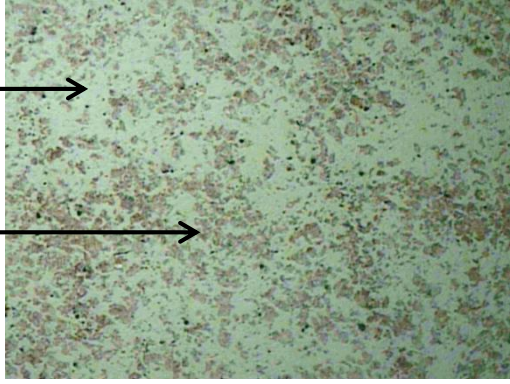
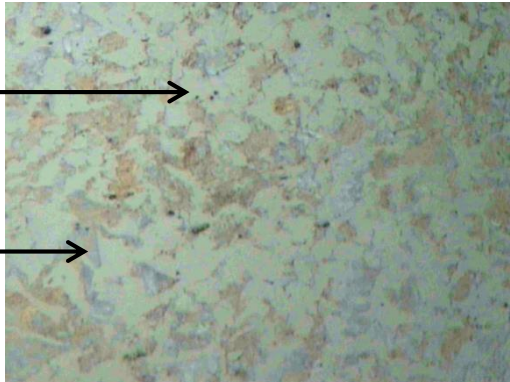
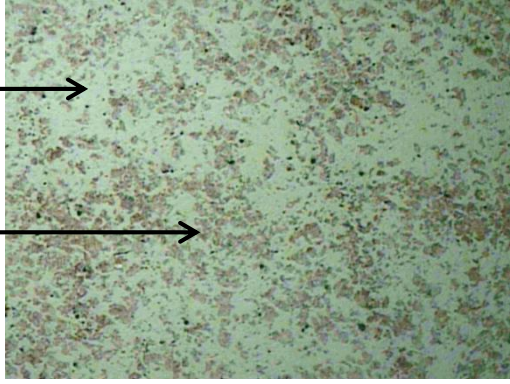
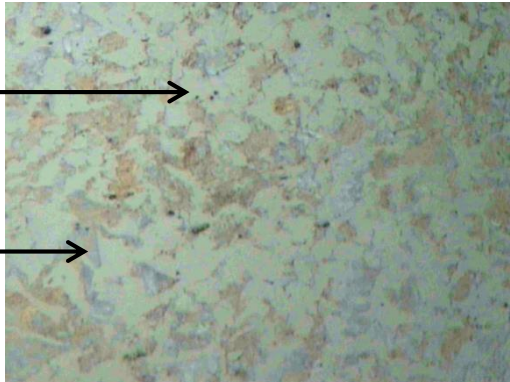
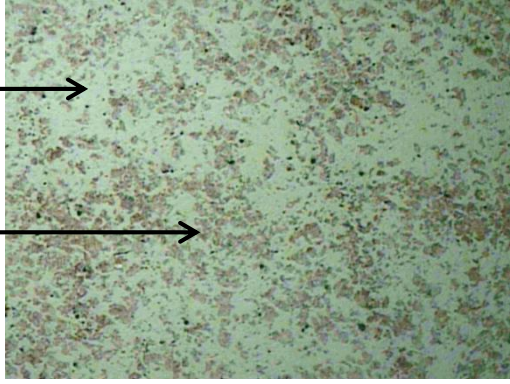
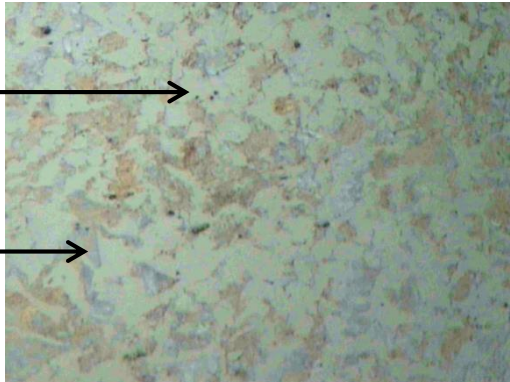
c) Evaluación micro estructural del Acero AISI 1045, comercial.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA												
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>													
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.								
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014								
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.									
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89												
<b>Evaluación micro estructural del Acero AISI 1045, comercial.</b>													
<b>Comp del Acero AISI 1045=</b> Martencita+Perlita+Ferrita			<b>Porcentajes</b>										
			 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Martencita</td> <td>85,9</td> </tr> <tr> <td>Perlita</td> <td>9,0 (8,7)</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>5,4 (5,1)</td> </tr> </tbody> </table>			S. Bitplane(s)	Field (%)	Martencita	85,9	Perlita	9,0 (8,7)	Ferrita	5,4 (5,1)
S. Bitplane(s)	Field (%)												
Martencita	85,9												
Perlita	9,0 (8,7)												
Ferrita	5,4 (5,1)												
<b>Calculo de dureza utilizando regla de fases</b>													
$HB = \frac{(HB_{Ferrita})\%Ferrita + (HB_{Perlita})\%Perlita + (HB_{Martensita})\%Martensita}{100}$ $HB = \frac{(90)\%Ferrita + (300)\%Perlita + (640)\%Martensita}{100}$ $HB = \frac{(90)\%5.4 + (300)\%9 + (640)\%85.9}{100}$ $HB = 581.62HB$ <p><math>HB = 581.62HB \cong 56.8HRC</math> interpolando (ANEXO A6 Tabla de conversiones de durezas). 20                  SIDNEY, Avner, (1978). Introducción a la Metalurgia Física. McGraw-Ingramex S.A. México, México D.F. Pág. 188-189</p>													
<p><b>Observaciones :</b> Una vez analizada microestructura del Acero AISI 1045 con Tratamiento Térmico Temple a 840°C con un enfriamiento en un medio convencional como es el AGUA a 15.4°C, sus componentes en la mayoría por Martensita en 85.9% más Ferrita en un 5.4% y Perlita en 9%. El porcentaje de Martensita obtenido es aceptable pues corresponde a una dureza alta que es de 54.1 HRC, para el ensayo.</p>													



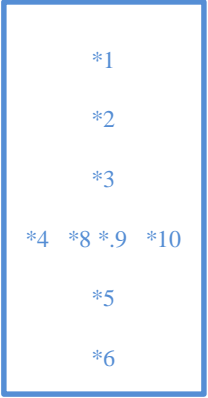
#### 4.2.3 Análisis del Acero AISI 1045, con tratamiento térmico (normalizado a 900°C)

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> </div>  </div>														
DATOS INFORMATIVOS:														
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.									
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM		<b>Fecha</b>	10/11/2014										
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.										
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89													
ESPECIFICACIONES DEL ACERO AISI 1045														
<b>Especificación del material</b>	Acero	<b>Tipo o grado</b>	1045	<b>Densidad</b>	7.87 gr/ cm <sup>3</sup>									
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Resistencia a la tracción</b>	650 MPa	<b>Elongación</b>	16 % en 50mm									
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Dureza</b>	193 HB mx	<b>Reducción de área</b>	40 %									
<b>Características</b>	Rectángulo	<b>Modulo de elasticidad</b>	200GPa	<b>Máquinabilidad</b>	57 %									
<b>Tratamiento térmico</b>	Normalizado 900 °C	<b>Temp ambiente</b>	19.7 °C	<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C									
														
COMPOSICION QUIMICA DEL ACERO AISI 1045														
<table border="1" style="width: 100%; background-color: #333; color: white;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Tipo de aleación (valores promedio en %)</th> </tr> <tr> <th style="width: 33%;">C</th> <th style="width: 33%;">Si</th> <th style="width: 33%;">Mn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">0.45</td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">0.70</td> </tr> </tbody> </table>						Tipo de aleación (valores promedio en %)			C	Si	Mn	0.45	0.30	0.70
Tipo de aleación (valores promedio en %)														
C	Si	Mn												
0.45	0.30	0.70												
<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago		<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.										
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.		<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.										
<p><b>Observaciones :</b> Las propiedades son obtenidas de la tabla de aceros <b>BOHLER</b> (ANEXO A2 Datos Técnicos del acero AISI 1045). Para luego ser mecanizadas de acuerdo con el tamaño y tolerancia establecida (ANEXO A1 Norma ASTM G105-89). La temperatura para el normalizado fue tomada ASTM Metals Handbook Vol, 4 pg 291, Table 1 Typical hardnesses of various carbón and alloy steels after tempering (ANEXO A3 Temperatura de temple y normalizado).</p>														



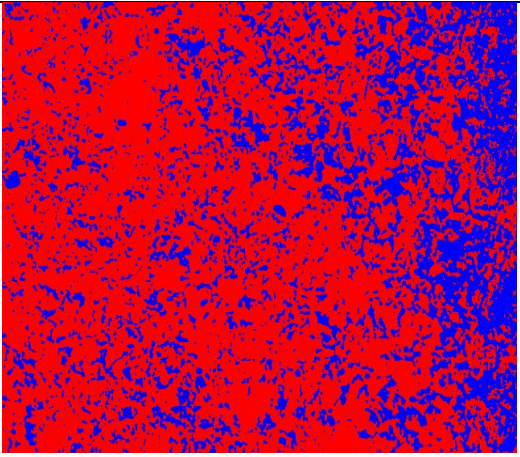
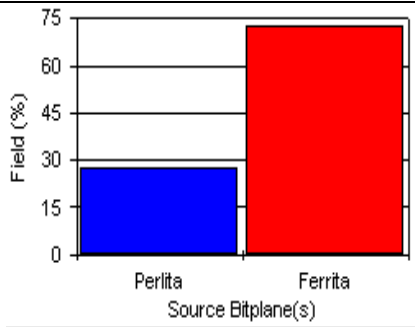
a) Ensayo metalográfico del Acero AISI 1045, con tratamiento térmico (normalizado a 900°C).

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 															
DATOS INFORMATIVOS:															
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.										
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014										
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.											
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89														
PARAMETROS PARA EL ENSAYO METALOGRAFICO DEL ACERO AISI 1045															
<b>Preparación de la superficie</b>	Pulido tipo espejo	<b>Ataque químico</b>		Nital 2											
<b>Temperatura de pulido</b>	28 °C	<b>Tiempo de ataque químico</b>		4 sg											
<b>Tiempo de Preparación</b>	25 min	<b>Lente de observación</b>		100x-200x											
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #00a0e3; color: white; text-align: center; padding: 5px;">Ferrita</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">  </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #00a0e3; color: white; text-align: center; padding: 5px;">Perlita</td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> </table> </div> <div style="width: 45%; background-color: #00a0e3; color: white; padding: 10px; border: 1px solid black;"> <p style="text-align: center;">Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C, ataque químico con Nital 2% tiempo 4 sg a 100x</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #00a0e3; color: white; text-align: center; padding: 5px;">Ferrita</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">  </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #00a0e3; color: white; text-align: center; padding: 5px;">Perlita</td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> </table> </div> <div style="width: 45%; background-color: #00a0e3; color: white; padding: 10px; border: 1px solid black;"> <p style="text-align: center;">Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C, ataque químico con Nital 2% tiempo 4 sg a 200x</p> </div> </div>						Ferrita	→		Perlita	→	Ferrita	→		Perlita	→
Ferrita	→														
Perlita	→														
Ferrita	→														
Perlita	→														
<p><b>Observaciones :</b> Los porcentajes que se obtuvieron de ferrita fue del 72.6% y de perlita fue del 27.4% en el acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.</p>															

b) Ensayo de dureza del Acero AISI 1045, con tratamiento (normalizado a 900°C)



		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>					
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				
<b>PARAMETROS PARA EL ENSAYO DE DUREZA DEL ACERO AISI 1045</b>					
<b>Método utilizado</b>	Brinell	<b>Norma aplicada</b>	ASTM E 10:01		
<b>Carga aplicada</b>	1839Kgf	<b>Tiempo de ensayo</b>	15 min		
<b>Tipo de indentador</b>	Indentador de 2.5 mm				
<b>RESULTADO</b>					
<b>N°-</b>	<b>Dureza HB</b>				
1	165				
2	168				
3	166				
4	163				
5	165				
6	168				
7	165				
8	169				
9	169				
10	168.5				
<b>Promedio</b>	149.8				
<b>INTERPRETACION DE RESULTADOS</b>					
<p>La dureza alcanzada que es de 149.8 HB <b>Catálogo de Aceros Bohler</b> una vez que se ha realizado el normalizado y enfriándolo en un medio CONVENCIONAL como es el AIRE (ANEXO A4 Propiedades del Aire).es aceptable pues está dentro del rango</p>					
<b>Observaciones :</b>					

c) Evaluación micro estructural del Acero AISI 1045, comercial.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>							
<b>Probetas</b>	1 de 24	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.		
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014		
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.		
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89						
<b>Evaluación micro estructural del Acero AISI 1045, comercial.</b>							
<b>Comp del Acero AISI 1045= Martencita+Perlita+Ferrita</b>				<b>Porcentajes</b>			
							
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td style="text-align: center;">27,4</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td style="text-align: center;">72,6</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)
S. Bitplane(s)	Field (%)						
Perlita	27,4						
Ferrita	72,6						
<b>Calculo de dureza utilizando regla de fases</b>							
$HB = \frac{(HB_{Ferrita})\%Ferrita + (HB_{Perlita})\%Perlita + (HB_{Martensita})\%Martensita}{100}$ $HB = \frac{(90)\%Ferrita + (300)\%Perlita + (640)\%Martensita}{100}$ $HB = \frac{(90)\%72.6 + (300)\%27.4 + (640)\%0}{100}$ $HB = 147.54HB$							
<p>SIDNEY, Avner, (1978). Introducción a la Metalurgia Física. McGraw-Ingramex S.A. México, México D.F. Pág. 188-189</p>							
<p><b>Observaciones :</b> Una vez analizada microestructura del Acero AISI 1045 con Tratamiento Térmico Normalizado a 900°C con un enfriamiento en un medio convencional como es el Aire a 19.7°C, sus componentes en la mayoría por Ferrita en 72.6% y Ferrita en un 27.4% El porcentaje de Ferrita obtenido es aceptable pues corresponde a una dureza baja que es de 147.54 HB, para el ensayo.</p>							



#### 4.2.4 Peso inicial de las probetas

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
		<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Probetas</b>	<b>24</b>	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de medicion</b>	Laboratorio de quimica general FCIA			<b>Temp Amb</b>	19 °C
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. . Mg Marco Amaluiza
<b>Norma aplicada</b>	G105-89			<b>Procedimiento Shore A50</b>	
<b>ACERO AISI 1045 COMERCIAL</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Peso 1</b>	<b>Peso 2</b>	<b>Peso 3</b>	<b>Peso inicial</b>	
1,1	139,1839	139,1814	139,1816	139,1823	
1,2	140,7837	140,7844	140,7852	140,7844	
1,3	139,7679	139,7660	139,7662	139,7667	
1,4	139,3045	139,3055	139,3042	139,3047	
1,5	136,5534	136,5522	136,5524	136,5527	
1,6	140,1966	140,1960	140,1940	140,1955	
1,7	140,0728	140,0742	140,0724	140,0731	
1,8	139,5755	139,6139	139,5767	139,5887	
<b>ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO (TEMPLE A 840°C)</b>					
2,1	137,5630	137,5632	137,5629	137,5630	
2,2	138,3481	138,3485	138,3485	138,3484	
2,3	138,8233	138,8226	138,8235	138,8231	
2,4	140,0139	140,0144	140,0144	140,0142	
2,5	139,3949	139,3949	139,3949	139,3949	
2,6	137,3283	137,3289	137,3286	137,3286	
2,7	139,8071	139,8072	139,8071	139,8071	
2,8	139,7985	139,7986	139,7982	139,7984	
<b>ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO (NORMALIZADO A 900°C)</b>					
3,1	139,2328	139,2323	139,2323	139,2325	
3,2	139,7472	139,7465	139,7472	139,7470	
3,3	139,2198	139,2201	139,2204	139,2201	
3,4	137,3920	137,3919	137,3919	137,3919	
3,5	140,0935	140,0932	140,0935	140,0934	
3,6	137,1513	137,1513	137,1513	137,1513	
3,7	139,2838	139,2838	139,2888	139,2855	
3,8	134,6655	134,6655	134,6655	134,6655	
<b>Observación</b>					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probetas</b>	<b>24</b>	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de medicion</b>	Laboratorio de quimica general FCIA		<b>Temp Amb</b>	19 °C	
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. . Mg Marco Amaluiza	
<b>Norma aplicada</b>	G105-89		<b>Procedimiento Shore A60</b>		

**ACERO AISI 1045 COMERCIAL**

<b>Probetas</b>	<b>Peso 1</b>	<b>Peso 2</b>	<b>Peso 3</b>	<b>Peso inicial</b>
1,1	137,1408	137,0485	137,0662	137,0852
1,2	139,9228	139,9232	139,9222	139,9227
1,3	139,9724	139,9712	139,9719	139,9718
1,4	139,1357	139,1353	139,1372	139,1361
1,5	141,556	141,5536	141,5539	141,5545
1,6	139,5828	139,5814	139,582	139,5821
1,7	138,2337	138,2324	138,2325	138,2329
1,8	136,8187	136,8089	136,8089	136,8122

**ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO (TEMPLE A 840°C)**

2,1	140,6657	140,666	140,666	140,6659
2,2	138,1993	138,199	138,199	138,1991
2,3	139,8049	139,8054	139,805	139,8051
2,4	137,7377	137,7371	137,7371	137,7373
2,5	140,4004	140,4007	140,4002	140,4004
2,6	138,1938	138,1937	138,1937	138,1937
2,7	138,7304	138,7289	138,7296	138,7296
2,8	139,9735	139,9744	139,9743	139,9741

**ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO (NORMALIZADO A 900°C)**

3,1	138,039	138,0386	138,0389	138,0388
3,2	138,4704	138,47	138,4703	138,4702
3,3	138,4879	138,4879	138,4879	138,4879
3,4	139,6802	139,6802	139,6802	139,6802
3,5	137,5089	137,5099	137,5096	137,5095
3,6	139,631	139,631	139,631	139,6310
3,7	139,4557	139,4558	139,4558	139,4558
3,8	141,5132	141,5123	141,5123	141,5126

**Observación**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probetas</b>	<b>24</b>	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de medicion</b>	Laboratorio de química general FCIA			<b>Temp Amb</b>	19 °C
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. Mg Marco Amaluiza
<b>Norma aplicada</b>	G105-89			<b>Procedimiento Shore A70</b>	

**ACERO AISI 1045 COMERCIAL**

<b>Probetas</b>	<b>Peso 1</b>	<b>Peso 2</b>	<b>Peso 3</b>	<b>Peso inicial</b>
1,1	134,6201	134,6189	134,6189	134,6193
1,2	142,0825	142,0822	142,0813	142,0820
1,3	140,4162	140,4133	140,4143	140,4146
1,4	138,693	138,6924	138,6925	138,6926
1,5	140,0827	140,0826	140,0831	140,0828
1,6	136,8587	136,8652	136,8659	136,8633
1,7	136,4086	136,4072	136,4072	136,4077
1,8	140,3074	140,3069	140,3461	140,3201

**ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO (TEMPLE A 840°C)**

2,1	138,2055	138,2057	138,2057	138,2056
2,2	137,0472	137,0472	137,0472	137,0472
2,3	135,3788	135,3791	135,3771	135,3783
2,4	138,8264	138,8262	138,8264	138,8263
2,5	140,3765	140,3765	140,3765	140,3765
2,6	138,1249	138,1245	138,1249	138,1248
2,7	140,8029	140,8031	140,8033	140,8031
2,8	136,8448	136,8446	136,8447	136,8447



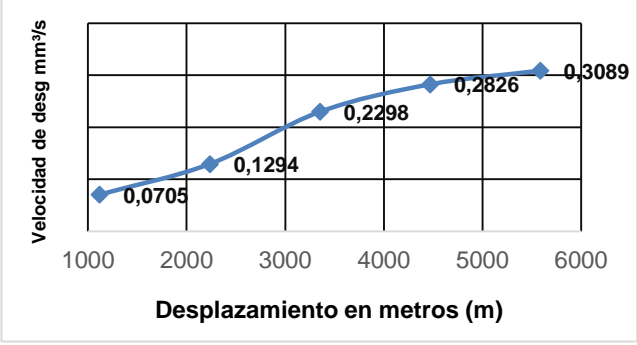

**ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO (NORMALIZADO A 900°C)**

3,1	139,0841	139,0841	139,0841	139,0841
3,2	137,4862	137,486	137,4863	137,4862
3,3	136,4884	136,4884	136,4884	136,4884
3,4	138,3952	138,3948	138,3953	138,3951
3,5	138,7914	138,7914	138,7914	138,7914
3,6	139,7472	139,7465	139,7472	139,7470
3,7	138,1181	138,1185	138,1173	138,1180
3,8	134,8622	134,8622	134,8622	134,8622

**Observaciones:**

## 4.2.5 Análisis del Desgaste Abrasivo

### 4.2.5.1 Acero AISI 1045 comercial ensayo con el disco Shore A50

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>						
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>						
<b>Probeta</b>	1.1	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.	
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM		<b>Fecha</b>	10/11/2014		
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.		
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89					
<b>DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO</b>						
<b>Características de la probeta</b>			<b>Características de la máquina</b>			
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial		<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm		
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----		<b>Dureza del disco</b>	A50±20		
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C		<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N		
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm		<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm		
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm		<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg		
<b>Espesor</b>	12mm		<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg		
<b>Peso inicial de la probeta 1.1</b>	139.1823gr					
<b>RESULTADOS</b>						
<b>Desplaz L (m)</b>	<b>Pérdida de peso</b>	<b>ΔP (gr)</b>	<b>Volumen perdido (mm³)</b>	<b>Tasa de desgaste (mg/m)</b>	<b>Coefficiente de desgaste (mg/mN)</b>	<b>Velocidad de desgaste (mm³/s)</b>
1117	138,9159	0,2664	33,8501	0,2385	0,0011	0,0705
2234	138,6935	0,4888	62,1093	0,4376	0,0020	0,1294
3351	138,3141	0,8682	110,3177	0,7773	0,0035	0,2298
4468	138,1147	1,0676	135,6544	0,9558	0,0043	0,2826
5585	138,0153	1,1670	148,2846	1,0448	0,0047	0,3089
<b>VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s</b>				<b>PROBETA 1.1</b>		
						
<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago		<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.		
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.		<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.		



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.2	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

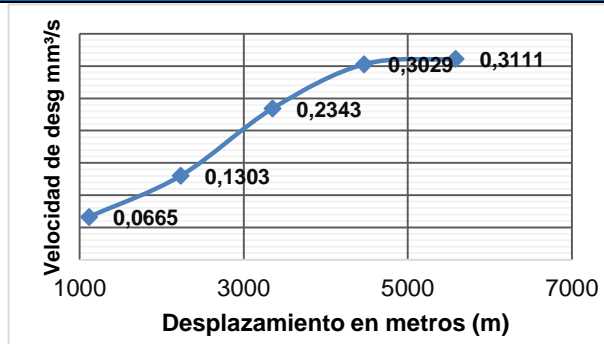
**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.2</b>	140.7844gr		

**RESULTADOS**

Desplaz L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)
1117	140,5334	0,2510	31,8975	0,2247	0,0010	0,0665
2234	140,2924	0,4920	62,5201	0,4405	0,0020	0,1303
3351	139,8993	0,8851	112,4693	0,7924	0,0036	0,2343
4468	139,6403	1,1441	145,3791	1,0243	0,0046	0,3029
5585	139,6093	1,1751	149,3181	1,0520	0,0047	0,3111

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm<sup>3</sup>/s**



**PROBETA 1.2**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.3	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

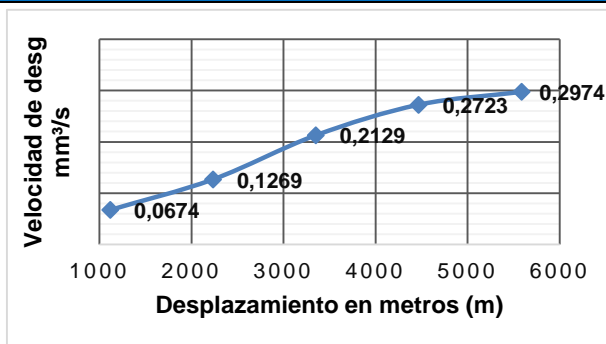
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.3</b>	139.7667gr		

**RESULTADOS**

Desplaz L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,5120	0,2547	32,3634	0,2280	0,0010	0,0674
2234	139,2873	0,4794	60,9149	0,4292	0,0019	0,1269
3351	138,9626	0,8041	102,1728	0,7199	0,0032	0,2129
4468	138,7379	1,0288	130,7243	0,9210	0,0041	0,2723
5585	138,6432	1,1235	142,7573	1,0058	0,0045	0,2974

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.3**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.4	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

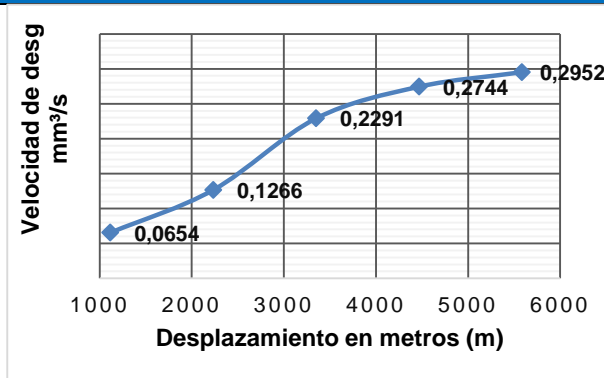
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.4</b>	139.3047gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,0576	0,2471	31,4019	0,2212	0,0010	0,0654
2234	138,8265	0,4782	60,7666	0,4281	0,0019	0,1266
3351	138,4393	0,8654	109,9661	0,7748	0,0035	0,2291
4468	138,2682	1,0365	131,7069	0,9280	0,0042	0,2744
5585	138,1895	1,1152	141,7069	0,9984	0,0045	0,2952

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.4**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.5	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

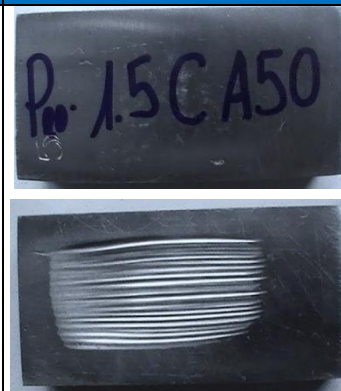
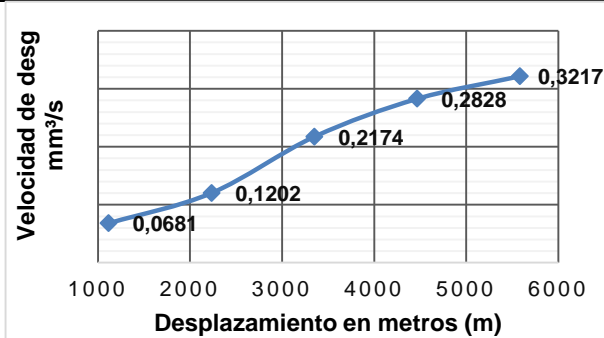
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.5</b>	136.5227gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	136,2956	0,2571	32,6641	0,2301	0,0010	0,0681
2234	136,0985	0,4542	57,7086	0,4066	0,0018	0,1202
3351	135,7315	0,8212	104,3414	0,7352	0,0033	0,2174
4468	135,4844	1,0683	135,7391	0,9564	0,0043	0,2828
5585	135,3373	1,2154	154,4303	1,0881	0,0049	0,3217

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.5**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.6	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. Mg H. Vaca	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

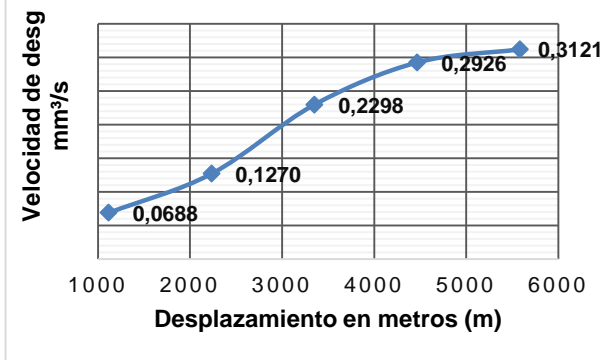
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.6</b>	140.1955gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,9357	0,2598	33,0157	0,2326	0,0010	0,0688
2234	139,7159	0,4796	60,9445	0,4294	0,0019	0,1270
3351	139,3276	0,8679	110,2838	0,7770	0,0035	0,2298
4468	139,0902	1,1053	140,4490	0,9896	0,0045	0,2926
5585	139,0164	1,1791	149,8263	1,0556	0,0048	0,3121

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.6**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.7	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

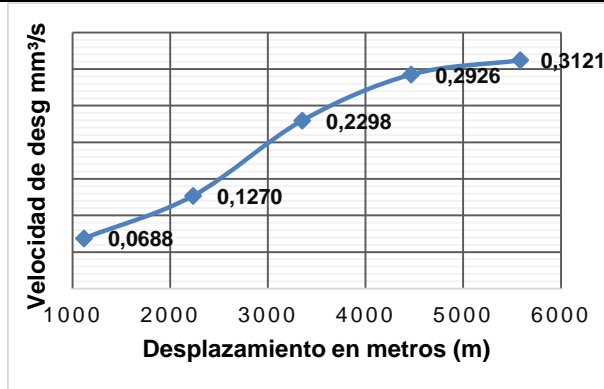
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.7</b>	140.0731gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,9357	0,2598	33,0157	0,2191	0,0010	0,0688
2234	139,7159	0,4796	60,9445	0,4256	0,0019	0,1270
3351	139,3276	0,8679	110,2838	0,7862	0,0035	0,2298
4468	139,0902	1,1053	140,4490	0,9480	0,0043	0,2926
5585	139,0164	1,1791	149,8263	1,0686	0,0048	0,3121

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.7**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.8	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

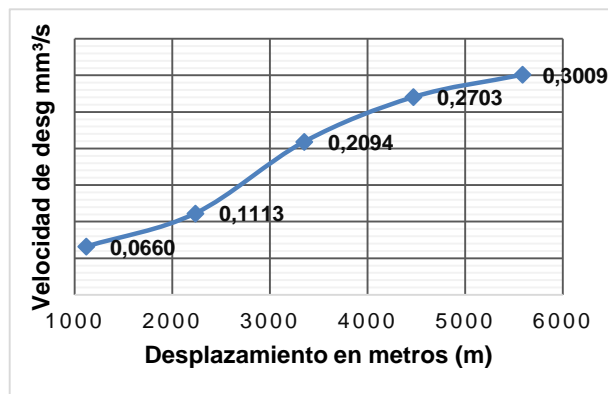
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.8</b>	139.5887gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,3394	0,2493	31,6773	0,2232	0,0010	0,0660
2234	139,1681	0,4206	53,4435	0,3765	0,0017	0,1113
3351	138,7978	0,7909	100,4956	0,7081	0,0032	0,2094
4468	138,5675	1,0212	129,7586	0,9142	0,0041	0,2703
5585	138,4522	1,1365	144,4091	1,0175	0,0046	0,3009

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.8**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 1117 METROS**

06

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89						Tiempo de exposición	8 min	
<b>Dureza del neopreno</b>		Disco de dureza A50±2		<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg	<b>Fuerza Aplicada</b>	222N	
<b>Tipo de abrasivo</b>		Arena sílica AFS 50/70		<b>Cantidad de arena</b>	1.50kg	<b>RPM</b>	250±5	
<b>Diámetro de la rueda</b>		178 mm- 7plg		<b>Ancho de la rueda</b>	12.3mm-1/2plg	<b>Motoreductor</b>	1 hp	
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 1 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m) L	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	139,1823	138,9159	0,2664	33,8501	1117	0,2385	0,0011	0,0705
1,2	140,7844	140,5334	0,2510	31,8975	1117	0,2247	0,0010	0,0665
1,3	139,7667	139,5120	0,2547	32,3634	1117	0,2280	0,0010	0,0674
1,4	139,3047	139,0576	0,2471	31,4019	1117	0,2212	0,0010	0,0654
1,5	136,5527	136,2956	0,2571	32,6641	1117	0,2301	0,0010	0,0681
1,6	140,1955	139,9357	0,2598	33,0157	1117	0,2326	0,0010	0,0688
1,7	140,0731	139,8284	0,2447	31,0970	1117	0,2191	0,0010	0,0648
1,8	139,5887	139,3394	0,2493	31,6773	1117	0,2232	0,0010	0,0660
Σ	1115,4482	1113,4180	2,0302	257,9670	1117	1,8175	0,0082	0,5374
Promedio	139,4310	139,1773	0,2538	32,2459	1117	0,2272	0,0010	0,0672
Promedio del volumen en mm³ : 32.2459 Deviación estándar S : 0.91 mm³ Coeficiente de variación V: 2.8%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 2234 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
<b>Dureza del neopreno</b>		Disco de dureza A50±2		<b>Cantidad de agua</b>		0.940kg	<b>Fuerza Aplicada</b>	222N
<b>Tipo de abrasivo</b>		Arena sílica AFS 50/70		<b>Cantidad de arena</b>		1.50kg	<b>RPM</b>	250±5
<b>Diámetro de la rueda</b>		178 mm- 7plg		<b>Ancho de la rueda</b>		12.3mm-1/2plg	<b>Motoreductor</b>	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 2 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	139,1823	138,6935	0,4888	62,1093	2234	0,4376	0,0020	0,1294
1,2	140,7844	140,2924	0,4920	62,5201	2234	0,4405	0,0020	0,1303
1,3	139,7667	139,2873	0,4794	60,9149	2234	0,4292	0,0019	0,1269
1,4	139,3047	138,8265	0,4782	60,7666	2234	0,4281	0,0019	0,1266
1,5	136,5527	136,0985	0,4542	57,7086	2234	0,4066	0,0018	0,1202
1,6	140,1955	139,7159	0,4796	60,9445	2234	0,4294	0,0019	0,1270
1,7	140,0731	139,5977	0,4754	60,4108	2234	0,4256	0,0019	0,1259
1,8	139,5887	139,1681	0,4206	53,4435	2234	0,3765	0,0017	0,1113
Σ	1115,4482	1111,6799	3,7683	478,8183	17872,0000	3,3736	0,0152	0,9975
Promedio	139,431025	138,9599875	0,4710375	59,8523	2234	0,4217	0,0019	0,1247
Promedio del volumen en mm³ :59.8523 Desviación estándar S : 2.96mm³ Coeficiente de variación V: 4.94%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 3351 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua		0.940kg	Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena		1.50kg	RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda		12.3mm-1/2plg	Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 3 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)
1,1	139,1823	138,3141	0,8682	110,3177	3351	0,7773	0,0035	0,2298
1,2	140,7844	139,8993	0,8851	112,4693	3351	0,7924	0,0036	0,2343
1,3	139,7667	138,9626	0,8041	102,1728	3351	0,7199	0,0032	0,2129
1,4	139,3047	138,4393	0,8654	109,9661	3351	0,7748	0,0035	0,2291
1,5	136,5527	135,7315	0,8212	104,3414	3351	0,7352	0,0033	0,2174
1,6	140,1955	139,3276	0,8679	110,2838	3351	0,7770	0,0035	0,2298
1,7	140,0731	139,1949	0,8782	111,5925	3351	0,7862	0,0035	0,2325
1,8	139,5887	138,7978	0,7909	100,4956	3351	0,7081	0,0032	0,2094
Σ	1115,4482	1108,6671	6,7811	861,6391	26808	6,0708	0,0273	1,7951
Promedio	139,431025	138,5833875	0,8476375	107,7049	3351	0,7589	0,0034	0,2244
Promedio del volumen en mm <sup>3</sup> : 107.7049 Deviación estándar S : 4.63mm <sup>3</sup> Coeficiente de variación V: 4.30%				Observaciones:				



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 4468 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua		0.940kg	Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena		1.50kg	RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda		12.3mm-1/2plg	Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 4 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	139,1823	138,1147	1,0676	135,6544	4468	0,9558	0,0043	0,2826
1,2	140,7844	139,6403	1,1441	145,3791	4468	1,0243	0,0046	0,3029
1,3	139,7667	138,7379	1,0288	130,7243	4468	0,9210	0,0041	0,2723
1,4	139,3047	138,2682	1,0365	131,7069	4468	0,9280	0,0042	0,2744
1,5	136,5527	135,4844	1,0683	135,7391	4468	0,9564	0,0043	0,2828
1,6	140,1955	139,0902	1,1053	140,4490	4468	0,9896	0,0045	0,2926
1,7	140,0731	139,0142	1,0589	134,5532	4468	0,9480	0,0043	0,2803
1,8	139,5887	138,5675	1,0212	129,7586	4468	0,9142	0,0041	0,2703
Σ	1115,4482	1106,9174	8,5308	1083,9644	35744	7,6372	0,0344	2,2583
Promedio	139,431025	138,364675	1,06635	135,4956	4468	0,9547	0,0043	0,2823
Promedio del volumen en mm³ : 135.4956 Deviación estándar S : 5.25mm³ Coeficiente de variación V: 3.87%			Observaciones:					





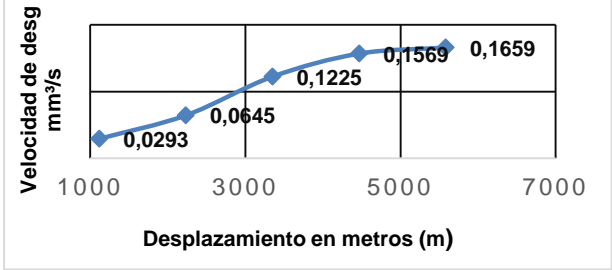
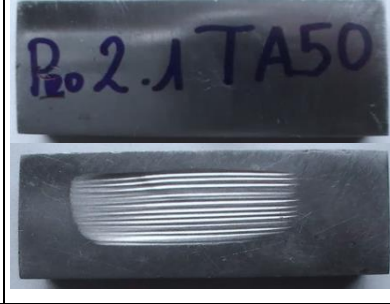
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 5585 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua		0.940kg	Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena		1.50kg	RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda		12.3mm-1/2plg	Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 5 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	139,1823	138,0153	1,1670	148,2846	5585	1,0448	0,0047	0,3089
1,2	140,7844	139,6093	1,1751	149,3181	5585	1,0520	0,0047	0,3111
1,3	139,7667	138,6432	1,1235	142,7573	5585	1,0058	0,0045	0,2974
1,4	139,3047	138,1895	1,1152	141,7069	5585	0,9984	0,0045	0,2952
1,5	136,5527	135,3373	1,2154	154,4303	5585	1,0881	0,0049	0,3217
1,6	140,1955	139,0164	1,1791	149,8263	5585	1,0556	0,0048	0,3121
1,7	140,0731	138,8795	1,1936	151,6688	5585	1,0686	0,0048	0,3160
1,8	139,5887	138,4522	1,1365	144,4091	5585	1,0175	0,0046	0,3009
Σ	1115,44820	1106,14270	9,30550	1182,4015	44680	8,3308	0,0375	2,46334
Promedio	139,43103	138,26784	1,16319	147,8002	5585	1,0413	0,0047	0,30792
Promedio del volumen en mm³ : 147.8002 Deviación estándar S : 4.46mm³ Coeficiente de variación V: 3.02%				Observaciones:				

4.2.5.2 Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C ensayo realizado el disco shore A50

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 						
DATOS INFORMATIVOS:						
Probeta	2.1	Autorizado por	Ing. H. Vaca. Mg.	Realizado por	Egdo. Guerrero S.	
Lugar de estudio y análisis	Laboratorio de Materiales – FICM			Fecha	10/11/2014	
Tipo de estudio	De laboratorio	Aprobado por			Ing. H. Vaca. Mg.	
Normas aplicadas	G105-89					
DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO						
Características de la probeta			Características de la máquina			
Acero AISI 1045	Tratamiento térmico temple a 840°C		Velocidad del disco	240 a 250 rpm		
Medio de enfriamiento	Agua a 15.7°C		Dureza del disco	A50±20		
Temperatura ambiente	19.7°C		Fuerza aplicada en la probeta y disco	222N		
Ancho	25.4±0.8mm		Tamaño de grano de arena sílica	230/270µm		
Largo	57.2±0.8mm		Cantidad de arena	1.5kg		
Espesor	12mm		Cantidad de agua	0.940kg		
Peso inicial de la probeta 2.1	137.5630gr					
RESULTADOS						
Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coeficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)
1117	137,452	0,1105	14,0449	0,0990	0,0004	0,0293
2234	137,319	0,2435	30,9445	0,2180	0,0010	0,0645
3351	137,100	0,4626	58,7844	0,4142	0,0019	0,1225
4468	136,970	0,5928	75,3194	0,5307	0,0024	0,1569
5585	136,936	0,6268	79,6485	0,5612	0,0025	0,1659
VELOCIDAD DE DESGASTE mm <sup>3</sup> /s					PROBETA 2.1	
						
Elaborado por :	Egdo. Guerrero Santiago			Verificado por :	Ing. H. Vaca. Mg.	
Revisado por :	Ing. H. Vaca. Mg.			Validado por :	Ing. H. Vaca. Mg.	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.2	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

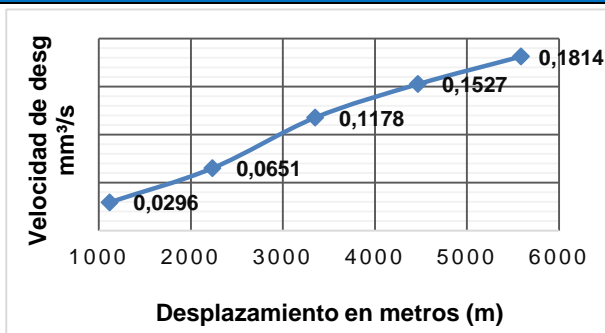
**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.2</b>	138.3484gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	138,236	0,1117	14,1889	0,1000	0,0005	0,0296
2234	138,102	0,2459	31,2410	0,2201	0,0010	0,0651
3351	137,903	0,4450	56,5396	0,3984	0,0018	0,1178
4468	137,771	0,5767	73,2740	0,5163	0,0023	0,1527
5585	137,663	0,6852	87,0606	0,6134	0,0028	0,1814

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**



**PROBETA 2.2**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.3	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por :</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

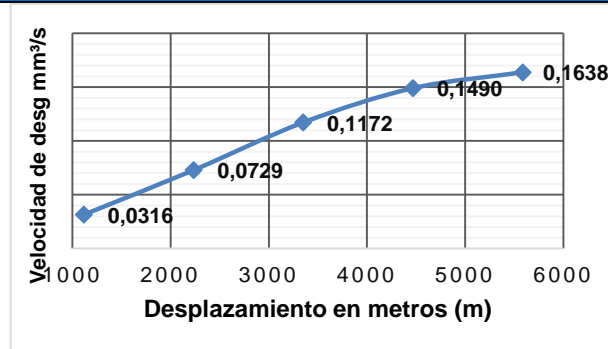
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.3</b>	138.8231gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	138,703	0,1192	15,1504	0,1067	0,0005	0,0316
2234	138,547	0,2752	34,9725	0,2464	0,0011	0,0729
3351	138,380	0,4427	56,2558	0,3964	0,0018	0,1172
4468	138,260	0,5629	71,5290	0,5040	0,0023	0,1490
5585	138,204	0,6188	78,6319	0,5540	0,0025	0,1638

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.3**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.4	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por :</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

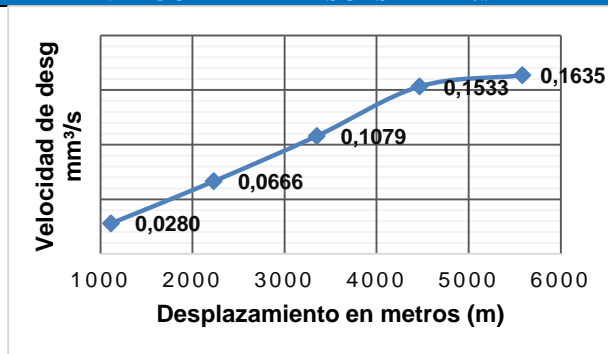
**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.4</b>	140.0142gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,908	0,1057	13,4341	0,0947	0,0004	0,0280
2234	139,762	0,2514	31,9475	0,2251	0,0010	0,0666
3351	139,606	0,4075	51,7823	0,3648	0,0016	0,1079
4468	139,435	0,5789	73,5612	0,5183	0,0023	0,1533
5585	139,396	0,6175	78,4659	0,5528	0,0025	0,1635

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**



**PROBETA 2.4**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.5	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por :</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

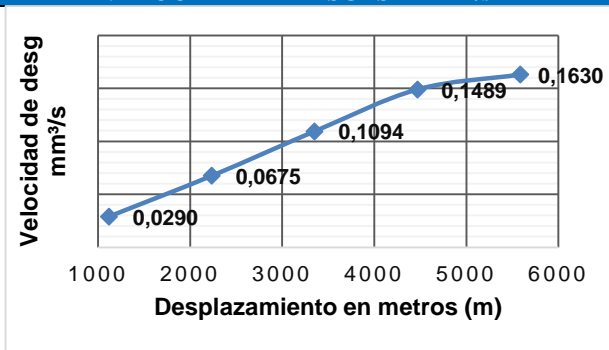
**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.5</b>	139.3949gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,285	0,1094	13,9009	0,0979	0,0004	0,0290
2234	139,140	0,2548	32,3761	0,2281	0,0010	0,0675
3351	138,981	0,4132	52,5032	0,3699	0,0017	0,1094
4468	138,832	0,5626	71,4867	0,5037	0,0023	0,1489
5585	138,779	0,6157	78,2338	0,5512	0,0025	0,1630

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**



**PROBETA 2.5**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.6	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por:</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

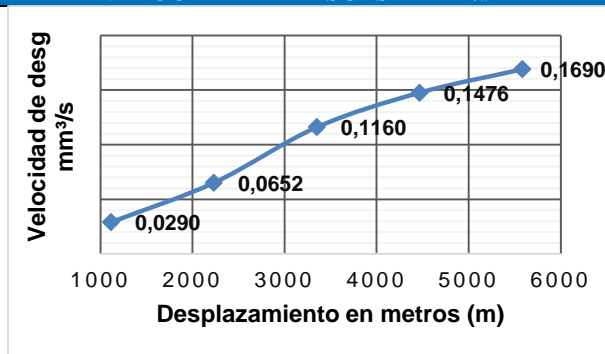
**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.6</b>	137.3286gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,218	0,1097	13,9390	0,0982	0,0004	0,0290
2234	137,082	0,2462	31,2834	0,2204	0,0010	0,0652
3351	136,890	0,4381	55,6671	0,3922	0,0018	0,1160
4468	136,771	0,5574	70,8259	0,4990	0,0022	0,1476
5585	136,690	0,6385	81,1309	0,5716	0,0026	0,1690

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**



**PROBETA 2.6**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.7	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por:</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

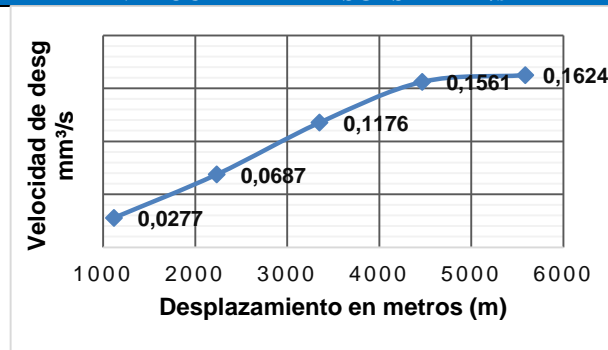
**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.7</b>	139.8071gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,702	0,1047	13,3079	0,0938	0,0004	0,0277
2234	139,547	0,2595	32,9776	0,2323	0,0010	0,0687
3351	139,362	0,4442	56,4464	0,3977	0,0018	0,1176
4468	139,217	0,5896	74,9216	0,5279	0,0024	0,1561
5585	139,193	0,6136	77,9712	0,5494	0,0025	0,1624

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**



**PROBETA 2.7**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.8	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

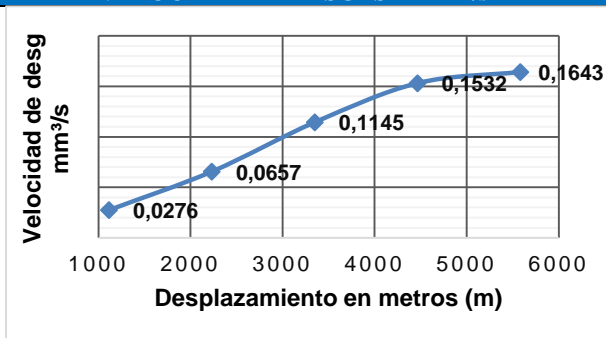
**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.8</b>	139.7984gr		

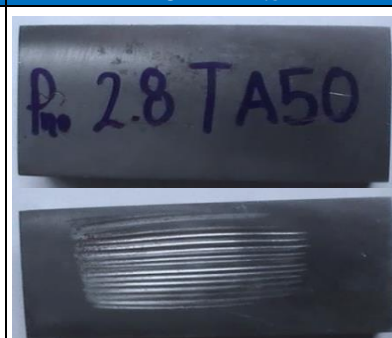
**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,694	0,1041	13,2317	0,0932	0,0004	0,0276
2234	139,550	0,2482	31,5417	0,2222	0,0010	0,0657
3351	139,366	0,4324	54,9471	0,3871	0,0017	0,1145
4468	139,219	0,5787	73,5366	0,5181	0,0023	0,1532
5585	139,177	0,6206	78,8607	0,5556	0,0025	0,1643

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**



**PROBETA 2.8**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 1117 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2	Cantidad de agua		0.940kg	Fuerza Aplicada		222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70	Cantidad de arena		1.50kg	RPM		250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg	Ancho de la rueda		12.3mm-1/2plg	Motoreductor		1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso I (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento L (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	137,5630	137,4525	0,1105	14,0449	1117	0,0990	0,0004	0,0293
2,2	138,3484	138,2367	0,1117	14,1889	1117	0,1000	0,0005	0,0296
2,3	138,8231	138,7039	0,1192	15,1504	1117	0,1067	0,0005	0,0316
2,4	140,0142	139,9085	0,1057	13,4341	1117	0,0947	0,0004	0,0280
2,5	139,3949	139,2855	0,1094	13,9009	1117	0,0979	0,0004	0,0290
2,6	137,3286	137,2189	0,1097	13,9390	1117	0,0982	0,0004	0,0290
2,7	139,8071	139,7024	0,1047	13,3079	1117	0,0938	0,0004	0,0277
2,8	139,7984	139,6943	0,1041	13,2317	1117	0,0932	0,0004	0,0276
Σ	1111,0778	1110,2027	0,8751	111,1978	8936	0,7835	0,0035	0,2317
Promedio	138,8847	138,7753	0,1094	13,8997	1117	0,0979	0,0004	0,0290
Promedio del volumen en mm³ : 13.8897 Desviación estándar S : 0.619 mm³ Coeficiente de variación V: 4.45%			Observaciones:					





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 2234 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 2 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	137,5630	137,3195	0,2435	30,9445	2234	0,2180	0,0010	0,0645
2,2	138,3484	138,1025	0,2459	31,2410	2234	0,2201	0,0010	0,0651
2,3	138,8231	138,5479	0,2752	34,9725	2234	0,2464	0,0011	0,0729
2,4	140,0142	139,7628	0,2514	31,9475	2234	0,2251	0,0010	0,0666
2,5	139,3949	139,1401	0,2548	32,3761	2234	0,2281	0,0010	0,0675
2,6	137,3286	137,0824	0,2462	31,2834	2234	0,2204	0,0010	0,0652
2,7	139,8071	139,5476	0,2595	32,9776	2234	0,2323	0,0010	0,0687
2,8	139,7984	139,5502	0,2482	31,5417	2234	0,2222	0,0010	0,0657
Σ	1111,0778	1109,0530	2,0248	257,2842	17872	1,8127	0,0082	0,5360
Promedio	138,8847	138,6316	0,2531	32,1605	2234	0,2266	0,0010	0,0670
Promedio del volumen en mm³ : 32.1605 Deviación estándar S : 1.317mm³ Coeficiente de variación V: 4.09%			Observaciones:					





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 3351 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 3 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	137,5630	137,1004	0,4626	58,7844	3351	0,4142	0,0019	0,1225
2,2	138,3484	137,9034	0,4450	56,5396	3351	0,3984	0,0018	0,1178
2,3	138,8231	138,3804	0,4427	56,2558	3351	0,3964	0,0018	0,1172
2,4	140,0142	139,6067	0,4075	51,7823	3351	0,3648	0,0016	0,1079
2,5	139,3949	138,9817	0,4132	52,5032	3351	0,3699	0,0017	0,1094
2,6	137,3286	136,8905	0,4381	55,6671	3351	0,3922	0,0018	0,1160
2,7	139,8071	139,3629	0,4442	56,4464	3351	0,3977	0,0018	0,1176
2,8	139,7984	139,366	0,4324	54,9471	3351	0,3871	0,0017	0,1145
Σ	1111,0778	1107,5920	3,4858	442,9259	26808	3,1207	0,0141	0,9228
Promedio	138,8847	138,4490	0,4357	55,3657	3351	0,3901	0,0018	0,1153
Promedio del volumen en mm³ : 55.3657 Deviación estándar S : 2.27mm³ Coeficiente de variación V: 4.11%				Observaciones:				



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 4468 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 4 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	137,5630	136,97027	0,5928	75,3194	4468	0,5307	0,0024	0,1569
2,2	138,3484	137,7717	0,5767	73,2740	4468	0,5163	0,0023	0,1527
2,3	138,8231	138,2602	0,5629	71,5290	4468	0,5040	0,0023	0,1490
2,4	140,0142	139,4353	0,5789	73,5612	4468	0,5183	0,0023	0,1533
2,5	139,3949	138,8323	0,5626	71,4867	4468	0,5037	0,0023	0,1489
2,6	137,3286	136,7712	0,5574	70,8259	4468	0,4990	0,0022	0,1476
2,7	139,8071	139,2175	0,5896	74,9216	4468	0,5279	0,0024	0,1561
2,8	139,7984	139,2197	0,5787	73,5366	4468	0,5181	0,0023	0,1532
Σ	1111,0778	1106,4782	4,5997	584,4545	35744	4,1179	0,0185	1,2176
Promedio	138,8847	138,3098	0,5750	73,0568	4468	0,5147	0,0023	0,1522
Promedio del volumen en mm³ : 73.0568 Deviación estándar S : 1.64mm³ Coeficiente de variación V: 2.24%				Observaciones:				





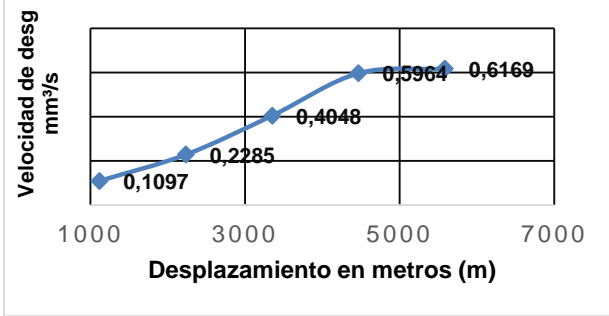

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 5585 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 5 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)
2,1	137,5630	136,9362	0,6268	79,6485	5585	0,5612	0,0025	0,1659
2,2	138,3484	137,6632	0,6852	87,0606	5585	0,6134	0,0028	0,1814
2,3	138,8231	138,2043	0,6188	78,6319	5585	0,5540	0,0025	0,1638
2,4	140,0142	139,3967	0,6175	78,4659	5585	0,5528	0,0025	0,1635
2,5	139,3949	138,7792	0,6157	78,2338	5585	0,5512	0,0025	0,1630
2,6	137,3286	136,6901	0,6385	81,1309	5585	0,5716	0,0026	0,1690
2,7	139,8071	139,1935	0,6136	77,9712	5585	0,5494	0,0025	0,1624
2,8	139,7984	139,1778	0,6206	78,8607	5585	0,5556	0,0025	0,1643
Σ	1111,0778	1106,0410	5,0368	640,0034	44680	4,5092	0,0203	1,3333
Promedio	138,8847	138,2551	0,6296	80,0004	5585	0,5637	0,0025	0,1667
Promedio del volumen en mm <sup>3</sup> : 80.0004 Desviación estándar S : 3.02m <sup>3</sup> Coeficiente de variación V: 3.78%			Observaciones:					

4.2.5.3 Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C ensayo realizado el disco shore A50

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 						
DATOS INFORMATIVOS:						
Probeta	3.1	Autorizado por	Ing. H. Vaca. Mg.	Realizado por	Egdo. Guerrero S.	
Lugar de estudio y análisis	Laboratorio de Materiales – FICM			Fecha	10/11/2014	
Tipo de estudio	De laboratorio	Aprobado por			Ing. H. Vaca. Mg.	
Normas aplicadas	G105-89					
DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO						
Características de la probeta				Características de la máquina		
Acero AISI 1045	Tratamiento térmico normalizado a 900°C			Velocidad del disco	240 a 250 rpm	
Medio de enfriamiento	Aire a 19.7°C			Dureza del disco	A50±20	
Temperatura ambiente	19.7°C			Fuerza aplicada en la probeta y disco	222N	
Ancho	25.4±0.8mm			Tamaño de grano de arena sílica	230/270µm	
Largo	57.2±0.8mm			Cantidad de arena	1.5kg	
Espesor	12mm			Cantidad de agua	0.940kg	
Peso inicial de la probeta 3.1	139.2325gr					
RESULTADOS						
Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velo desg (mm³/s)
1117	138,8181	0,4144	52,6514	0,3710	0,0017	0,1097
2234	138,3692	0,8633	109,6908	0,7728	0,0035	0,2285
3351	137,7034	1,5291	194,2906	1,3689	0,0062	0,4048
4468	136,9795	2,2530	286,2728	2,0170	0,0091	0,5964
5585	136,9021	2,3304	296,1076	2,0863	0,0094	0,6169
VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s				PROBETA 3.1		
						
Elaborado por :	Egdo. Guerrero Santiago			Verificado por :	Ing. H. Vaca. Mg.	
Revisado por :	Ing. H. Vaca. Mg.			Validado por :	Ing. H. Vaca. Mg.	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.2	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM		<b>Fecha</b>	10/11/2014	
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por:</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

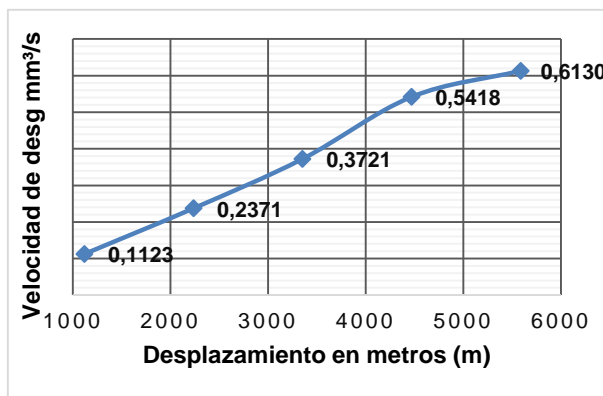
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.2</b>	139.7470gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,3228	0,4242	53,8967	0,3797	0,0017	0,1123
2234	138,8513	0,8957	113,8077	0,8019	0,0036	0,2371
3351	138,3412	1,4058	178,6235	1,2585	0,0057	0,3721
4468	137,7003	2,0467	260,0593	1,8323	0,0083	0,5418
5585	137,4312	2,3158	294,2512	2,0732	0,0093	0,6130

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.2**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.3	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

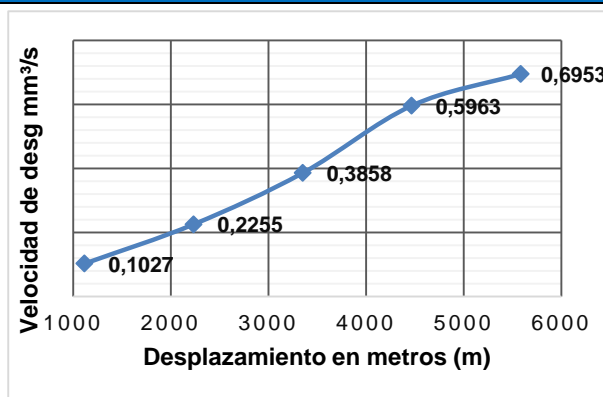
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.3</b>	139.2201gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	138,832	0,3881	49,3139	0,3474	0,0016	0,1027
2234	138,3684	0,8517	108,2211	0,7625	0,0034	0,2255
3351	137,7628	1,4573	185,1715	1,3047	0,0059	0,3858
4468	136,9677	2,2524	286,2008	2,0165	0,0091	0,5963
5585	136,5934	2,6267	333,7611	2,3516	0,0106	0,6953

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.3**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.4	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

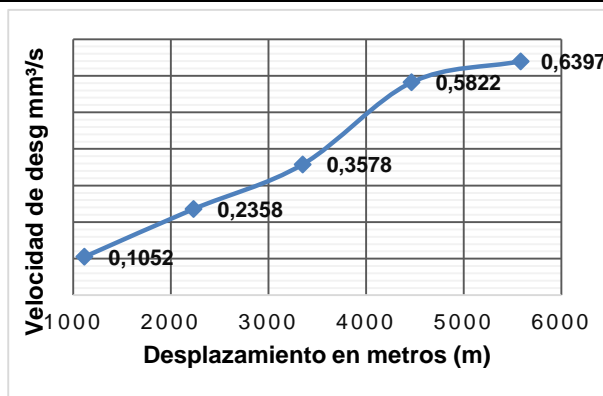
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.4</b>	137.3919gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	136,9946	0,3973	50,4871	0,3557	0,0016	0,1052
2234	136,5012	0,8907	113,1809	0,7974	0,0036	0,2358
3351	136,0404	1,3515	171,7323	1,2100	0,0055	0,3578
4468	135,1926	2,1993	279,4579	1,9690	0,0089	0,5822
5585	134,9753	2,4166	307,0690	2,1635	0,0097	0,6397

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.4**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.5	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

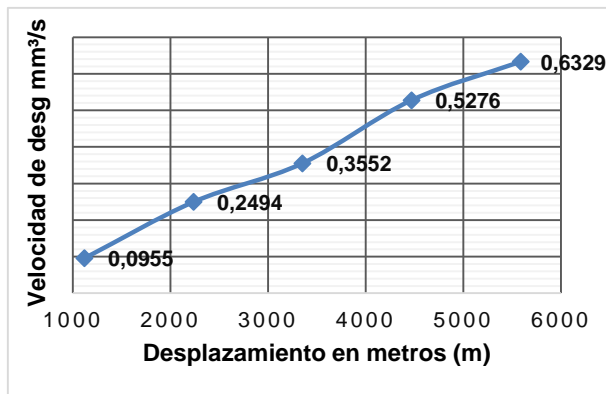
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.5</b>	140.0934gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,7326	0,3608	45,8450	0,3230	0,0015	0,0955
2234	139,1512	0,9422	119,7205	0,8435	0,0038	0,2494
3351	138,7515	1,3419	170,5083	1,2013	0,0054	0,3552
4468	138,1002	1,9932	253,2656	1,7844	0,0080	0,5276
5585	137,7024	2,3910	303,8119	2,1406	0,0096	0,6329

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.5**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.6	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

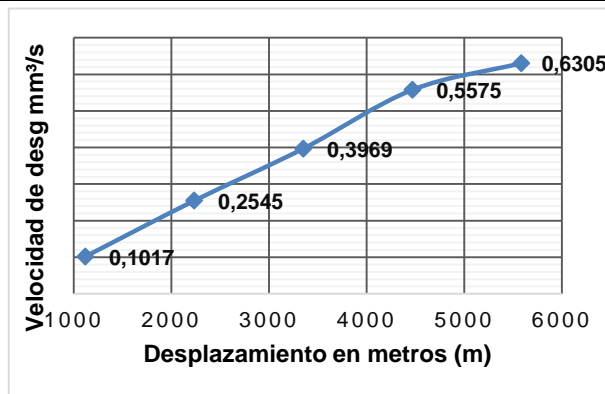
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.6</b>	137.1513gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	136,7673	0,3840	48,7929	0,3438	0,0015	0,1017
2234	136,1898	0,9615	122,1728	0,8608	0,0039	0,2545
3351	135,652	1,4993	190,5083	1,3423	0,0060	0,3969
4468	135,0453	2,1060	267,5985	1,8854	0,0085	0,5575
5585	134,7694	2,3819	302,6557	2,1324	0,0096	0,6305

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.6**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.7	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM		<b>Fecha</b>	10/11/2014	
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

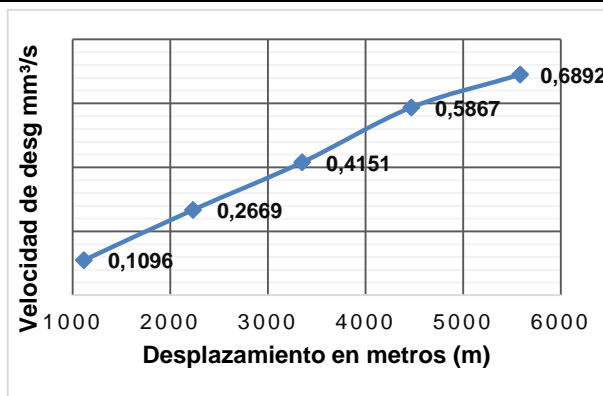
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.7</b>	139.2855gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	138,8714	0,4141	52,6133	0,3707	0,0017	0,1096
2234	138,2774	1,0081	128,0898	0,9025	0,0041	0,2669
3351	137,7173	1,5682	199,2588	1,4039	0,0063	0,4151
4468	137,0692	2,2163	281,6095	1,9841	0,0089	0,5867
5585	136,6821	2,6034	330,7963	2,3307	0,0105	0,6892

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.7**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.8	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

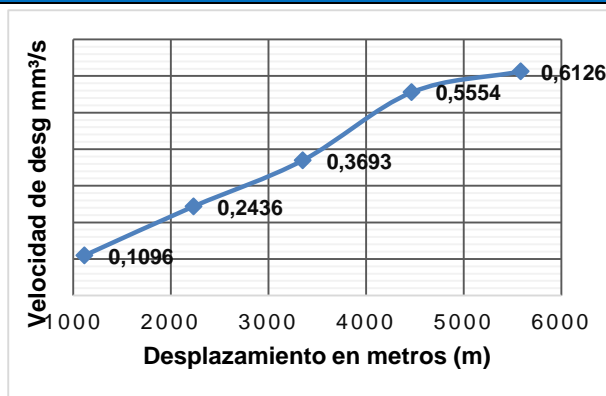
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A50±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.8</b>	134.6655gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	134,2515	0,4140	52,6048	0,3706	0,0017	0,1096
2234	133,7451	0,9204	116,9504	0,8240	0,0037	0,2436
3351	133,2705	1,3950	177,2554	1,2489	0,0056	0,3693
4468	132,5675	2,0980	266,5820	1,8782	0,0085	0,5554
5585	132,3515	2,3140	294,0280	2,0716	0,0093	0,6126

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.8**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 1117 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
<b>Dureza del neopreno</b>		Disco de dureza A50±2		<b>Cantidad de agua</b>		0.940kg	<b>Fuerza Aplicada</b>	222N
<b>Tipo de abrasivo</b>		Arena sílica AFS 50/70		<b>Cantidad de arena</b>		1.50kg	<b>RPM</b>	250±5
<b>Diámetro de la rueda</b>		178 mm- 7plg		<b>Ancho de la rueda</b>		12.3mm-1/2ppl	<b>Motoreductor</b>	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 1 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Desplazamiento L (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)
3,1	139,2325	138,8181	0,4144	52,6514	1117	0,3710	0,0017	0,1097
3,2	139,7470	139,3228	0,4242	53,8967	1117	0,3797	0,0017	0,1123
3,3	139,2201	138,832	0,3881	49,3139	1117	0,3474	0,0016	0,1027
3,4	137,3919	136,9946	0,3973	50,4871	1117	0,3557	0,0016	0,1052
3,5	140,0934	139,7326	0,3608	45,8450	1117	0,3230	0,0015	0,0955
3,6	137,1513	136,7673	0,3840	48,7929	1117	0,3438	0,0015	0,1017
3,7	139,2855	138,8714	0,4141	52,6133	1117	0,3707	0,0017	0,1096
3,8	134,6655	134,2515	0,4140	52,6048	1117	0,3706	0,0017	0,1096
Σ	1106,7871	1103,5903	3,1968	406,2050	8936	2,8620	0,0129	0,8463
Promedio	138,3484	137,9488	0,3996	50,7756	1117	0,3577	0,0016	0,1058
Promedio del volumen en mm <sup>3</sup> : 50.77 Deviación estándar S : 2.68 mm <sup>3</sup> Coeficiente de variación V: 5.28%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO BORMALIZADO A 2234 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua		0.940kg	Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena		1.50kg	RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda		12.3mm-1/2plg	Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 2 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m) L	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	139,2325	138,3692	0,8633	109,6908	2234	0,7728	0,0035	0,2285
3,2	139,7470	138,8513	0,8957	113,8077	2234	0,8019	0,0036	0,2371
3,3	139,2201	138,3684	0,8517	108,2211	2234	0,7625	0,0034	0,2255
3,4	137,3919	136,5012	0,8907	113,1809	2234	0,7974	0,0036	0,2358
3,5	140,0934	139,1512	0,9422	119,7205	2234	0,8435	0,0038	0,2494
3,6	137,1513	136,1898	0,9615	122,1728	2234	0,8608	0,0039	0,2545
3,7	139,2855	138,2774	1,0081	128,0898	2234	0,9025	0,0041	0,2669
3,8	134,6655	133,7451	0,9204	116,9504	2234	0,8240	0,0037	0,2436
Σ	1106,7871	1097,7036	9,0835	931,8340	17872	6,5654	0,0296	1,9413
Promedio	138,3484	137,4317	0,9167	116,4792	2234	0,8207	0,0037	0,2427
Promedio del volumen en mm³ : 116.47 Deviación estándar S : 6.65mm³ Coeficiente de variación V: 5.71%				Observaciones:				



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 3351 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 3 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	139,2325	137,7034	1,5291	194,2906	3351	1,3689	0,0062	0,4048
3,2	139,7470	138,3412	1,4058	178,6235	3351	1,2585	0,0057	0,3721
3,3	139,2201	137,7628	1,4573	185,1715	3351	1,3047	0,0059	0,3858
3,4	137,3919	136,0404	1,3515	171,7323	3351	1,2100	0,0055	0,3578
3,5	140,0934	138,7515	1,3419	170,5083	3351	1,2013	0,0054	0,3552
3,6	137,1513	135,652	1,4993	190,5083	3351	1,3423	0,0060	0,3969
3,7	139,2855	137,7173	1,5682	199,2588	3351	1,4039	0,0063	0,4151
3,8	134,6655	133,2705	1,3950	177,2554	3351	1,2489	0,0056	0,3693
Σ	1106,7871	1095,2391	11,5480	1467,3486	26808	10,3384	0,0466	3,0570
Promedio	138,3484	136,9049	1,4435	183,4186	3351	1,2923	0,0058	0,3821
Promedio del volumen en mm³ : 183.41 Deviación estándar S : 10.60mm³ Coeficiente de variación V: 5.77%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO 4468 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 4 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	139,2325	136,9795	2,2530	286,2728	4468	2,0170	0,0091	0,5964
3,2	139,7470	137,7003	2,0467	260,0593	4468	1,8323	0,0083	0,5418
3,3	139,2201	136,9677	2,2524	286,2008	4468	2,0165	0,0091	0,5963
3,4	137,3919	135,1926	2,1993	279,4579	4468	1,9690	0,0089	0,5822
3,5	140,0934	138,1002	1,9932	253,2656	4468	1,7844	0,0080	0,5276
3,6	137,1513	135,0453	2,1060	267,5985	4468	1,8854	0,0085	0,5575
3,7	139,2855	137,0692	2,2163	281,6095	4468	1,9841	0,0089	0,5867
3,8	134,6655	132,5675	2,0980	266,5820	4468	1,8782	0,0085	0,5554
Σ	1106,7871	1089,6223	17,1648	2181,0462	35744	15,3669	0,0692	4,5438
Promedio	138,3484	136,2028	2,1456	272,6308	4468	1,9209	0,0087	0,5680
Promedio del volumen en mm³ : 272.63 Deviación estándar S : 12.49mm³ Coeficiente de variación V: 4.58%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**





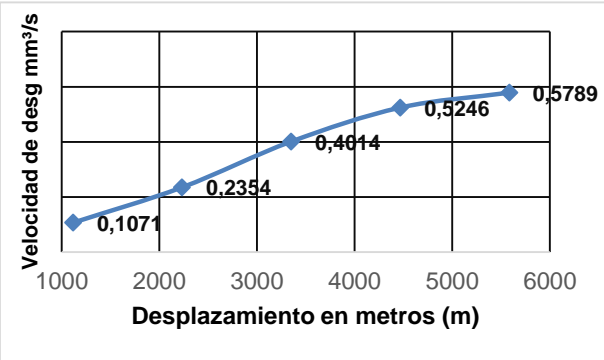

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 5585 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 5 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	139,2325	136,9021	2,3304	296,1076	5585	2,0863	0,0094	0,6169
3,2	139,7470	137,43121	2,3158	294,2512	5585	2,0732	0,0093	0,6130
3,3	139,2201	136,5934	2,6267	333,7611	5585	2,3516	0,0106	0,6953
3,4	137,3919	134,9753	2,4166	307,0690	5585	2,1635	0,0097	0,6397
3,5	140,0934	137,7024	2,3910	303,8119	5585	2,1406	0,0096	0,6329
3,6	137,1513	134,7694	2,3819	302,6557	5585	2,1324	0,0096	0,6305
3,7	139,2855	136,6821	2,6034	330,7963	5585	2,3307	0,0105	0,6892
3,8	134,6655	132,3515	2,3140	294,0280	5585	2,0716	0,0093	0,6126
Σ	1106,7871	1087,4074	19,3797	2462,4807	44680	17,3498	0,0782	5,1302
Promedio	138,3484	135,9259	2,4225	307,8101	5585	2,1687	0,0098	0,6413
Promedio del volumen en mm³ : 307.81 Deviación estándar S : 15.83m³ Coeficiente de variación V: 5.14%			Observaciones:					



## 4.2.6 Análisis del Desgaste Abrasivo

### 4.2.6.1 Acero AISI 1045 comercial ensayo con el disco Shore A60

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 						
DATOS INFORMATIVOS:						
<b>Probeta</b>	1.1	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.	
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014	
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89					
DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO						
Características de la probeta			Características de la máquina			
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial		<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm		
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----		<b>Dureza del disco</b>	A60±20		
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C		<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N		
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm		<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm		
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm		<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg		
<b>Espesor</b>	12mm		<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg		
<b>Peso inicial de la probeta 1.1</b>	137.0852gr					
RESULTADOS						
Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)
1117	136,6806	0,4046	51,4062	0,3622	0,0016	0,1071
2234	136,1958	0,8894	113,0072	0,7962	0,0036	0,2354
3351	135,5687	1,5165	192,6895	1,3576	0,0061	0,4014
4468	135,1033	1,9819	251,8255	1,7743	0,0020	0,5246
5585	134,8984	2,1868	277,8611	1,9577	0,0088	0,5789
VELOCIDAD DE DESGASTE mm <sup>3</sup> /s					PROBETA 1.1	
						
<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago			<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.			<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.2	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

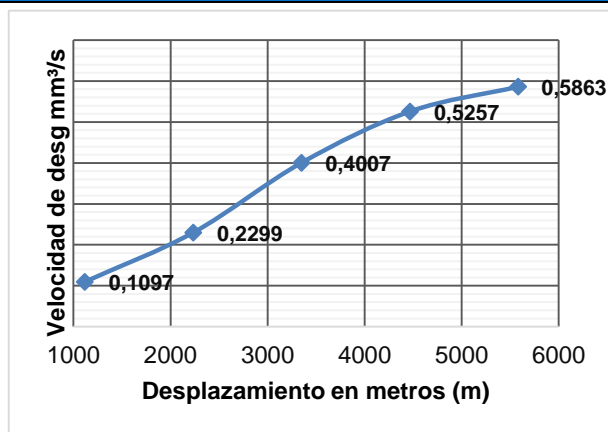
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.2</b>	139.9227gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,5084	0,4143	52,6472	0,3709	0,0017	0,1097
2234	139,0541	0,8686	110,3727	0,7776	0,0035	0,2299
3351	138,4091	1,5136	192,3295	1,3551	0,0061	0,4007
4468	137,9367	1,9860	252,3549	1,7780	0,0080	0,5257
5585	137,7081	2,2146	281,4019	1,9827	0,0089	0,5863

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.2**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.3	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

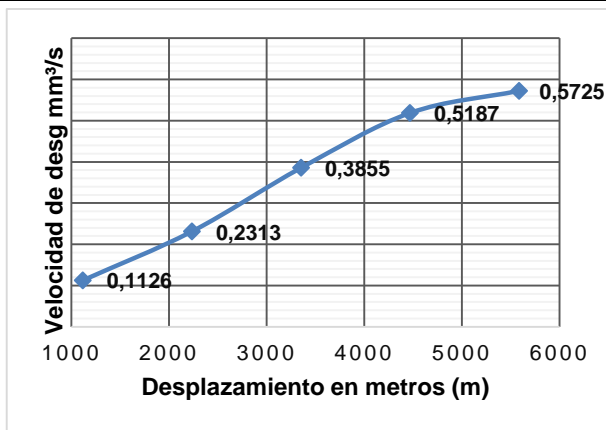
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.3</b>	139.9718gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,5464	0,4254	54,0576	0,3809	0,0017	0,1126
2234	139,0981	0,8737	111,0208	0,7822	0,0035	0,2313
3351	138,5155	1,4563	185,0487	1,3038	0,0059	0,3855
4468	138,0123	1,9595	248,9877	1,7543	0,0079	0,5187
5585	137,8093	2,1625	274,7819	1,9360	0,0087	0,5725

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.3**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.4	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

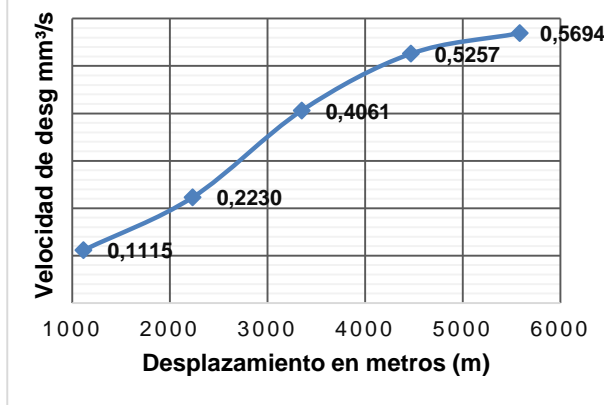
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.4</b>	139.1361gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	138,7148	0,4213	53,5282	0,3771	0,0017	0,1115
2234	138,2936	0,8425	107,0479	0,7542	0,0034	0,2230
3351	137,6021	1,5340	194,9132	1,3733	0,0062	0,4061
4468	137,1501	1,9860	252,3465	1,7779	0,0080	0,5257
5585	136,9852	2,1509	273,2994	1,9256	0,0087	0,5694

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.4**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.5	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

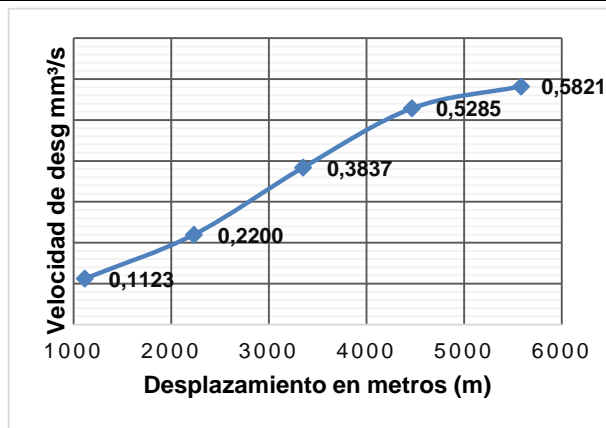
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.5</b>	141.5545gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	141,1304	0,4241	53,8882	0,3797	0,0017	0,1123
2234	140,7235	0,8310	105,5909	0,7440	0,0034	0,2200
3351	140,1052	1,4493	184,1550	1,2975	0,0058	0,3837
4468	139,5581	1,9964	253,6722	1,7873	0,0081	0,5285
5585	139,3554	2,1991	279,4282	1,9688	0,0089	0,5821

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.5**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.6	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

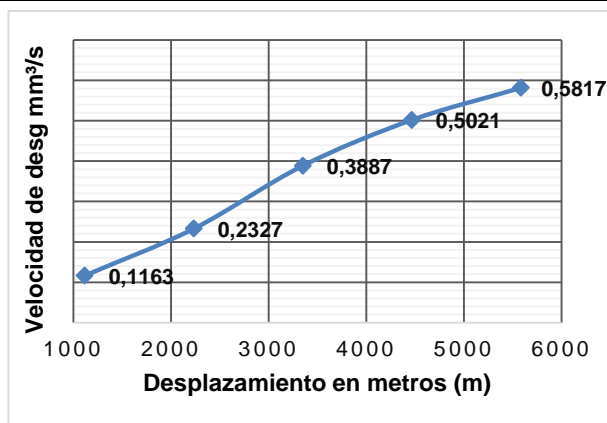
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.6</b>	139.5821gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,1426	0,4395	55,8407	0,3934	0,0018	0,1163
2234	138,7031	0,8790	111,6857	0,7869	0,0035	0,2327
3351	138,1137	1,4684	186,5777	1,3146	0,0059	0,3887
4468	137,6852	1,8969	241,0250	1,6982	0,0076	0,5021
5585	137,3847	2,1974	279,2080	1,9672	0,0089	0,5817

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.6**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.7	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

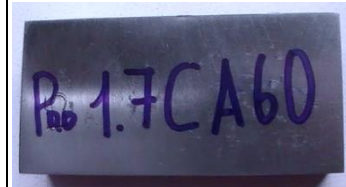
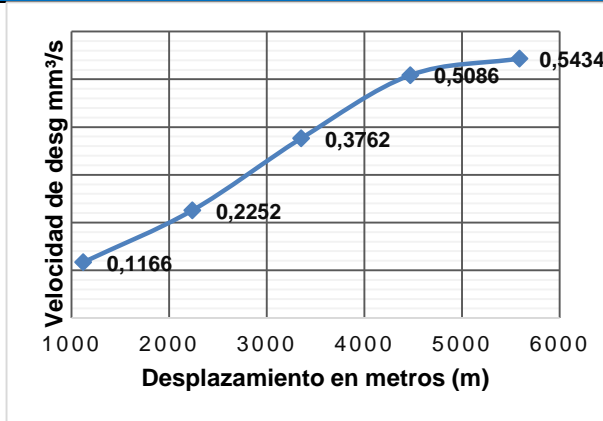
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.7</b>	138.2329gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,7925	0,4404	55,9551	0,3942	0,0018	0,1166
2234	137,3821	0,8508	108,1025	0,7617	0,0034	0,2252
3351	136,8116	1,4213	180,5930	1,2724	0,0057	0,3762
4468	136,3114	1,9215	244,1508	1,7202	0,0077	0,5086
5585	136,1801	2,0528	260,8344	1,8377	0,0083	0,5434

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.7**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.8	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

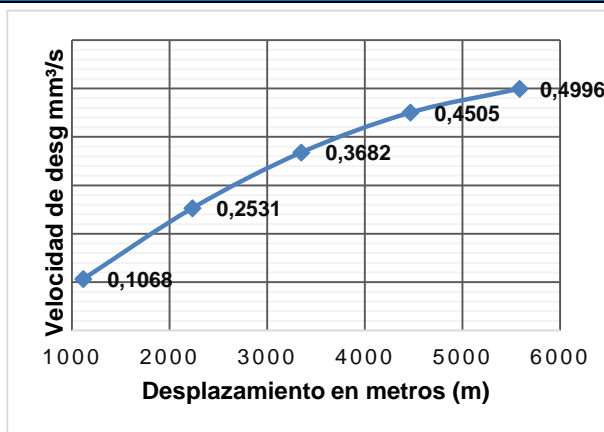
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.8</b>	136.8122gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	136,4087	0,4035	51,2664	0,3612	0,0016	0,1068
2234	135,8562	0,9560	121,4697	0,8558	0,0039	0,2531
3351	135,4211	1,3911	176,7556	1,2454	0,0056	0,3682
4468	135,1103	1,7019	216,2474	1,5236	0,0069	0,4505
5585	134,9248	1,8874	239,8179	1,6897	0,0076	0,4996

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.8**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 1117 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2	Cantidad de agua		0.940kg	Fuerza Aplicada		222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70	Cantidad de arena		1.50kg	RPM		250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg	Ancho de la rueda		12.3mm-1/2plg	Motoreductor		1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 1 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento L (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	137,0852	136,6806	0,4046	51,4062	1117	0,3622	0,0016	0,1071
1,2	139,9227	139,5084	0,4143	52,6472	1117	0,3709	0,0017	0,1097
1,3	139,9718	139,5464	0,4254	54,0576	1117	0,3809	0,0017	0,1126
1,4	139,1361	138,7148	0,4213	53,5282	1117	0,3771	0,0017	0,1115
1,5	141,5545	141,1304	0,4241	53,8882	1117	0,3797	0,0017	0,1123
1,6	139,5821	139,1426	0,4395	55,8407	1117	0,3934	0,0018	0,1163
1,7	138,2329	137,7925	0,4404	55,9551	1117	0,3942	0,0018	0,1166
1,8	136,8122	136,4087	0,4035	51,2664	1117	0,3612	0,0016	0,1068
Σ	1112,2974	1108,9244	3,3730	428,5896	8936	3,0197	0,0136	0,8929
Promedio	139,0372	138,6156	0,4216	53,5737	1117	0,3775	0,0017	0,1116
Promedio del volumen en mm³ : 53.57 Deviación estándar S : 3.14 mm³ Coeficiente de variación V: 5.8%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 2234 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 2 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	137,0852	136,1958	0,8894	113,0072	2234	0,7962	0,0036	0,2354
1,2	139,9227	139,0541	0,8686	110,3727	2234	0,7776	0,0035	0,2299
1,3	139,9718	139,0981	0,8737	111,0208	2234	0,7822	0,0035	0,2313
1,4	139,1361	138,2936	0,8425	107,0479	2234	0,7542	0,0034	0,2230
1,5	141,5545	140,7235	0,8310	105,5909	2234	0,7440	0,0034	0,2200
1,6	139,5821	138,7031	0,8790	111,6857	2234	0,7869	0,0035	0,2327
1,7	138,2329	137,3821	0,8508	108,1025	2234	0,7617	0,0034	0,2252
1,8	136,8122	135,8562	0,9560	121,4697	2234	0,4279	0,0019	0,2531
Σ	1112,2974	1105,3065	6,9909	888,2973	17872	5,8307	0,0263	1,8506
Promedio	139,0372	138,1633	0,8739	111,0372	2234	0,7288	0,0033	0,2313
Promedio del volumen en mm³ : 111.0372 Desviación estándar S : 4.89mm³ Coeficiente de variación V: 4.4%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 3351 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 3 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	137,0852	135,5687	1,5165	192,6895	3351	1,3576	0,0061	0,4014
1,2	139,9227	138,4091	1,5136	192,3295	3351	1,3551	0,0061	0,4007
1,3	139,9718	138,5155	1,4563	185,0487	3351	1,3038	0,0059	0,3855
1,4	139,1361	137,6021	1,5340	194,9132	3351	1,3733	0,0062	0,4061
1,5	141,5545	140,1052	1,4493	184,1550	3351	1,2975	0,0058	0,3837
1,6	139,5821	138,1137	1,4684	186,5777	3351	1,3146	0,0059	0,3887
1,7	138,2329	136,8116	1,4213	180,5930	3351	1,2724	0,0057	0,3762
1,8	136,8122	135,4211	1,3911	176,7556	3351	1,2454	0,0056	0,3682
Σ	1112,2974	1100,5470	11,7504	1493,0623	26808	10,5196	0,0474	3,1105
Promedio	139,0372	137,5684	1,4688	186,6328	3351	1,3150	0,0059	0,3888
Promedio del volumen en mm³ : 186.63 Desviación estándar S : 6.32mm³ Coeficiente de variación V: 3.39%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 4468 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 4 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	137,0852	135,1033	1,9819	251,8255	4468	1,7743	0,0080	0,5246
1,2	139,9227	137,9367	1,9860	252,3549	4468	1,7780	0,0080	0,5257
1,3	139,9718	138,0123	1,9595	248,9877	4468	1,7543	0,0079	0,5187
1,4	139,1361	137,1501	1,9860	252,3465	4468	1,7779	0,0080	0,5257
1,5	141,5545	139,5581	1,9964	253,6722	4468	1,7873	0,0081	0,5285
1,6	139,5821	137,6852	1,8969	241,0250	4468	1,6982	0,0076	0,5021
1,7	138,2329	136,3114	1,9215	244,1508	4468	1,7202	0,0077	0,5086
1,8	136,8122	135,1103	1,7019	216,2474	4468	1,5236	0,0069	0,4505
Σ	1112,2974	1096,8674	15,4300	1960,6099	35744	13,8138	0,0622	4,0846
Promedio	139,0372	137,1084	1,9287	245,0762	4468	1,7267	0,0078	0,5106
Promedio del volumen en mm³ : 245.07 Deviación estándar S : 12.47mm³ Coeficiente de variación V: 5.08%			Observaciones:					





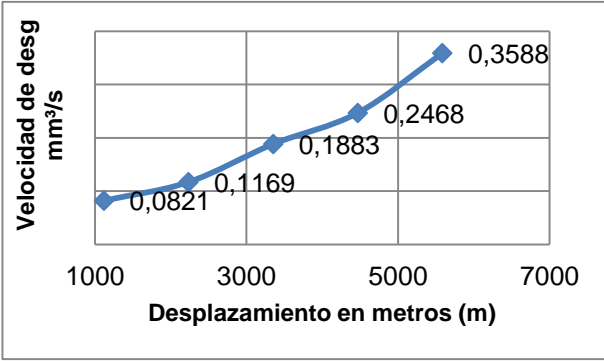

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 5585 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 5 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	137,0852	134,8984	2,1868	277,8611	5585	1,9577	0,0088	0,5789
1,2	139,9227	137,7081	2,2146	281,4019	5585	1,9827	0,0089	0,5863
1,3	139,9718	137,8093	2,1625	274,7819	5585	1,9360	0,0087	0,5725
1,4	139,1361	136,9852	2,1509	273,2994	5585	1,9256	0,0087	0,5694
1,5	141,5545	139,3554	2,1991	279,4282	5585	1,9688	0,0089	0,5821
1,6	139,5821	137,3847	2,1974	279,2080	5585	1,9672	0,0089	0,5817
1,7	138,2329	136,1801	2,0528	260,8344	5585	1,8377	0,0083	0,5434
1,8	136,8122	134,9248	1,8874	239,8179	5585	1,6897	0,0076	0,4996
Σ	1112,2974	1095,2460	17,0514	2166,6328	44680	15,2654	0,0688	4,5138
Promedio	139,0372	136,9058	2,1314	270,8291	5585	1,9082	0,0086	0,5642
Promedio del volumen en mm³ : 270.829 Desviación estándar S : 14.08mm³ Coeficiente de variación V: 5.20%				Observaciones:				

4.2.6.2 Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C ensayo realizado el disco shore A60

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 						
DATOS INFORMATIVOS:						
Probeta	2.1	Autorizado por	Ing. H. Vaca. Mg.	Realizado por	Egdo. Guerrero S.	
Lugar de estudio y análisis	Laboratorio de Materiales – FICM			Fecha	10/11/2014	
Tipo de estudio	De laboratorio	Aprobado por			Ing. H. Vaca. Mg.	
Normas aplicadas	G105-89					
DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO						
Características de la probeta			Características de la máquina			
Acero AISI 1045	Tratamiento térmico temple a 840°C		Velocidad del disco	240 a 250 rpm		
Medio de enfriamiento	Agua a 15.7°C		Dureza del disco	A60±20		
Temperatura ambiente	19.7°C		Fuerza aplicada en la probeta y disco	222N		
Ancho	25.4±0.8mm		Tamaño de grano de arena sílica	230/270µm		
Largo	57.2±0.8mm		Cantidad de arena	1.5kg		
Espesor	12mm		Cantidad de agua	0.940kg		
Peso inicial de la probeta 2.1	140.6659gr					
RESULTADOS						
Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	140,3556	0,3103	39,4282	0,2778	0,0013	0,0821
2234	140,2243	0,4416	56,1118	0,3953	0,0018	0,1169
3351	139,9545	0,7114	90,3939	0,6369	0,0029	0,1883
4468	139,7336	0,9322	118,4536	0,8346	0,0038	0,2468
5585	139,3104	1,3555	172,2363	1,2135	0,0055	0,3588
VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s						PROBETA 2.1
						
Elaborado por :	Egdo. Guerrero Santiago			Verificado por :	Ing. H. Vaca. Mg.	
Revisado por :	Ing. H. Vaca. Mg.			Validado por :	Ing. H. Vaca. Mg.	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.2	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

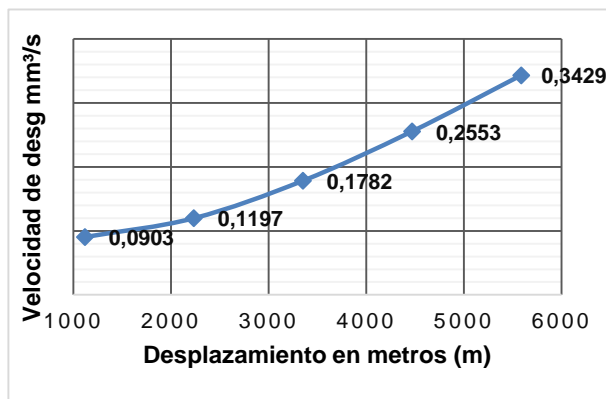
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.2</b>	138.1991gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,858	0,3411	43,3418	0,3054	0,0014	0,0903
2234	137,7469	0,4522	57,4587	0,4048	0,0018	0,1197
3351	137,5258	0,6733	85,5527	0,6028	0,0027	0,1782
4468	137,2347	0,9644	122,5413	0,8634	0,0039	0,2553
5585	136,9036	1,2955	164,6125	1,1598	0,0052	0,3429

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.2**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.3	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

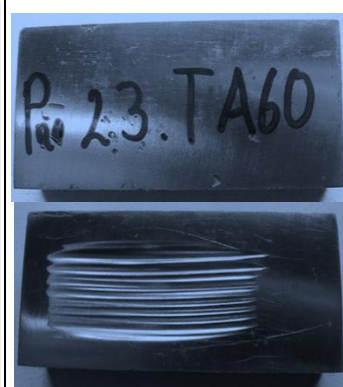
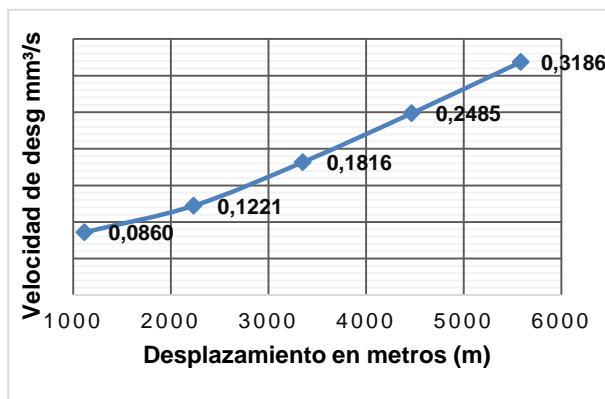
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.3</b>	139.8051gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,4804	0,3247	41,2579	0,2907	0,0013	0,0860
2234	139,3437	0,4614	58,6277	0,4131	0,0019	0,1221
3351	139,1191	0,6860	87,1665	0,6141	0,0028	0,1816
4468	138,8663	0,9388	119,2884	0,8405	0,0038	0,2485
5585	138,6016	1,2035	152,9225	1,0774	0,0049	0,3186

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.3**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.4	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

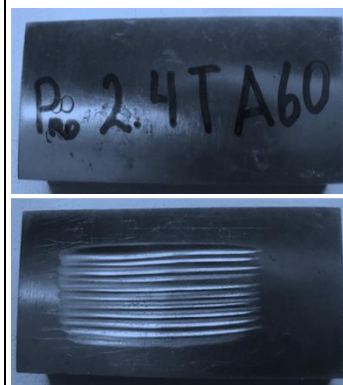
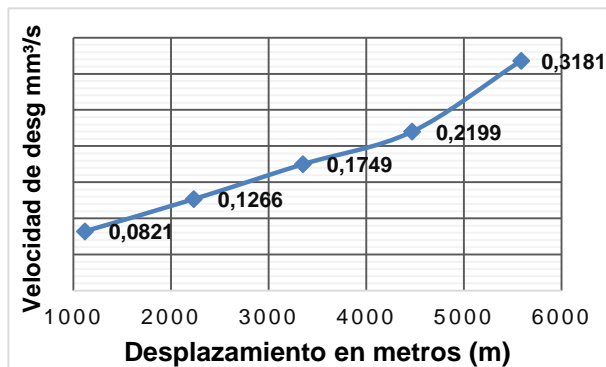
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.4</b>	137.7373gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,4271	0,3102	39,4155	0,2777	0,0013	0,0821
2234	137,2589	0,4784	60,7878	0,4283	0,0019	0,1266
3351	137,0767	0,6606	83,9390	0,5914	0,0027	0,1749
4468	136,9065	0,8308	105,5654	0,7438	0,0034	0,2199
5585	136,5357	1,2016	152,6811	1,0757	0,0048	0,3181

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.4**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.5	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

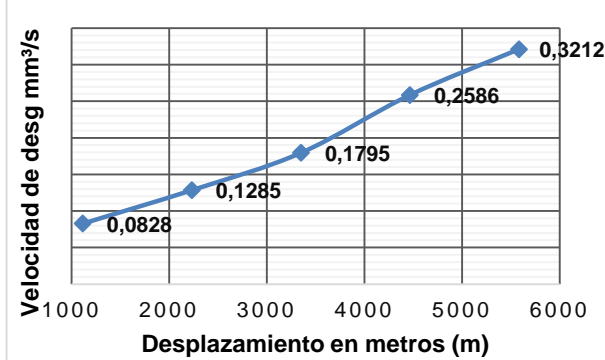
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.5</b>	140.4004gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	140,0878	0,3126	39,7247	0,2799	0,0013	0,0828
2234	139,9152	0,4852	61,6561	0,4344	0,0020	0,1285
3351	139,7225	0,6779	86,1415	0,6069	0,0027	0,1795
4468	139,4235	0,9769	124,1338	0,8746	0,0039	0,2586
5585	139,1872	1,2132	154,1593	1,0862	0,0049	0,3212

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.5**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.6	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM		<b>Fecha</b>	10/11/2014	
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

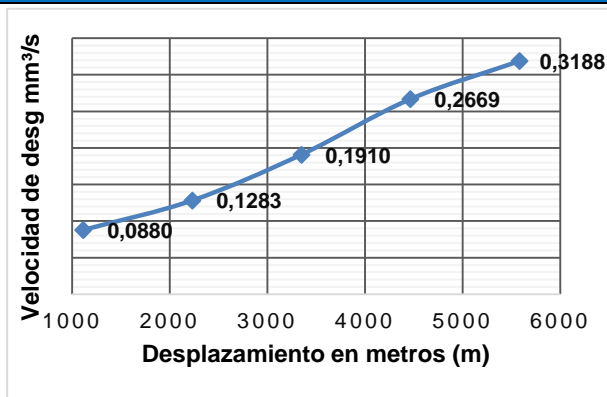
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.6</b>	138.1937gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,8613	0,3324	42,2406	0,2976	0,0013	0,0880
2234	137,7089	0,4848	61,6053	0,4340	0,0020	0,1283
3351	137,4724	0,7213	91,6561	0,6458	0,0029	0,1910
4468	137,1854	1,0083	128,1237	0,9027	0,0041	0,2669
5585	136,9895	1,2042	153,0157	1,0781	0,0049	0,3188

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.6**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.7	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM		<b>Fecha</b>	10/11/2014	
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

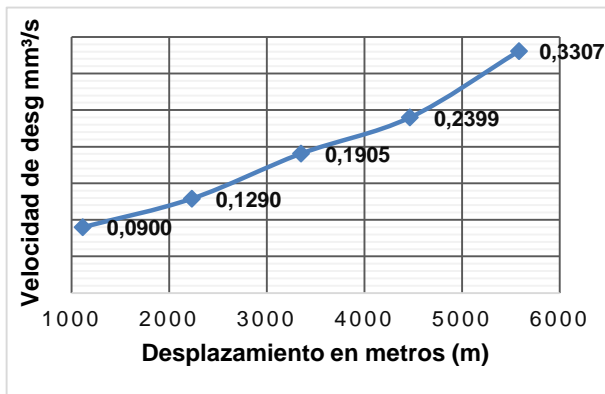
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.7</b>	138.7296gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	138,3898	0,3398	43,1809	0,3042	0,0014	0,0900
2234	138,2423	0,4873	61,9229	0,4363	0,0020	0,1290
3351	138,0101	0,7195	91,4274	0,6442	0,0029	0,1905
4468	137,8233	0,9063	115,1631	0,8114	0,0037	0,2399
5585	137,4804	1,2492	158,7336	1,1184	0,0050	0,3307

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.7**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.8	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

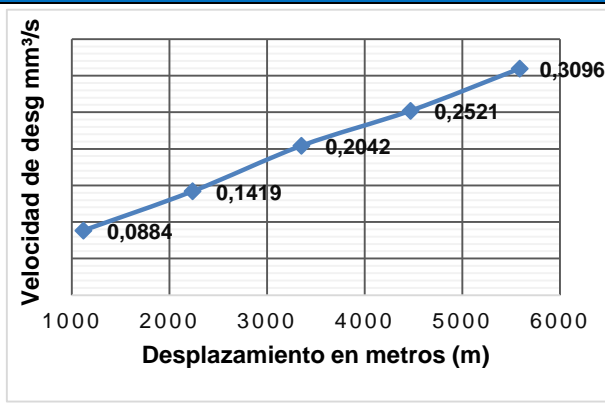
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.8</b>	139.9741gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,6403	0,3338	42,4100	0,2988	0,0013	0,0884
2234	139,4382	0,5359	68,0898	0,4797	0,0022	0,1419
3351	139,2028	0,7713	98,0008	0,6905	0,0031	0,2042
4468	139,0219	0,9522	120,9869	0,8524	0,0038	0,2521
5585	138,8046	1,1695	148,5981	1,0470	0,0047	0,3096

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.8**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 1117 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2		Cantidad de agua	0.940kg	Fuerza Aplicada	222N	
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg	RPM	250±5	
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg	Motoreductor	1 hp	
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 1 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	140,6659	140,3556	0,3103	39,4282	1117	0,2778	0,0013	0,0821
2,2	138,1991	137,858	0,3411	43,3418	1117	0,3054	0,0014	0,0903
2,3	139,8051	139,4804	0,3247	41,2579	1117	0,2907	0,0013	0,0860
2,4	137,7373	137,4271	0,3102	39,4155	1117	0,2777	0,0013	0,0821
2,5	140,4004	140,0878	0,3126	39,7247	1117	0,2799	0,0013	0,0828
2,6	138,1937	137,8613	0,3324	42,2406	1117	0,2976	0,0013	0,0880
2,7	138,7296	138,3898	0,3398	43,1809	1117	0,3042	0,0014	0,0900
2,8	139,9741	139,6403	0,3338	42,4100	1117	0,2988	0,0013	0,0884
Σ	1113,7053	1111,1003	2,6050	330,9996	8936	2,3321	0,0105	0,6896
Promedio	139,2132	138,8875	0,3256	41,3749	1117	0,2915	0,0013	0,0862
Promedio del volumen en mm³ : 41.374 Deviación estándar S : 1.66 mm³ Coeficiente de variación V: 4.01%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 2234 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 2 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	140,6659	139,8543	0,8116	103,1258	2234	0,7266	0,0033	0,2148
2,2	138,1991	137,3769	0,8222	104,4727	2234	0,7361	0,0033	0,2177
2,3	139,8051	138,9737	0,8314	105,6417	2234	0,7443	0,0034	0,2201
2,4	137,7373	136,8689	0,8684	110,3431	2234	0,7774	0,0035	0,2299
2,5	140,4004	139,5152	0,8852	112,4820	2234	0,7925	0,0036	0,2343
2,6	138,1937	137,3089	0,8848	112,4312	2234	0,7922	0,0036	0,2342
2,7	138,7296	137,8523	0,8773	111,4782	2234	0,7854	0,0035	0,2322
2,8	139,9741	139,0382	0,9359	118,9157	2234	0,8378	0,0038	0,2477
Σ	1113,7053	1106,7884	6,9169	878,8903	17872	6,1924	0,0279	1,8310
Promedio	139,2132	138,3486	0,8646	109,8613	2234	0,7740	0,0035	0,2289
Promedio del volumen en mm³ : 109.8613 Desviación estándar S : 5.21mm³ Coeficiente de variación V: 4.74%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 3351 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 3 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	140,6659	139,3045	1,3614	172,9860	3351	1,2188	0,0055	0,3604
2,2	138,1991	136,8758	1,3233	168,1449	3351	1,1847	0,0053	0,3503
2,3	139,8051	138,4691	1,3360	169,7586	3351	1,1961	0,0054	0,3537
2,4	137,7373	136,4267	1,3106	166,5311	3351	1,1733	0,0053	0,3469
2,5	140,4004	139,0725	1,3279	168,7336	3351	1,1888	0,0054	0,3515
2,6	138,1937	136,8224	1,3713	174,2482	3351	1,2277	0,0055	0,3630
2,7	138,7296	137,3601	1,3695	174,0195	3351	1,2261	0,0055	0,3625
2,8	139,9741	138,4528	1,5213	193,2994	3351	1,3619	0,0061	0,4027
Σ	1113,7053	1102,7839	10,9214	1387,7213	26808	9,7774	0,0440	2,8911
Promedio	139,2132	137,8480	1,3652	173,4652	3351	1,2222	0,0055	0,3614
Promedio del volumen en mm³ : 173.465 Deviación estándar S : 8.5mm³ Coeficiente de variación V: 4.9%				Observaciones:				





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 4468 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min	
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2		Cantidad de agua		0.940kg	Fuerza Aplicada	222N	
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena		1.50kg	RPM	250±5	
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda		12.3mm-1/2plg	Motoreductor	1 hp	
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 4 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	L	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	140,6659	138,83367	1,8322	232,8119	4468		1,6403	0,0074	0,4850
2,2	138,1991	136,3347	1,8644	236,8996	4468		1,6691	0,0075	0,4935
2,3	139,8051	138,1163	1,6888	214,5870	4468		1,5119	0,0068	0,4471
2,4	137,7373	136,0065	1,7308	219,9238	4468		1,5495	0,0070	0,4582
2,5	140,4004	138,5235	1,8769	238,4922	4468		1,6803	0,0076	0,4969
2,6	138,1937	136,2854	1,9083	242,4820	4468		1,7084	0,0077	0,5052
2,7	138,7296	136,9233	1,8063	229,5214	4468		1,6171	0,0073	0,4782
2,8	139,9741	138,1219	1,8522	235,3452	4468		1,6582	0,0075	0,4903
Σ	1113,7053	1099,1453	14,5600	1850,0631	35744		13,0349	0,0587	3,8543
Promedio	139,2132	137,3932	1,8200	231,2579	4468		1,6294	0,0073	0,4818
Promedio del volumen en mm³ : 231.25 Deviación estándar S : 9.55mm³ Coeficiente de variación V: 4.13%			Observaciones:						





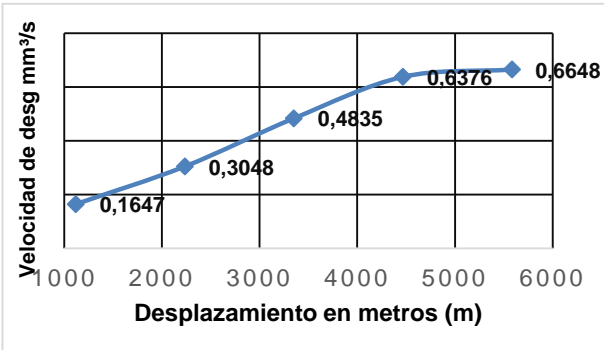

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 5585 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 5 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	140,6659	138,5104	2,1555	273,8882	5585	1,9297	0,0087	0,5706
2,2	138,1991	136,2036	1,9955	253,5578	5585	1,7865	0,0080	0,5282
2,3	139,8051	137,9016	1,9035	241,8679	5585	1,7041	0,0077	0,5039
2,4	137,7373	135,8357	1,9016	241,6264	5585	1,7024	0,0077	0,5034
2,5	140,4004	138,4872	1,9132	243,1046	5585	1,7128	0,0077	0,5065
2,6	138,1937	136,2895	1,9042	241,9610	5585	1,7048	0,0077	0,5041
2,7	138,7296	136,7804	1,9492	247,6789	5585	1,7451	0,0079	0,5160
2,8	139,9741	138,1046	1,8695	237,5434	5585	1,6736	0,0075	0,4949
Σ	1113,7053	1098,1130	15,5923	1981,2283	44680	13,9591	0,0629	4,1276
Promedio	139,2132	137,2641	1,9490	247,6535	5585	1,7449	0,0079	0,5159
Promedio del volumen en mm³ □ : 247.65 Deviación estándar S : 11.63mm³ Coeficiente de variación V: 4.69%				Observaciones:				

**4.2.6.3 Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C ensayo realizado el disco shore A60**

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> </div>  </div>						
DATOS INFORMATIVOS:						
<b>Probeta</b>	3.1	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.	
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014	
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89					
DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO						
Características de la probeta				Características de la máquina		
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C			<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm	
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C			<b>Dureza del disco</b>	A60±20	
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C			<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N	
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm			<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm	
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm			<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg	
<b>Espesor</b>	12mm			<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg	
<b>Peso inicial de la probeta 3.1</b>	138.0388gr					
RESULTADOS						
Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,4167	0,6221	79,0512	0,5570	0,0025	0,1647
2234	136,8876	1,1512	146,2812	1,0306	0,0046	0,3048
3351	136,2124	1,8264	232,0754	1,6351	0,0074	0,4835
4468	135,6303	2,4085	306,0398	2,1563	0,0097	0,6376
5585	135,5276	2,5112	319,0894	2,2482	0,0101	0,6648
VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s				PROBETA 3.1		
						
<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago			<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.			<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.2	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

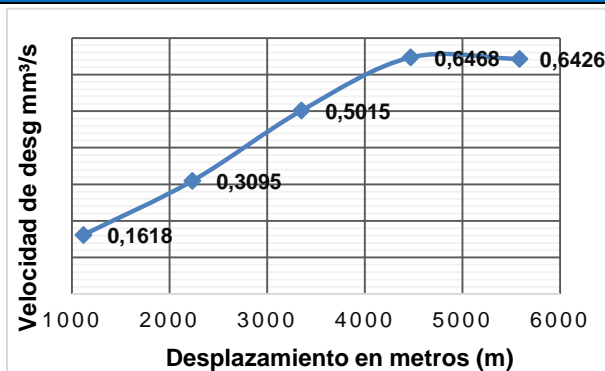
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.2</b>	138.4702gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,8591	0,6111	77,6535	0,5471	0,0025	0,1618
2234	137,3012	1,1690	148,5430	1,0466	0,0047	0,3095
3351	136,5758	1,8944	240,7158	1,6960	0,0076	0,5015
4468	136,0268	2,4434	310,4744	2,1875	0,0099	0,6468
5585	136,0426	2,4276	308,4668	2,1734	0,0098	0,6426

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.2**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.3	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

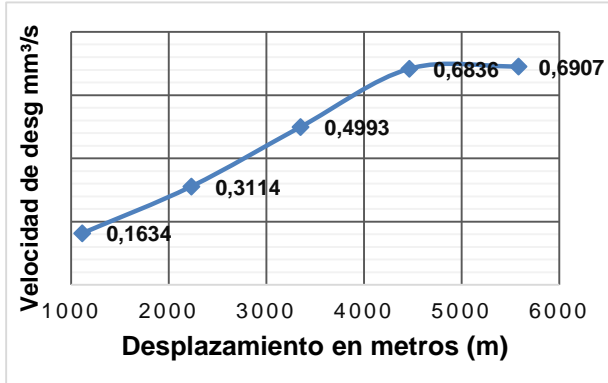
**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.3</b>	138.4879gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,8706	0,6173	78,4371	0,5526	0,0025	0,1634
2234	137,3115	1,1764	149,4790	1,0532	0,0047	0,3114
3351	136,6016	1,8863	239,6823	1,6887	0,0076	0,4993
4468	135,9057	2,5822	328,1067	2,3117	0,0104	0,6836
5585	135,8789	2,6090	331,5121	2,3357	0,0105	0,6907

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s** **PROBETA 3.3**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.4	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

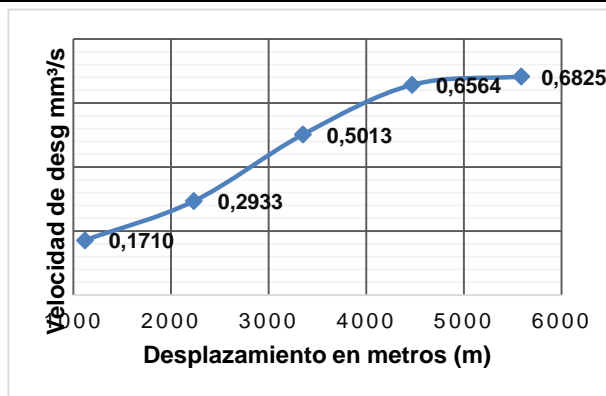
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.4</b>	139.6802gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,0343	0,6459	82,0712	0,5782	0,0026	0,1710
2234	138,5723	1,1079	140,7751	0,9919	0,0045	0,2933
3351	137,7865	1,8937	240,6226	1,6953	0,0076	0,5013
4468	137,2007	2,4795	315,0572	2,2198	0,0100	0,6564
5585	137,1018	2,5784	327,6239	2,3083	0,0104	0,6825

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.4**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.5	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

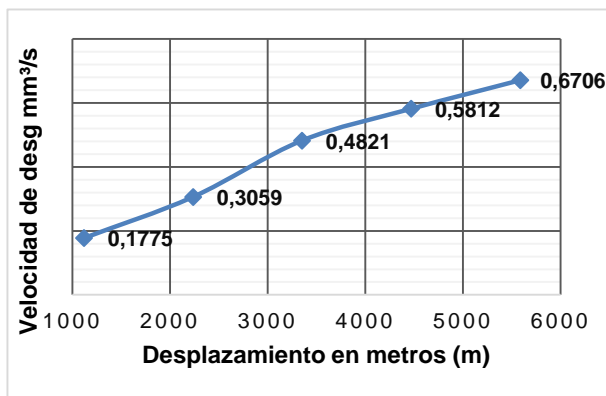
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.5</b>	137.5095gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	136,8391	0,6704	85,1800	0,6001	0,0027	0,1775
2234	136,354	1,1555	146,8191	1,0344	0,0047	0,3059
3351	135,6884	1,8211	231,3935	1,6303	0,0073	0,4821
4468	135,3138	2,1957	278,9920	1,9657	0,0089	0,5812
5585	134,9763	2,5332	321,8763	2,2678	0,0102	0,6706

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.5**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.6	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

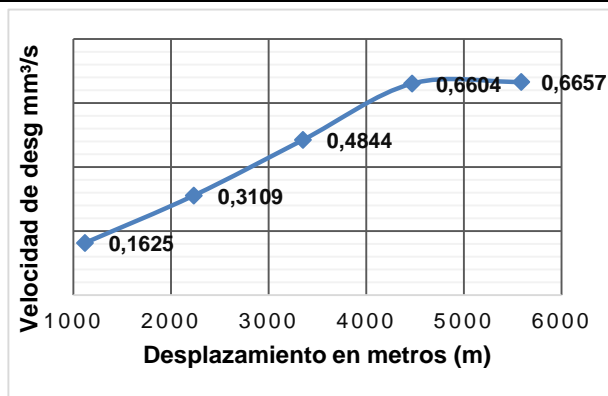
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.6</b>	139.6310gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,0172	0,6138	77,9924	0,5495	0,0025	0,1625
2234	138,4567	1,1743	149,2122	1,0513	0,0047	0,3109
3351	137,8012	1,8298	232,5032	1,6381	0,0074	0,4844
4468	137,1364	2,4946	316,9759	2,2333	0,0101	0,6604
5585	137,1162	2,5148	319,5426	2,2514	0,0101	0,6657

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.6**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.7	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

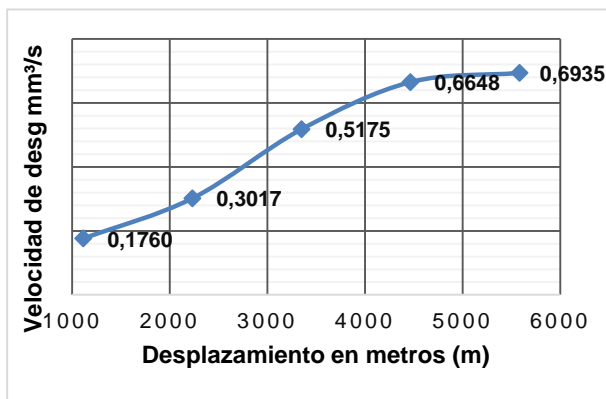
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.7</b>	139.4558gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	138,7908	0,6650	84,4939	0,5953	0,0027	0,1760
2234	138,3159	1,1399	144,8369	1,0205	0,0046	0,3017
3351	137,5009	1,9549	248,3947	1,7501	0,0079	0,5175
4468	136,9445	2,5113	319,0936	2,2482	0,0101	0,6648
5585	136,8361	2,6197	332,8674	2,3453	0,0106	0,6935

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.7**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.8	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

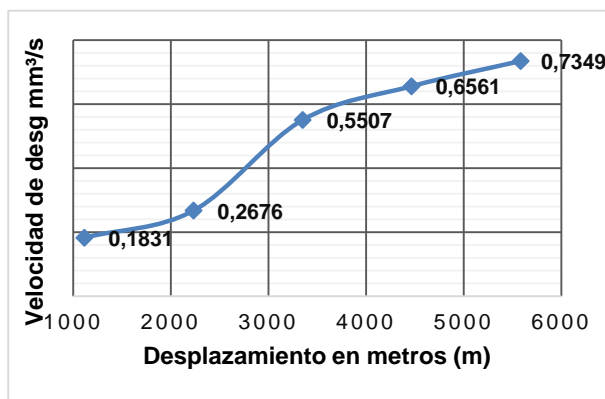
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A60±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.8</b>	141.5123gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	140,8208	0,6918	87,9034	0,6193	0,0028	0,1831
2234	140,5018	1,0108	128,4371	0,9049	0,0041	0,2676
3351	139,4322	2,0804	264,3456	1,8625	0,0084	0,5507
4468	139,034	2,4786	314,9428	2,2190	0,0100	0,6561
5585	138,7366	2,7760	352,7319	2,4852	0,0112	0,7349

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.8**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 1117 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2pgl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 1 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Desplazamiento L (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)
3,1	138,0388	137,4167	0,6221	79,0512	1117	0,5570	0,0025	0,1647
3,2	138,4702	137,8591	0,6111	77,6535	1117	0,5471	0,0025	0,1618
3,3	138,4879	137,8706	0,6173	78,4371	1117	0,5526	0,0025	0,1634
3,4	139,6802	139,0343	0,6459	82,0712	1117	0,5782	0,0026	0,1710
3,5	137,5095	136,8391	0,6704	85,1800	1117	0,6001	0,0027	0,1775
3,6	139,6310	139,0172	0,6138	77,9924	1117	0,5495	0,0025	0,1625
3,7	139,4558	138,7908	0,6650	84,4939	1117	0,5953	0,0027	0,1760
3,8	141,5126	140,8208	0,6918	87,9034	1117	0,6193	0,0028	0,1831
Σ	1112,7860	1107,6486	5,1374	652,7827	8936	4,5993	0,0207	1,3600
Promedio	139,0983	138,4561	0,6422	81,5978	1117	0,5749	0,0026	0,1700
Promedio del volumen en mm <sup>3</sup> : 81.597 Deviación estándar S : 3.89 mm <sup>3</sup> Coeficiente de variación V: 4.77%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO BORMALIZADO A 2234 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 2 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	138,0388	136,8876	1,1512	146,2812	2234	1,0306	0,0046	0,3048
3,2	138,4702	137,3012	1,1690	148,5430	2234	1,0466	0,0047	0,3095
3,3	138,4879	137,3115	1,1764	149,4790	2234	1,0532	0,0047	0,3114
3,4	139,6802	138,5723	1,1079	140,7751	2234	0,9919	0,0045	0,2933
3,5	137,5095	136,354	1,1555	146,8191	2234	1,0344	0,0047	0,3059
3,6	139,6310	138,4567	1,1743	149,2122	2234	1,0513	0,0047	0,3109
3,7	139,4558	138,3159	1,1399	144,8369	2234	1,0205	0,0046	0,3017
3,8	141,5126	140,5018	1,0108	128,4371	2234	0,9049	0,0041	0,2676
Σ	1112,7860	1103,7010	9,0850	1154,3837	17872	8,1334	0,0366	2,4050
Promedio	139,0983	137,9626	1,1356	144,2980	2234	1,0167	0,0046	0,3006
Promedio del volumen en mm³ : 144.298 Desviación estándar S : 7.008mm³ Coeficiente de variación V: 4.85%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 3351 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min	
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N	
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5	
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp	
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 3 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	L	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	138,0388	136,2124	1,8264	232,0754	3351		1,6351	0,0074	0,4835
3,2	138,4702	136,5758	1,8944	240,7158	3351		1,6960	0,0076	0,5015
3,3	138,4879	136,6016	1,8863	239,6823	3351		1,6887	0,0076	0,4993
3,4	139,6802	137,7865	1,8937	240,6226	3351		1,6953	0,0076	0,5013
3,5	137,5095	135,6884	1,8211	231,3935	3351		1,6303	0,0073	0,4821
3,6	139,6310	137,8012	1,8298	232,5032	3351		1,6381	0,0074	0,4844
3,7	139,4558	137,5009	1,9549	248,3947	3351		1,7501	0,0079	0,5175
3,8	141,5126	139,4322	2,0804	264,3456	3351		1,8625	0,0084	0,5507
Σ	1112,7860	1097,5990	15,1870	1929,7332	26808		13,5962	0,0612	4,0203
Promedio	139,0983	137,1999	1,8984	241,2166	3351		1,6995	0,0077	0,5025
Promedio del volumen en mm³ : 241.21 Desviación estándar S : 10.98mm³ Coeficiente de variación V: 4.55%			Observaciones:						



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 4468 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 4 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	138,0388	135,6303	2,4085	306,0398	4468	2,1563	0,0097	0,6376
3,2	138,4702	136,0268	2,4434	310,4744	4468	2,1875	0,0099	0,6468
3,3	138,4879	135,9057	2,5822	328,1067	4468	2,3117	0,0104	0,6836
3,4	139,6802	137,2007	2,4795	315,0572	4468	2,2198	0,0100	0,6564
3,5	137,5095	135,3138	2,1957	278,9920	4468	1,9657	0,0089	0,5812
3,6	139,6310	137,1364	2,4946	316,9759	4468	2,2333	0,0101	0,6604
3,7	139,4558	136,9445	2,5113	319,0936	4468	2,2482	0,0101	0,6648
3,8	141,5126	139,034	2,4786	314,9428	4468	2,2190	0,0100	0,6561
Σ	1112,7860	1093,1922	19,5938	2489,6823	35744	17,5415	0,0790	5,1868
Promedio	139,0983	136,6490	2,4492	311,2103	4468	2,1927	0,0099	0,6484
Promedio del volumen en mm³ : 311.21 Deviación estándar S : 14.51mm³ Coeficiente de variación V: 4.66%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



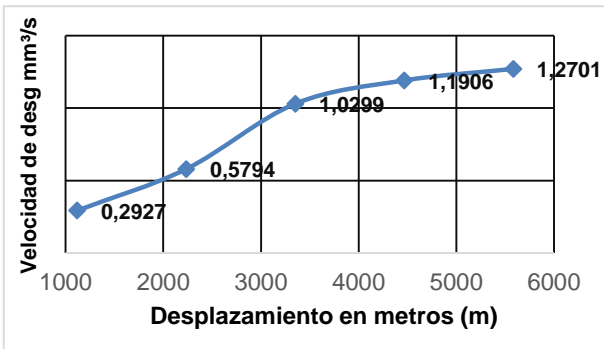

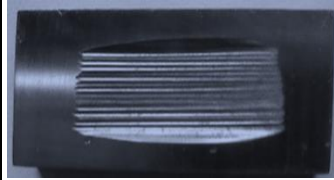


**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 5585 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A50±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 5 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	138,0388	135,5276	2,5112	319,0894	5585	2,2482	0,0101	0,6648
3,2	138,4702	136,0426	2,4276	308,4668	5585	2,1734	0,0098	0,6426
3,3	138,4879	135,8789	2,6090	331,5121	5585	2,3357	0,0105	0,6907
3,4	139,6802	137,1018	2,5784	327,6239	5585	2,3083	0,0104	0,6825
3,5	137,5095	134,9763	2,5332	321,8763	5585	2,2678	0,0102	0,6706
3,6	139,6310	137,1162	2,5148	319,5426	5585	2,2514	0,0101	0,6657
3,7	139,4558	136,8361	2,6197	332,8674	5585	2,3453	0,0106	0,6935
3,8	141,5126	138,7366	2,7760	352,7319	5585	2,4852	0,0112	0,7349
Σ	1112,7860	1092,2161	20,5699	2613,7103	44680	18,4153	0,0830	5,4452
Promedio	139,0983	136,5270	2,5712	326,7138	5585	2,3019	0,0104	0,6807
Promedio del volumen en mm³ : 326.713 Deviación estándar S : 13.11m³ Coeficiente de variación V: 4.01%			Observaciones:					

#### 4.2.7 Análisis del Desgaste Abrasivo

##### 4.2.7.1 Acero AISI 1045 comercial ensayo con el disco Shore A70

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 						
DATOS INFORMATIVOS:						
<b>Probeta</b>	1.1	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.	
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014	
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89					
DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO						
Características de la probeta			Características de la máquina			
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial		<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm		
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----		<b>Dureza del disco</b>	A70±20		
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C		<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N		
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm		<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm		
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm		<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg		
<b>Espesor</b>	12mm		<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg		
<b>Peso inicial de la probeta 1.1</b>	134.6193gr					
RESULTADOS						
Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)
1117	133,5135	1,1058	140,5083	0,9900	0,0045	0,2927
2234	132,4307	2,1886	278,0940	1,9594	0,0088	0,5794
3351	130,7289	3,8904	494,3329	3,4829	0,0157	1,0299
4468	130,1218	4,4975	571,4727	4,0264	0,0181	1,1906
5585	129,8213	4,7980	609,6569	4,2954	0,0193	1,2701
VELOCIDAD DE DESGASTE mm <sup>3</sup> /s					PROBETA 1.1	
					 	
<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago			<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.			<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.2	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

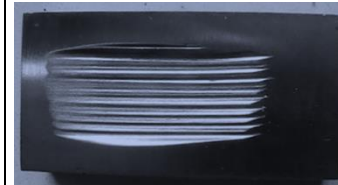
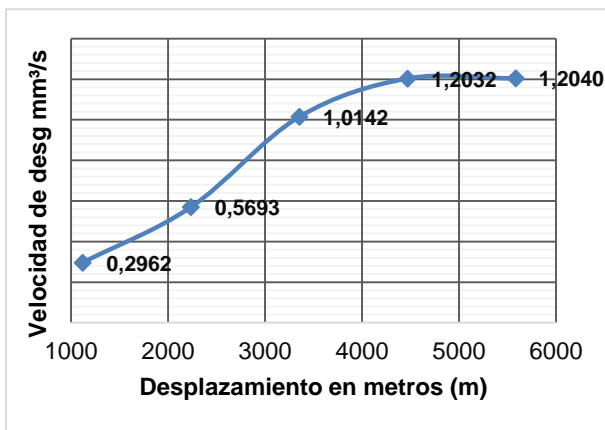
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.2</b>	142.0820gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	140,9632	1,1188	142,1601	1,0016	0,0045	0,2962
2234	139,9314	2,1506	273,2656	1,9253	0,0087	0,5693
3351	138,2506	3,8314	486,8361	3,4301	0,0155	1,0142
4468	137,5368	4,5452	577,5349	4,0691	0,0183	1,2032
5585	137,5338	4,5482	577,9161	4,0718	0,0183	1,2040

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.2**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.3	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**2DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

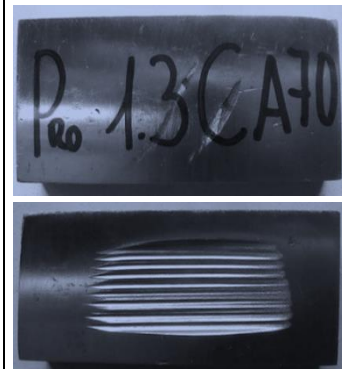
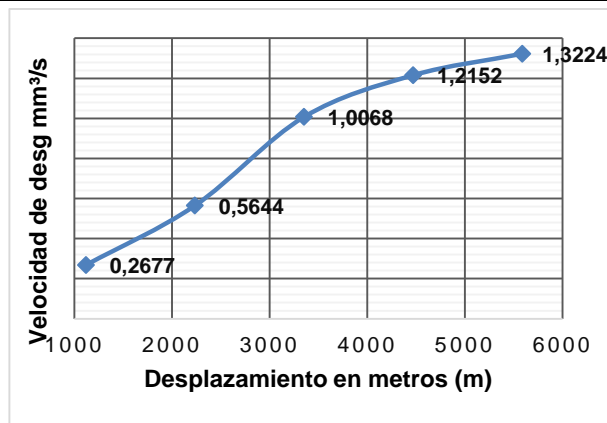
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.3</b>	140.41468gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,4035	1,0111	128,4752	0,9052	0,0041	0,2677
2234	138,2824	2,1322	270,9276	1,9089	0,0086	0,5644
3351	136,6113	3,8033	483,2656	3,4049	0,0153	1,0068
4468	135,8242	4,5904	583,2783	4,1096	0,0185	1,2152
5585	135,4191	4,9955	634,7522	4,4722	0,0201	1,3224

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.3**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.4	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

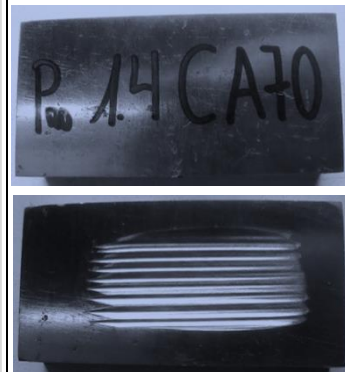
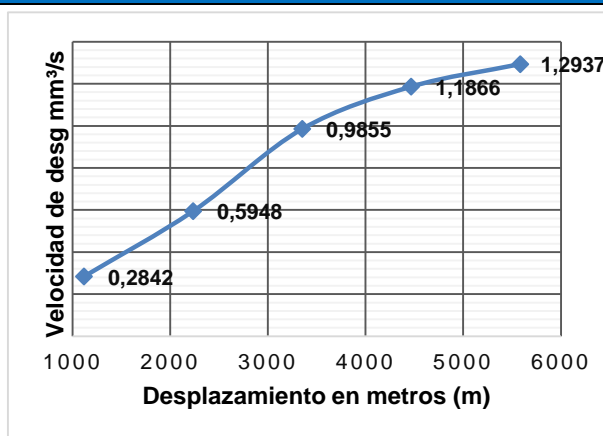
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.4</b>	138.6926gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,6192	1,0734	136,3956	0,9610	0,0043	0,2842
2234	136,4457	2,2469	285,5061	2,0116	0,0091	0,5948
3351	134,9698	3,7228	473,0411	3,3329	0,0150	0,9855
4468	134,2101	4,4825	569,5722	4,0130	0,0181	1,1866
5585	133,8055	4,8871	620,9826	4,3752	0,0197	1,2937

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.4**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.5	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

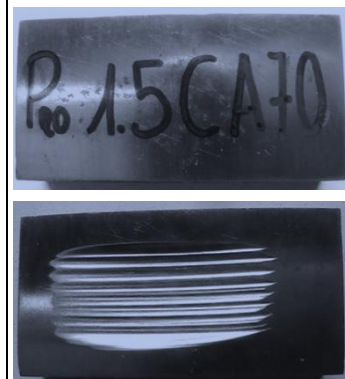
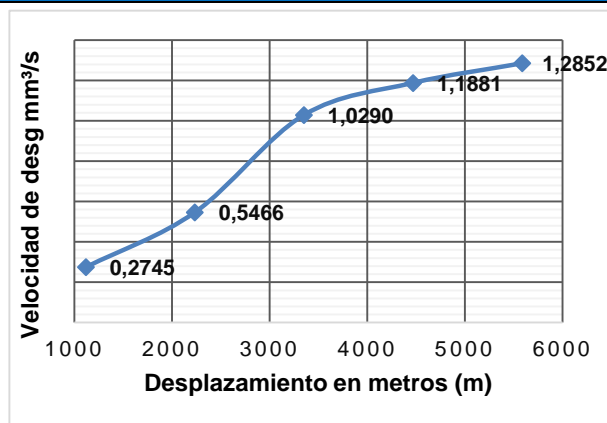
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.5</b>	140.0828gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,0458	1,0370	131,7662	0,9284	0,0042	0,2745
2234	138,0181	2,0647	262,3507	1,8484	0,0083	0,5466
3351	136,1958	3,8870	493,9009	3,4799	0,0157	1,0290
4468	135,5948	4,4880	570,2668	4,0179	0,0181	1,1881
5585	135,2278	4,8550	616,8996	4,3465	0,0196	1,2852

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.5**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.6	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

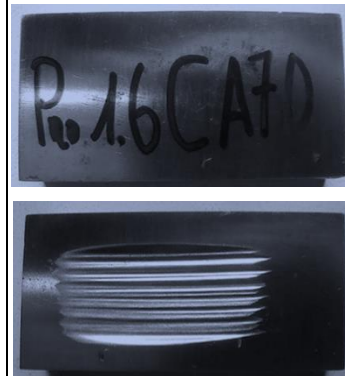
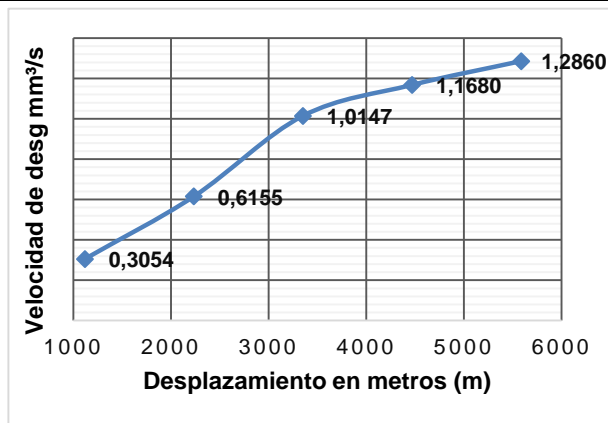
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.6</b>	136.8633gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	135,7097	1,1536	146,5777	1,0327	0,0047	0,3054
2234	134,5383	2,3250	295,4214	2,0814	0,0094	0,6155
3351	133,0302	3,8331	487,0479	3,4316	0,0155	1,0147
4468	132,4509	4,4124	560,6565	3,9502	0,0178	1,1680
5585	132,0054	4,8579	617,2639	4,3490	0,0196	1,2860

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.6**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.7	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

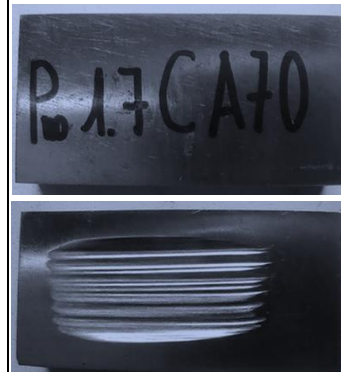
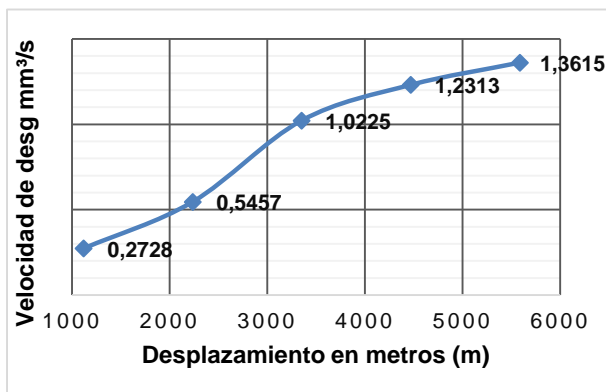
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.7</b>	136.4077gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	135,3770	1,0307	130,9615	0,9227	0,0042	0,2728
2234	134,3464	2,0613	261,9144	1,8454	0,0083	0,5457
3351	132,5452	3,8625	490,7836	3,4579	0,0156	1,0225
4468	131,7563	4,6514	591,0250	4,1642	0,0188	1,2313
5585	131,2643	5,1434	653,5409	4,6046	0,0207	1,3615

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.7**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	1.8	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

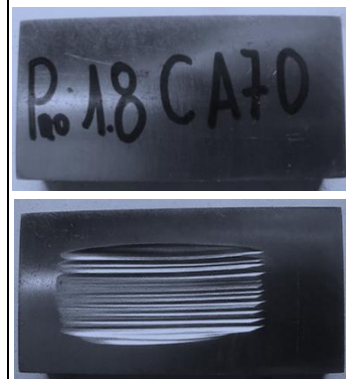
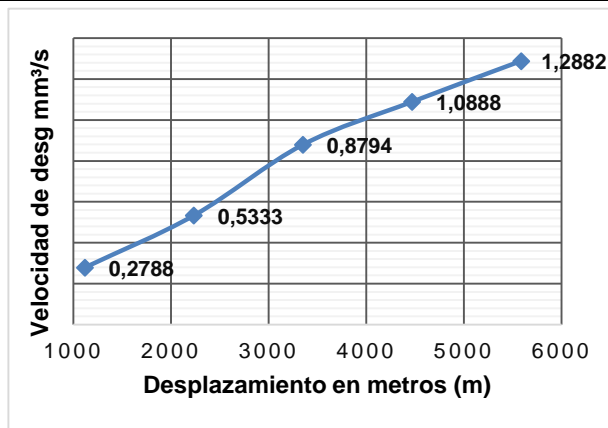
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Comercial	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	-----	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 1.8</b>	140.3201gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,2669	1,0532	133,8289	0,9429	0,0042	0,2788
2234	138,3056	2,0145	255,9763	1,8035	0,0081	0,5333
3351	136,9983	3,3218	422,0881	2,9739	0,0134	0,8794
4468	136,2072	4,1129	522,6091	3,6821	0,0166	1,0888
5585	135,454	4,8661	618,3143	4,3564	0,0196	1,2882

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 1.8**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 1117 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89						Tiempo de exposición	8 min	
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2	Cantidad de agua		0.940kg	Fuerza Aplicada		222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70	Cantidad de arena		1.50kg	RPM		250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg	Ancho de la rueda		12.3mm-1/2plg	Motoreductor		1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 1 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento L (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	134,6193	133,5135	1,1058	140,5083	1117	0,9900	0,0045	0,2927
1,2	142,0820	140,9632	1,1188	142,1601	1117	1,0016	0,0045	0,2962
1,3	140,4146	139,4035	1,0111	128,4752	1117	0,9052	0,0041	0,2677
1,4	138,6926	137,6192	1,0734	136,3956	1117	0,9610	0,0043	0,2842
1,5	140,0828	139,0458	1,0370	131,7662	1117	0,9284	0,0042	0,2745
1,6	136,8633	135,7097	1,1536	146,5777	1117	1,0327	0,0047	0,3054
1,7	136,4077	135,3770	1,0307	130,9615	1117	0,9227	0,0042	0,2728
1,8	140,3201	139,2669	1,0532	133,8289	1117	0,9429	0,0042	0,2788
Σ	1109,4824	1100,8988	8,5836	1090,6734	8936	7,6845	0,0346	2,2722
Promedio	138,6853	137,6124	1,0730	136,3342	1117	0,9606	0,0043	0,2840
Promedio del volumen en mm³ $\bar{X}$ : 136.3342 Desviación estándar S : 6.26 mm³ Coeficiente de variación V: 4.58%			Observaciones:					





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 2234 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 2 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	134,6193	132,4307	2,1886	278,0940	2234	1,9594	0,0088	0,5794
1,2	142,0820	139,9314	2,1506	273,2656	2234	1,9253	0,0087	0,5693
1,3	140,4146	138,2824	2,1322	270,9276	2234	1,9089	0,0086	0,5644
1,4	138,6926	136,4457	2,2469	285,5061	2234	2,0116	0,0091	0,5948
1,5	140,0828	138,0181	2,0647	262,3507	2234	1,8484	0,0083	0,5466
1,6	136,8633	134,5383	2,3250	295,4214	2234	2,0814	0,0094	0,6155
1,7	136,4077	134,3464	2,0613	261,9144	2234	1,8454	0,0083	0,5457
1,8	140,3201	138,3056	2,0145	255,9763	2234	1,8035	0,0081	0,5333
Σ	1109,4824	1092,2986	17,1838	2183,4562	17872	15,3839	0,0693	4,5489
Promedio	138,6853	136,5373	2,1480	272,9320	2234	1,9230	0,0087	0,5686
Promedio del volumen en mm³ : 272.932 Desviación estándar S : 13.17mm³ Coeficiente de variación V: 4.82%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 3351 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 3 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	134,6193	130,7289	3,8904	494,3329	3351	3,4829	0,0157	1,0299
1,2	142,0820	138,2506	3,8314	486,8361	3351	3,4301	0,0155	1,0142
1,3	140,4146	136,6113	3,8033	483,2656	3351	3,4049	0,0153	1,0068
1,4	138,6926	134,9698	3,7228	473,0411	3351	3,3329	0,0150	0,9855
1,5	140,0828	136,1958	3,8870	493,9009	3351	3,4799	0,0157	1,0290
1,6	136,8633	133,0302	3,8331	487,0479	3351	3,4316	0,0155	1,0147
1,7	136,4077	132,5452	3,8625	490,7836	3351	3,4579	0,0156	1,0225
1,8	140,3201	136,9983	3,3218	422,0881	3351	2,9739	0,0134	0,8794
Σ	1109,4824	1079,3301	30,1523	3831,2961	26808	26,9940	0,1216	7,9819
Promedio	138,6853	134,9163	3,7690	478,9120	3351	3,3743	0,0152	0,9977
Promedio del volumen en mm³ : 478.91 Deviación estándar S : 23.94mm³ Coeficiente de variación V: 5%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 4468 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 4 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	134,6193	130,12181	4,4975	571,4727	4468	4,0264	0,0181	1,1906
1,2	142,0820	137,5368	4,5452	577,5349	4468	4,0691	0,0183	1,2032
1,3	140,4146	135,8242	4,5904	583,2783	4468	4,1096	0,0185	1,2152
1,4	138,6926	134,2101	4,4825	569,5722	4468	4,0130	0,0181	1,1866
1,5	140,0828	135,5948	4,4880	570,2668	4468	4,0179	0,0181	1,1881
1,6	136,8633	132,4509	4,4124	560,6565	4468	3,9502	0,0178	1,1680
1,7	136,4077	131,7563	4,6514	591,0250	4468	4,1642	0,0188	1,2313
1,8	140,3201	136,2072	4,1129	522,6091	4468	3,6821	0,0166	1,0888
Σ	1109,4824	1073,7021	35,7803	4546,4155	35744	32,0325	0,1443	9,4717
Promedio	138,6853	134,2128	4,4725	568,3019	4468	4,0041	0,0180	1,1840
Promedio del volumen en mm³ : 568.30 Deviación estándar S : 20.65mm³ Coeficiente de variación V: 3.63%			Observaciones:					




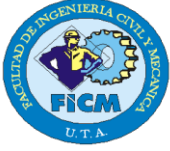
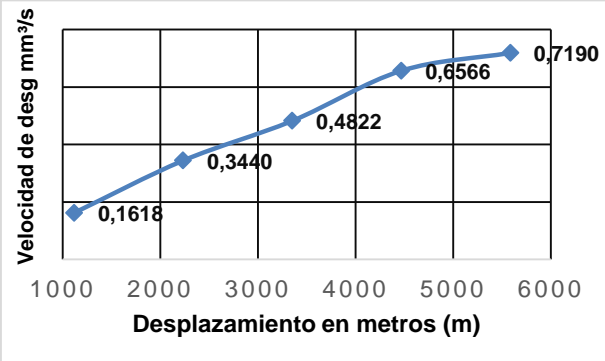

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 COMERCIAL A 5585 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua		0.940kg	Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena		1.50kg	RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda		12.3mm-1/2ppl	Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 5 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1,1	134,6193	129,8213	4,7980	609,6569	5585	4,2954	0,0193	1,2701
1,2	142,0820	137,5338	4,5482	577,9161	5585	4,0718	0,0183	1,2040
1,3	140,4146	135,4191	4,9955	634,7522	5585	4,4722	0,0201	1,3224
1,4	138,6926	133,8055	4,8871	620,9826	5585	4,3752	0,0197	1,2937
1,5	140,0828	135,2278	4,8550	616,8996	5585	4,3465	0,0196	1,2852
1,6	136,8633	132,0054	4,8579	617,2639	5585	4,3490	0,0196	1,2860
1,7	136,4077	131,2643	5,1434	653,5409	5585	4,6046	0,0207	1,3615
1,8	140,3201	135,454	4,8661	618,3143	5585	4,3564	0,0196	1,2882
Σ	1109,4824	1070,5312	38,9512	4949,3266	44680	34,8713	0,1571	10,3111
Promedio	138,6853	133,8164	4,8689	618,6658	5585	4,3589	0,0196	1,2889
Promedio del volumen en mm³ : 618.66 Deviación estándar S : 21.47mm³ Coeficiente de variación V: 3.47%				Observaciones:				

4.2.7.2 Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C ensayo realizado el disco shore A70

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 						
DATOS INFORMATIVOS:						
Probeta	2.1	Autorizado por	Ing. H. Vaca. Mg.	Realizado por	Egdo. Guerrero S.	
Lugar de estudio y análisis	Laboratorio de Materiales – FICM			Fecha	10/11/2014	
Tipo de estudio	De laboratorio	Aprobado por			Ing. H. Vaca. Mg.	
Normas aplicadas	G105-89					
DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO						
Características de la probeta				Características de la máquina		
Acero AISI 1045	Tratamiento térmico temple a 840°C			Velocidad del disco	240 a 250 rpm	
Medio de enfriamiento	Agua a 15.7°C			Dureza del disco	A70±20	
Temperatura ambiente	19.7°C			Fuerza aplicada en la probeta y disco	222N	
Ancho	25.4±0.8mm			Tamaño de grano de arena sílica	230/270µm	
Largo	57.2±0.8mm			Cantidad de arena	1.5kg	
Espesor	12mm			Cantidad de agua	0.940kg	
Peso inicial de la probeta 2.1	138.2056gr					
RESULTADOS						
Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,5943	0,6113	77,6789	0,5473	0,0025	0,1618
2234	136,9063	1,2993	165,0995	1,1632	0,0052	0,3440
3351	136,3842	1,8214	231,4401	1,6306	0,0073	0,4822
4468	135,7253	2,4803	315,1631	2,2205	0,0100	0,6566
5585	135,4897	2,7159	345,0995	2,4315	0,0110	0,7190
VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s						PROBETA 2.1
						
Elaborado por :	Egdo. Guerrero Santiago			Verificado por :	Ing. H. Vaca. Mg.	
Revisado por :	Ing. H. Vaca. Mg.			Validado por :	Ing. H. Vaca. Mg.	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.2	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

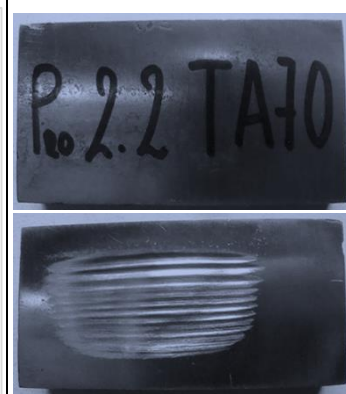
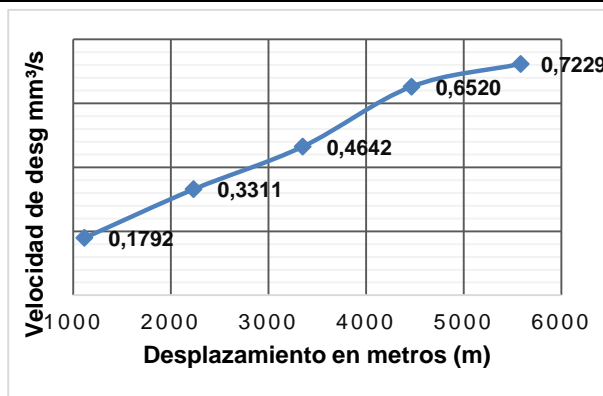
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.2</b>	137.0472gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	136,3704	0,6768	85,9975	0,6059	0,0027	0,1792
2234	135,7966	1,2506	158,9072	1,1196	0,0050	0,3311
3351	135,2936	1,7536	222,8208	1,5699	0,0071	0,4642
4468	134,5841	2,4631	312,9733	2,2051	0,0099	0,6520
5585	134,3162	2,7310	347,0140	2,4449	0,0110	0,7229

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.2**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.3	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

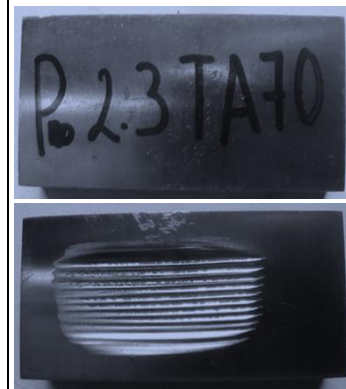
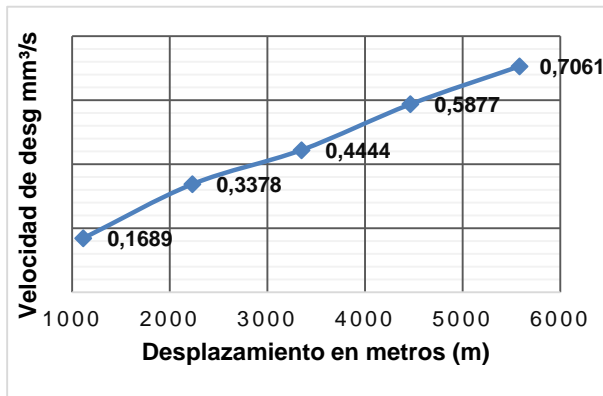
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.3</b>	135.3783gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	134,7402	0,6381	81,0843	0,5713	0,0026	0,1689
2234	134,1021	1,2762	162,1643	1,1426	0,0051	0,3378
3351	133,6995	1,6788	213,3206	1,5030	0,0068	0,4444
4468	133,1583	2,2200	282,0881	1,9875	0,0090	0,5877
5585	132,7109	2,6674	338,9369	2,3880	0,0108	0,7061

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.3**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.4	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

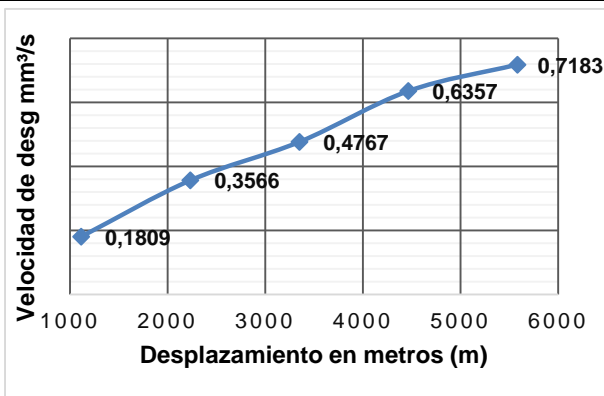
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.4</b>	138.8263gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	138,1428	0,6835	86,8530	0,6119	0,0028	0,1809
2234	137,4793	1,3470	171,1605	1,2059	0,0054	0,3566
3351	137,0257	1,8006	228,7971	1,6120	0,0073	0,4767
4468	136,4251	2,4012	305,1122	2,1497	0,0097	0,6357
5585	136,1127	2,7136	344,8073	2,4294	0,0109	0,7183

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.4**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.5	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

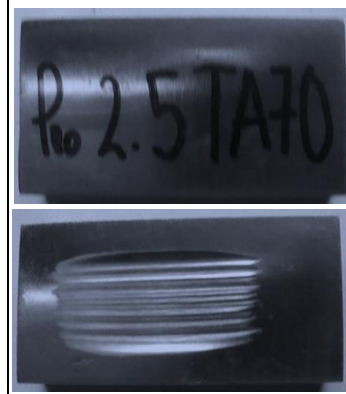
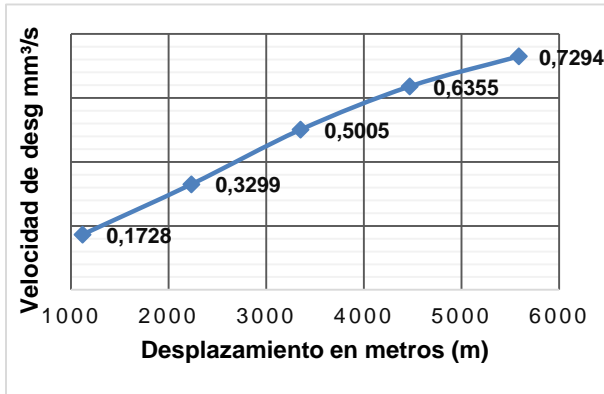
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.5</b>	140.3765gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	139,7238	0,6527	82,9352	0,5843	0,0026	0,1728
2234	139,1301	1,2464	158,3736	1,1158	0,0050	0,3299
3351	138,486	1,8905	240,2160	1,6925	0,0076	0,5005
4468	137,976	2,4005	305,0191	2,1491	0,0097	0,6355
5585	137,6213	2,7552	350,0889	2,4666	0,0111	0,7294

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.5**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.6	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

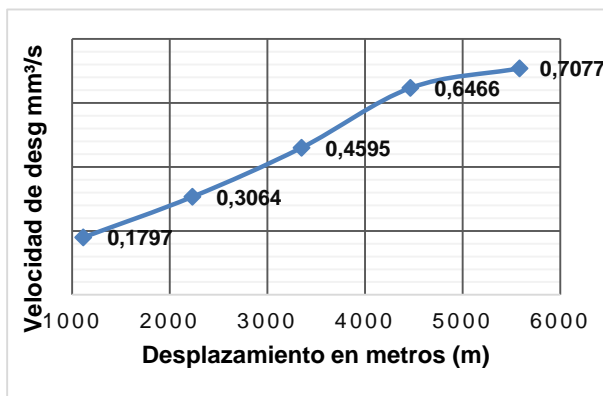
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.6</b>	138.1248gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,4461	0,6787	86,2346	0,6076	0,0027	0,1797
2234	136,9674	1,1574	147,0606	1,0361	0,0047	0,3064
3351	136,3888	1,7360	220,5803	1,5541	0,0070	0,4595
4468	135,6823	2,4425	310,3515	2,1866	0,0098	0,6466
5585	135,4514	2,6734	339,6908	2,3933	0,0108	0,7077

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.6**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.7	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

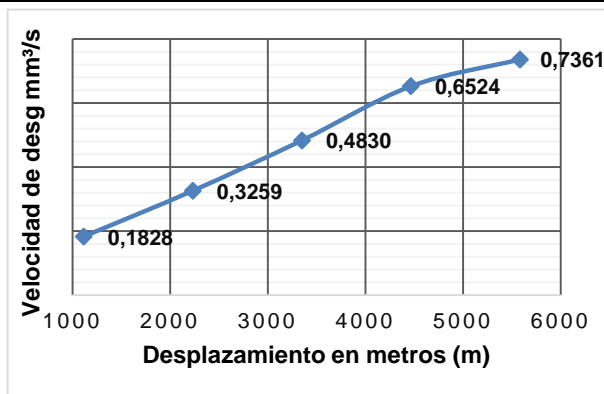
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.7</b>	140.8031gr		

**RESULTADOS**

Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	140,1125	0,6906	87,7510	0,6183	0,0028	0,1828
2234	139,5719	1,2312	156,4422	1,1022	0,0050	0,3259
3351	138,9786	1,8245	231,8297	1,6334	0,0074	0,4830
4468	138,3387	2,4644	313,1385	2,2063	0,0099	0,6524
5585	138,0223	2,7808	353,3418	2,4895	0,0112	0,7361

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.7**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	2.8	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

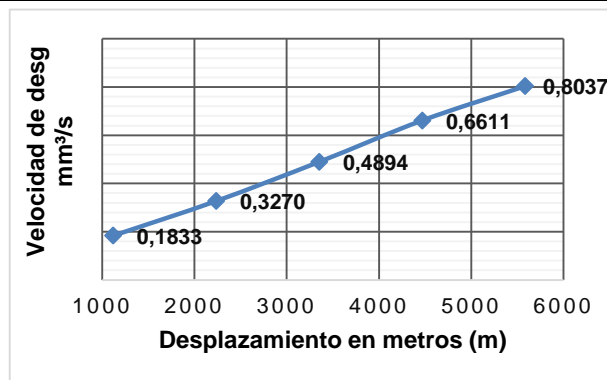
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico temple a 840°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Agua 15.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 2.8</b>	136.8447gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	136,1521	0,6926	88,0051	0,6201	0,0028	0,1833
2234	135,6095	1,2352	156,9504	1,1058	0,0050	0,3270
3351	134,9958	1,8489	234,9301	1,6552	0,0075	0,4894
4468	134,3472	2,4975	317,3443	2,2359	0,0101	0,6611
5585	133,8087	3,0360	385,7687	2,7180	0,0122	0,8037

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 2.8**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 1117 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 1 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento L (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	138,2056	137,5943	0,6113	77,6789	1117	0,5473	0,0025	0,1618
2,2	137,0472	136,3704	0,6768	85,9975	1117	0,6059	0,0027	0,1792
2,3	135,3783	134,7402	0,6381	81,0843	1117	0,5713	0,0026	0,1689
2,4	138,8263	138,1428	0,6835	86,8530	1117	0,6119	0,0028	0,1809
2,5	140,3765	139,7238	0,6527	82,9352	1117	0,5843	0,0026	0,1728
2,6	138,1248	137,4461	0,6787	86,2346	1117	0,6076	0,0027	0,1797
2,7	140,8031	140,1125	0,6906	87,7510	1117	0,6183	0,0028	0,1828
2,8	136,8447	136,1521	0,6926	88,0051	1117	0,6201	0,0028	0,1833
Σ	1105,6066	1100,2822	5,3244	676,5396	8936	4,7667	0,0215	1,4095
Promedio	138,2008	137,5353	0,6655	84,5675	1117	0,5958	0,0027	0,1762
Promedio del volumen en mm³ : 84.56 Desviación estándar S : 3.66mm³ Coeficiente de variación V: 4.33%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 2234 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 2 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	138,2056	136,9063	1,2993	165,0995	2234	1,1632	0,0052	0,3440
2,2	137,0472	135,7966	1,2506	158,9072	2234	1,1196	0,0050	0,3311
2,3	135,3783	134,1021	1,2762	162,1643	2234	1,1426	0,0051	0,3378
2,4	138,8263	137,4793	1,3470	171,1605	2234	1,2059	0,0054	0,3566
2,5	140,3765	139,1301	1,2464	158,3736	2234	1,1158	0,0050	0,3299
2,6	138,1248	136,9674	1,1574	147,0606	2234	1,0361	0,0047	0,3064
2,7	140,8031	139,5719	1,2312	156,4422	2234	1,1022	0,0050	0,3259
2,8	136,8447	135,6095	1,2352	156,9504	2234	1,1058	0,0050	0,3270
Σ	1105,6066	1095,5632	10,0434	1276,1584	17872	8,9914	0,0405	1,3293
Promedio	138,2008	136,9454	1,2554	159,5198	2234	1,1239	0,0051	0,1662
Promedio del volumen en mm³ : 159.51 Desviación estándar S : 7.03mm³ Coeficiente de variación V: 4.41%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 3351 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 3 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	138,2056	136,3842	1,8214	231,4401	3351	1,6306	0,0073	0,4822
2,2	137,0472	135,2936	1,7536	222,8208	3351	1,5699	0,0071	0,4642
2,3	135,3783	133,6995	1,6788	213,3206	3351	1,5030	0,0068	0,4444
2,4	138,8263	137,0257	1,8006	228,7971	3351	1,6120	0,0073	0,4767
2,5	140,3765	138,486	1,8905	240,2160	3351	1,6925	0,0076	0,5005
2,6	138,1248	136,3888	1,7360	220,5803	3351	1,5541	0,0070	0,4595
2,7	140,8031	138,9786	1,8245	231,8297	3351	1,6334	0,0074	0,4830
2,8	136,8447	134,9958	1,8489	234,9301	3351	1,6552	0,0075	0,4894
Σ	1105,6066	1091,2522	14,3544	1823,9348	26808	12,8508	0,0579	3,7999
Promedio	138,2008	136,4065	1,7943	227,9918	3351	1,6064	0,0072	0,4750
Promedio del volumen en mm³ : 277.9 Desviación estándar S : 8.63mm³ Coeficiente de variación V: 3.78%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 4468 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 4 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	138,2056	135,7253	2,4803	315,1631	4468	2,2205	0,0100	0,6566
2,2	137,0472	134,5841	2,4631	312,9733	4468	2,2051	0,0099	0,6520
2,3	135,3783	133,1583	2,2200	282,0881	4468	1,9875	0,0090	0,5877
2,4	138,8263	136,4251	2,4012	305,1122	4468	2,1497	0,0097	0,6357
2,5	140,3765	137,976	2,4005	305,0191	4468	2,1491	0,0097	0,6355
2,6	138,1248	135,6823	2,4425	310,3515	4468	2,1866	0,0098	0,6466
2,7	140,8031	138,3387	2,4644	313,1385	4468	2,2063	0,0099	0,6524
2,8	136,8447	134,3472	2,4975	317,3443	4468	2,2359	0,0101	0,6611
Σ	1105,6066	1086,2370	19,3696	2461,1902	35744	17,3407	0,0781	5,1275
Promedio	138,2008	135,7796	2,4212	307,6488	4468	2,1676	0,0098	0,6409
Promedio del volumen en mm³: 307.64 Deviación estándar S : 11.23mm³ Coeficiente de variación V: 3.65%				Observaciones:				







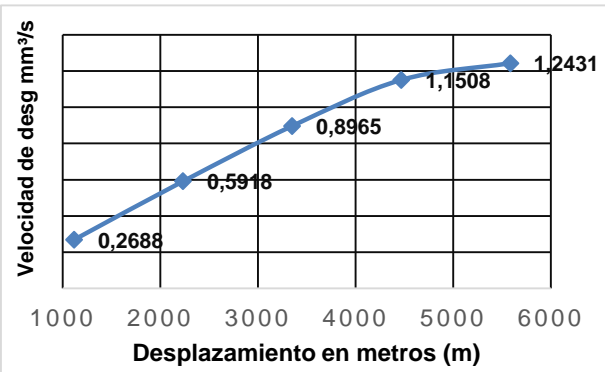

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 5585 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2plg		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 5 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
2,1	138,2056	135,4897	2,7159	345,0995	5585	2,4315	0,0110	0,7190
2,2	137,0472	134,3162	2,7310	347,0140	5585	2,4449	0,0110	0,7229
2,3	135,3783	132,7109	2,6674	338,9369	5585	2,3880	0,0108	0,7061
2,4	138,8263	136,1127	2,7136	344,8073	5585	2,4294	0,0109	0,7183
2,5	140,3765	137,6213	2,7552	350,0889	5585	2,4666	0,0111	0,7294
2,6	138,1248	135,4514	2,6734	339,6908	5585	2,3933	0,0108	0,7077
2,7	140,8031	138,0223	2,7808	353,3418	5585	2,4895	0,0112	0,7361
2,8	136,8447	133,8087	3,0360	385,7687	5585	2,7180	0,0122	0,8037
Σ	1105,6066	1083,5332	22,0734	2804,7480	44680	19,7613	0,0890	5,8432
Promedio	138,2008	135,4417	2,7592	350,5935	5585	2,4702	0,0111	0,7304
Promedio del volumen en mm³ : 350.59 Deviación estándar S : 15m³ Coeficiente de variación V: 4.28%				Observaciones:				

**4.2.7.3 Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C ensayo realizado el disco shore A70**

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> </div>  </div>						
DATOS INFORMATIVOS:						
<b>Probeta</b>	3.1	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.	
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014	
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>			Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89					
DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO						
Características de la probeta				Características de la máquina		
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C			<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm	
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C			<b>Dureza del disco</b>	A70±20	
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C			<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N	
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm			<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm	
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm			<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg	
<b>Espesor</b>	12mm			<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg	
<b>Peso inicial de la probeta 3.1</b>	139.0841gr					
RESULTADOS						
Despl L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	138,0685	1,0156	129,0470	0,9092	0,0041	0,2688
2234	136,8485	2,2356	284,0661	2,0014	0,0090	0,5918
3351	135,6973	3,3868	430,3431	3,0321	0,0137	0,8965
4468	134,737	4,3471	552,3634	3,8918	0,0175	1,1508
5585	134,388	4,6961	596,7090	4,2042	0,0189	1,2431
VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s				PROBETA 3.1		
						
<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago			<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.			<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.2	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

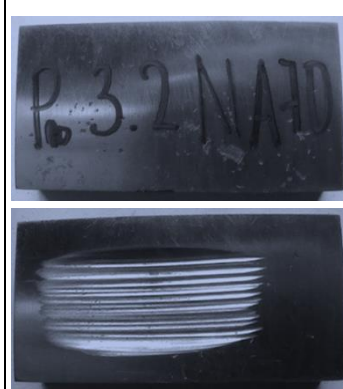
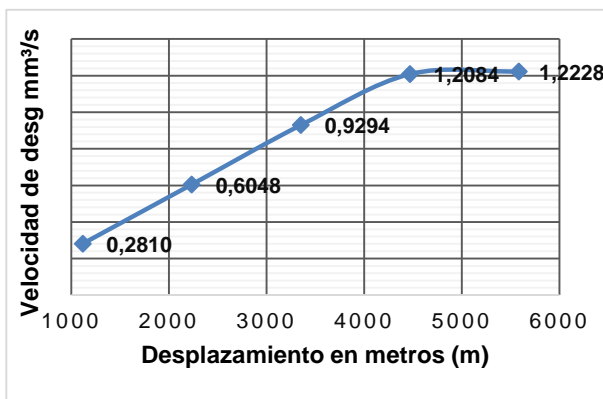
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.2</b>	137.4862gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	136,4245	1,0617	134,9005	0,9505	0,0043	0,2810
2234	135,2014	2,2848	290,3134	2,0454	0,0092	0,6048
3351	133,9752	3,5110	446,1203	3,1432	0,0142	0,9294
4468	132,9215	4,5647	580,0085	4,0865	0,0184	1,2084
5585	132,8668	4,6194	586,9589	4,1355	0,0186	1,2228

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.2**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.

**Observaciones :**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.3	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

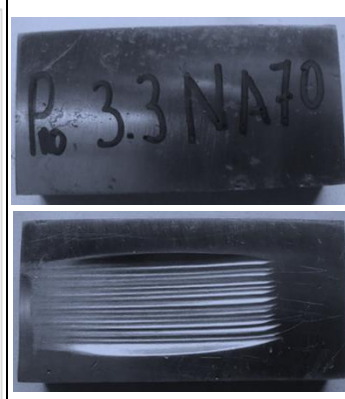
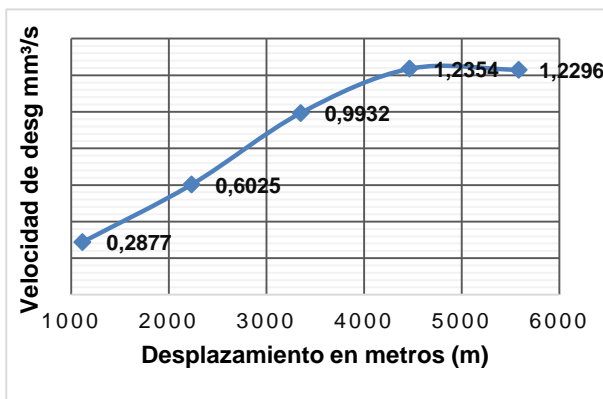
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.3</b>	136.4884gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	135,4014	1,0870	138,1194	0,9731	0,0044	0,2877
2234	134,2123	2,2761	289,2122	2,0377	0,0092	0,6025
3351	132,7364	3,7520	476,7471	3,3590	0,0151	0,9932
4468	131,8214	4,6670	593,0114	4,1782	0,0188	1,2354
5585	131,8434	4,6450	590,2160	4,1585	0,0187	1,2296

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.3**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.4	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

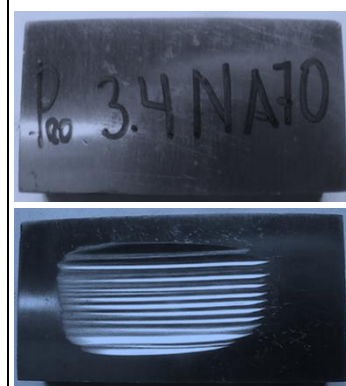
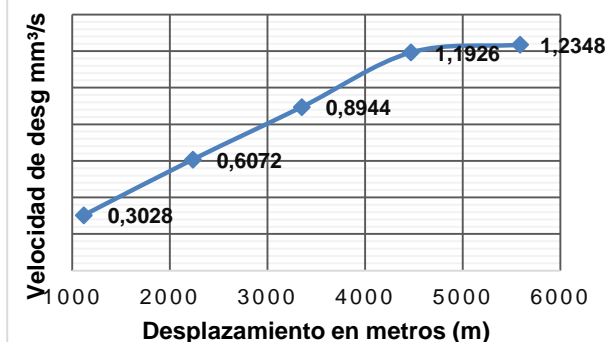
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.4</b>	138.3951gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,2514	1,1437	145,3240	1,0239	0,0046	0,3028
2234	136,1012	2,2939	291,4740	2,0536	0,0093	0,6072
3351	135,0164	3,3787	429,3139	3,0248	0,0136	0,8944
4468	133,8901	4,5050	572,4269	4,0331	0,0182	1,1926
5585	133,7306	4,6645	592,6938	4,1759	0,0188	1,2348

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.4**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.5	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

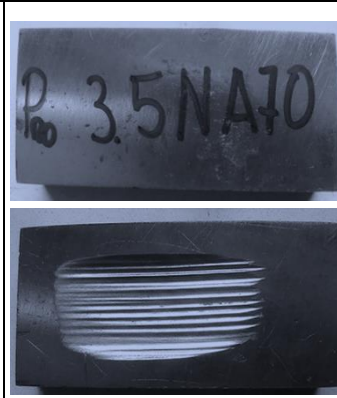
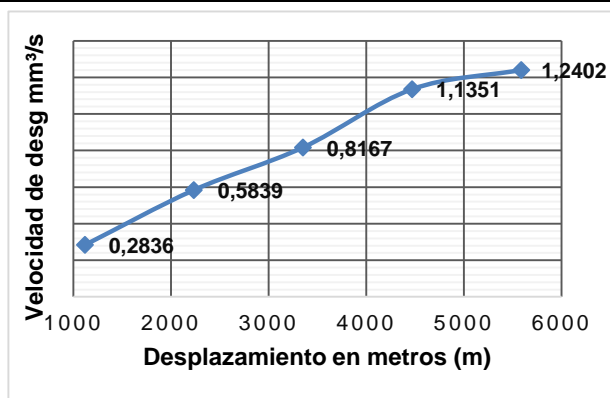
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.5</b>	138.7914gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,7201	1,0713	136,1245	0,9591	0,0043	0,2836
2234	136,5855	2,2059	280,2922	1,9748	0,0089	0,5839
3351	135,7063	3,0851	392,0076	2,7620	0,0124	0,8167
4468	134,5036	4,2878	544,8285	3,8387	0,0173	1,1351
5585	134,1064	4,6850	595,2986	4,1943	0,0189	1,2402

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.5**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.6	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

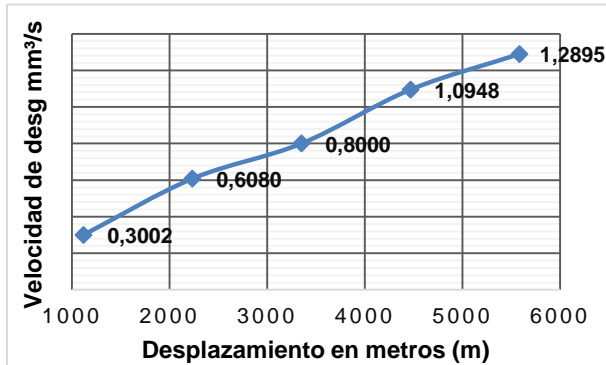
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.6</b>	139.7470gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	138,6129	1,1341	144,1000	1,0153	0,0046	0,3002
2234	137,4502	2,2968	291,8382	2,0562	0,0093	0,6080
3351	136,7248	3,0222	384,0110	2,7056	0,0122	0,8000
4468	135,6112	4,1358	525,5104	3,7026	0,0167	1,0948
5585	134,8756	4,8714	618,9792	4,3611	0,0196	1,2895

VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s

PROBETA 3.6



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.7	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

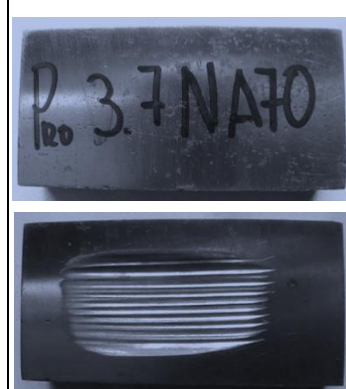
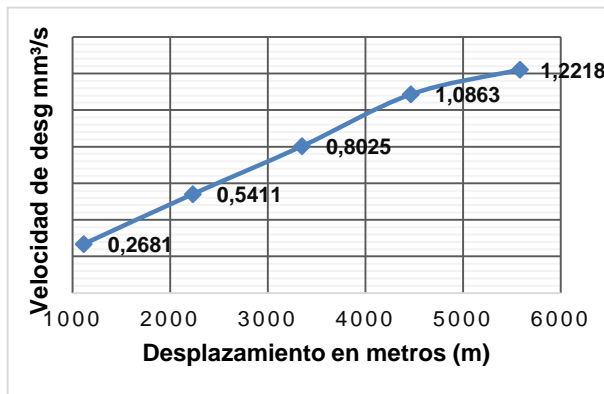
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.7</b>	138.1180gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	137,1053	1,0127	128,6743	0,9066	0,0041	0,2681
2234	136,0739	2,0441	259,7289	1,8300	0,0082	0,5411
3351	135,0865	3,0315	385,1927	2,7139	0,0122	0,8025
4468	134,0143	4,1037	521,4316	3,6738	0,0165	1,0863
5585	133,5026	4,6154	586,4507	4,1319	0,0186	1,2218

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.7**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Probeta</b>	3.8	<b>Autorizado por</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Realizado por</b>	Egdo. Guerrero S.
<b>Lugar de estudio y análisis</b>	Laboratorio de Materiales – FICM			<b>Fecha</b>	10/11/2014
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Aprobado por</b>		Ing. H. Vaca. Mg.	
<b>Normas aplicadas</b>	G105-89				

**DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO**

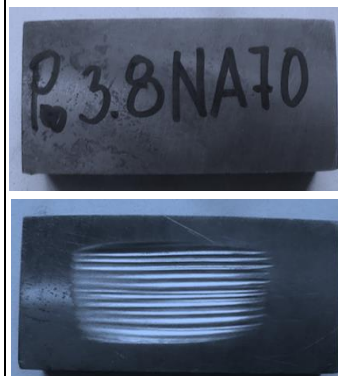
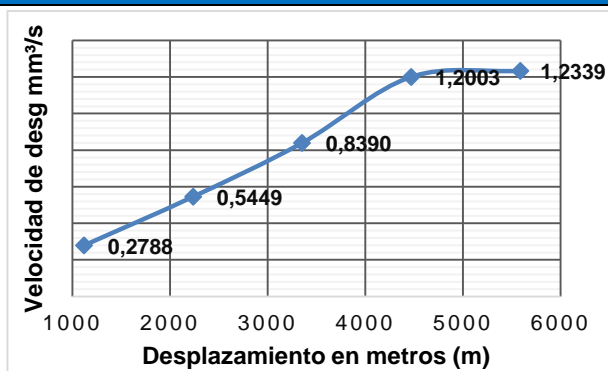
Características de la probeta		Características de la máquina	
<b>Acero AISI 1045</b>	Tratamiento térmico normalizado a 900°C	<b>Velocidad del disco</b>	240 a 250 rpm
<b>Medio de enfriamiento</b>	Aire a 19.7°C	<b>Dureza del disco</b>	A70±20
<b>Temperatura ambiente</b>	19.7°C	<b>Fuerza aplicada en la probeta y disco</b>	222N
<b>Ancho</b>	25.4±0.8mm	<b>Tamaño de grano de arena sílica</b>	230/270µm
<b>Largo</b>	57.2±0.8mm	<b>Cantidad de arena</b>	1.5kg
<b>Espesor</b>	12mm	<b>Cantidad de agua</b>	0.940kg
<b>Peso inicial de la probeta 3.8</b>	134.8622gr		

**RESULTADOS**

Despl (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
1117	133,8091	1,0531	133,8119	0,9428	0,0042	0,2788
2234	132,8036	2,0586	261,5756	1,8430	0,0083	0,5449
3351	131,6929	3,1693	402,7065	2,8373	0,0128	0,8390
4468	130,328	4,5342	576,1372	4,0593	0,0183	1,2003
5585	130,2012	4,6610	592,2490	4,1728	0,0188	1,2339

**VELOCIDAD DE DESGASTE mm³/s**

**PROBETA 3.8**



<b>Elaborado por :</b>	Egdo. Guerrero Santiago	<b>Verificado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Revisado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Validado por :</b>	Ing. H. Vaca. Mg.
<b>Observaciones :</b>			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 1117 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89						Tiempo de exposición	8 min	
Dureza del neopreno		Disco de dureza A60±2	Cantidad de agua		0.940kg	Fuerza Aplicada	222N	
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70	Cantidad de arena		1.50kg	RPM	250±5	
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg	Ancho de la rueda		12.3mm-1/2plg	Motoreductor	1 hp	
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 1 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento L (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	139,0841	138,0685	1,0156	129,0470	1117	0,9092	0,0041	0,2688
3,2	137,4862	136,4245	1,0617	134,9005	1117	0,9505	0,0043	0,2810
3,3	136,4884	135,4014	1,0870	138,1194	1117	0,9731	0,0044	0,2877
3,4	138,3951	137,2514	1,1437	145,3240	1117	1,0239	0,0046	0,3028
3,5	138,7914	137,7201	1,0713	136,1245	1117	0,9591	0,0043	0,2836
3,6	139,7470	138,6129	1,1341	144,1000	1117	1,0153	0,0046	0,3002
3,7	138,1180	137,1053	1,0127	128,6743	1117	0,9066	0,0041	0,2681
3,8	134,8622	133,8091	1,0531	133,8119	1117	0,9428	0,0042	0,2788
Σ	1102,9723	1094,3932	8,5791	1090,1017	8936	7,6805	0,0346	2,2710
Promedio	137,8715	136,7992	1,0724	136,2627	1117	0,9601	0,0043	0,2839
Promedio del volumen en mm³ : 136.26 Deviación estándar S : 6.14 mm³ Coeficiente de variación V: 4.5%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO BORMALIZADO A 2234 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 2 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	138,0388	139,0841	136,8485	2,2356	2234	284,0661	2,0014	0,0090
3,2	138,4702	137,4862	135,2014	2,2848	2234	290,3134	2,0454	0,0092
3,3	138,4879	136,4884	134,2123	2,2761	2234	289,2122	2,0377	0,0092
3,4	139,6802	138,3951	136,1012	2,2939	2234	291,4740	2,0536	0,0093
3,5	137,5095	138,7914	136,5855	2,2059	2234	280,2922	1,9748	0,0089
3,6	139,6310	139,7470	137,4502	2,2968	2234	291,8382	2,0562	0,0093
3,7	139,4558	138,1180	136,0739	2,0441	2234	259,7289	1,8300	0,0082
3,8	141,5126	134,8622	132,8036	2,0586	2234	261,5756	1,8430	0,0083
Σ	1112,7860	1102,9723	1085,2766	17,6957	17872	2248,5006	15,8422	0,0714
Promedio	139,0983	137,8715	135,6596	2,2120	2234	281,0626	1,9803	0,0089
Promedio del volumen en mm³: 264.06 Desviación estándar S : 14.20mm³ Coeficiente de variación V: 4.69%			Observaciones:					



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 3351 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 3 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	138,0388	139,0841	135,6973	3,3868	3351	430,3431	3,0321	0,0137
3,2	138,4702	137,4862	133,9752	3,5110	3351	446,1203	3,1432	0,0142
3,3	138,4879	136,4884	132,7364	3,7520	3351	476,7471	3,3590	0,0151
3,4	139,6802	138,3951	135,0164	3,3787	3351	429,3139	3,0248	0,0136
3,5	137,5095	138,7914	135,7063	3,0851	3351	392,0076	2,7620	0,0124
3,6	139,6310	139,7470	136,7248	3,0222	3351	384,0110	2,7056	0,0122
3,7	139,4558	138,1180	135,0865	3,0315	3351	385,1927	2,7139	0,0122
3,8	141,5126	134,8622	131,6929	3,1693	3351	402,7065	2,8373	0,0128
Σ	1112,7860	1102,9723	1076,6358	26,3365	26808	3346,4422	23,5779	0,1062
Promedio	139,0983	137,8715	134,5795	3,2921	3351	418,3053	2,9472	0,0133
Promedio del volumen en mm³ : 416.30 Deviación estándar S : 33.08mm³ Coeficiente de variación V: 7.9%				Observaciones:				



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 4468 METROS**

PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua		0.940kg	Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena		1.50kg	RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda		12.3mm-1/2ppl	Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 4 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	138,0388	139,0841	134,737	4,3471	4468	552,3634	3,8918	0,0175
3,2	138,4702	137,4862	132,9215	4,5647	4468	580,0085	4,0865	0,0184
3,3	138,4879	136,4884	131,8214	4,6670	4468	593,0114	4,1782	0,0188
3,4	139,6802	138,3951	133,8901	4,5050	4468	572,4269	4,0331	0,0182
3,5	137,5095	138,7914	134,5036	4,2878	4468	544,8285	3,8387	0,0173
3,6	139,6310	139,7470	135,6112	4,1358	4468	525,5104	3,7026	0,0167
3,7	139,4558	138,1180	134,0143	4,1037	4468	521,4316	3,6738	0,0165
3,8	141,5126	134,8622	130,328	4,5342	4468	576,1372	4,0593	0,0183
Σ	1112,7860	1102,9723	1067,8271	35,1452	35744	4465,7179	31,4639	0,1417
Promedio	139,0983	137,8715	133,4784	4,3932	4468	558,2147	3,9330	0,0177
Promedio del volumen en mm³ : 558.21 Desviación estándar S : 26.30mm³ Coeficiente de variación V: 4.71%				Observaciones:				



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 5585 METROS**

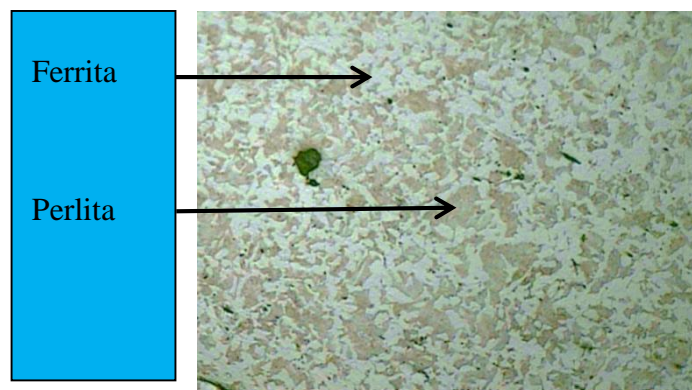
PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89							Tiempo de exposición	8 min
Dureza del neopreno		Disco de dureza A70±2		Cantidad de agua	0.940kg		Fuerza Aplicada	222N
Tipo de abrasivo		Arena sílica AFS 50/70		Cantidad de arena	1.50kg		RPM	250±5
Diámetro de la rueda		178 mm- 7plg		Ancho de la rueda	12.3mm-1/2ppl		Motoreductor	1 hp
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 5 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm³)	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm³/s)
3,1	138,0388	139,0841	134,388	4,6961	5585	596,7090	4,2042	0,0189
3,2	138,4702	137,4862	132,8668	4,6194	5585	586,9589	4,1355	0,0186
3,3	138,4879	136,4884	131,8434	4,6450	5585	590,2160	4,1585	0,0187
3,4	139,6802	138,3951	133,7306	4,6645	5585	592,6938	4,1759	0,0188
3,5	137,5095	138,7914	134,1064	4,6850	5585	595,2986	4,1943	0,0189
3,6	139,6310	139,7470	134,8756	4,8714	5585	618,9792	4,3611	0,0196
3,7	139,4558	138,1180	133,5026	4,6154	5585	586,4507	4,1319	0,0186
3,8	141,5126	134,8622	130,2012	4,6610	5585	592,2490	4,1728	0,0188
Σ	1112,7860	1102,9723	1065,5146	37,4577	44680	4759,5553	33,5342	0,1511
Promedio	139,0983	137,8715	133,1893	4,6822	5585	594,9444	4,1918	0,0189
Promedio del volumen en mm³ : 594.94 Desviación estándar S : 1036m³ Coeficiente de variación V: 4.01%				Observaciones:				

### 4.3 INTERPRETACION DE RESULTADOS

#### 4.3.1 Interpretación de los ensayos metalográficos

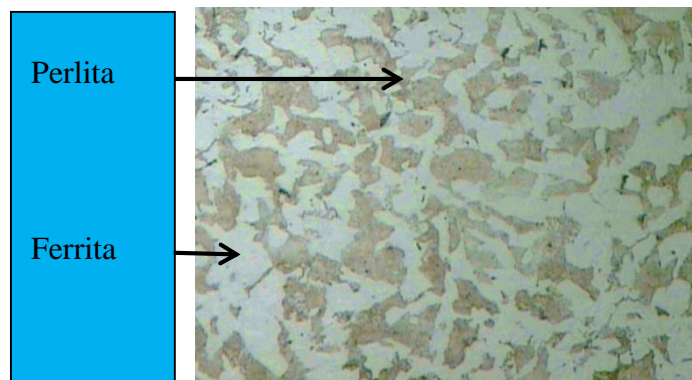
El análisis metalográficos que a continuación estudiaremos tiene como intención identificar las microestructuras del material estudiado con los de catálogos, con el fin de demostrar la autenticidad del material adquirido.

##### 4.3.1.1 Interpretación del Ensayo Metalográfico del Acero AISI 1045 comercial



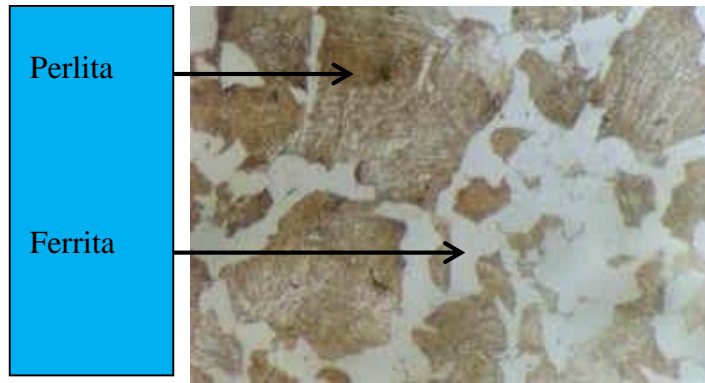
**Figura 4-1** AISI 1045 comercial, ataque químico con Nital 2% tiempo 3 sg a 100x

**Fuente:** Autor



**Figura 4-2** AISI 1045 comercial, ataque químico con Nital 2% tiempo 3 sg a 200x

**Fuente:** Autor

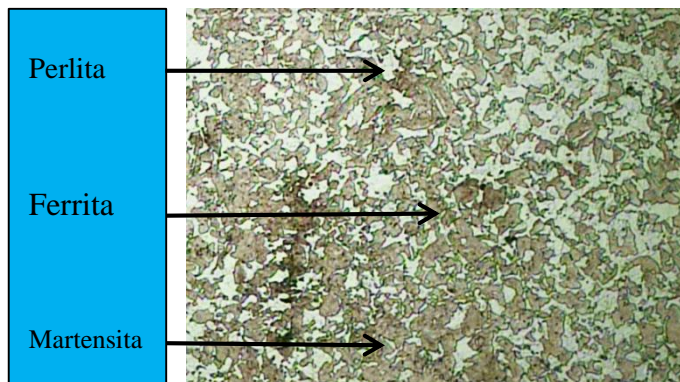


**Figura 4-3** Examen metalográficos a las probetas del Acero AISI 1045

**Fuente:** Miranda G, 2010.

Las microestructuras que fueron encontradas en el Acero AISI 1045 comercial en la figura 4.1, 4.2, tiene la misma definición con la figura 4.3, de esta manera podemos comprobar que el material corresponde a un Acero AISI 1045.

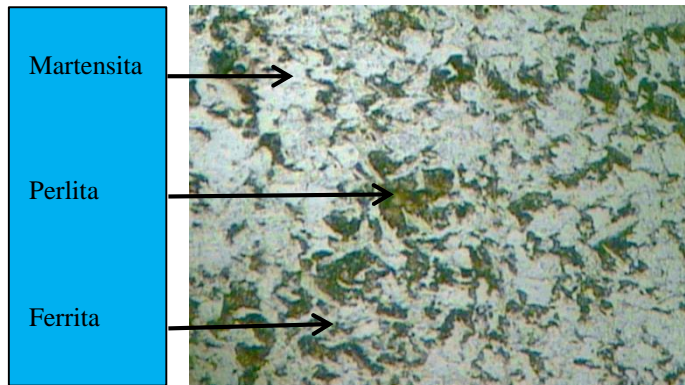
#### 4.3.1.2 Interpretación del Ensayo Metalográfico del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico (temple a 840°C)



**Figura 4-4** Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple, calentado a 840°C durante 120 min, con un tiempo 30 min de homogenización de la temperatura, con ataque químico con Nital 2% tiempo 6 sg a 100x

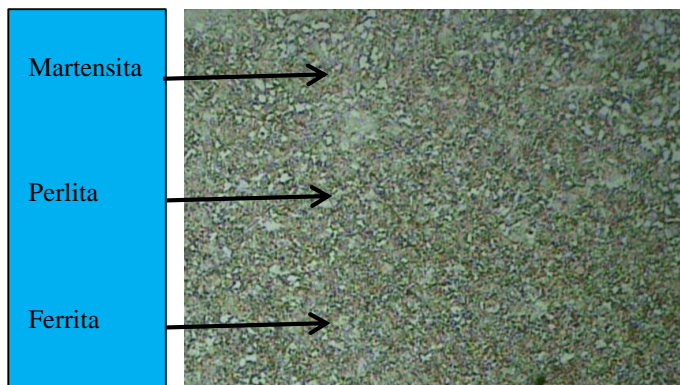
**Fuente:** Autor





**Figura 4-5** Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple, calentado a 840°C durante 120 min, con un tiempo de 30 min homogenización de la temperatura, ataque químico con Nital 2% tiempo 6 sg a 200x

**Fuente:** Autor

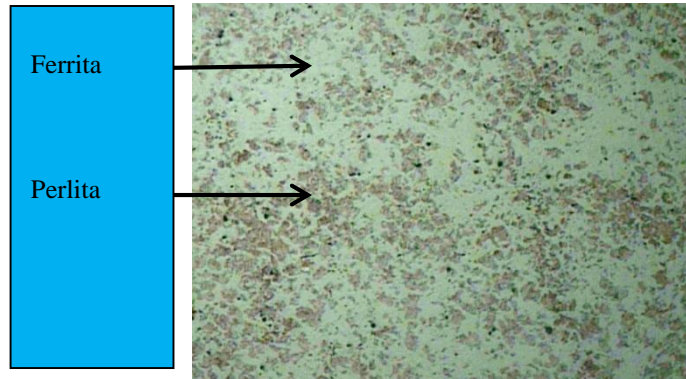


**Figura 4-6** Acero 1045 calentado a 900°C por 75 minutos y enfriado en aire (Temple). Atacado con Nital 2% a 100x.

**Fuente:** Armas M, 2013.

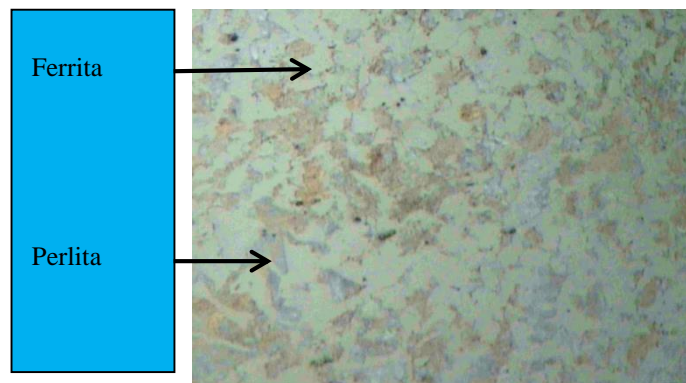
Las microestructuras que fueron encontradas en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C en la figura 4.4, 4.5, tiene la misma definición con la figura 4.6, de esta manera podemos comprobar que el material corresponde a un Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple.

### 4.3.1.3 Interpretación del Ensayo Metalográfico del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico (normalizado a 900°C)



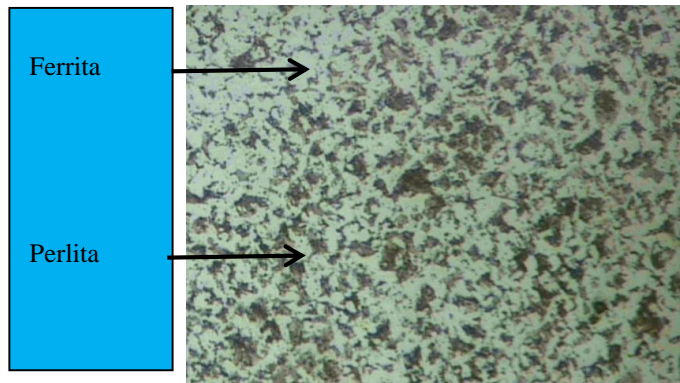
**Figura 4-7** Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado calentado a 900°C durante 150 min, con un tiempo de 30 min homogenización de la temperatura, ataque químico con Nital 2% tiempo 4 sg a 100x

**Fuente:** Autor



**Figura 4-8** Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado calentado a 900°C durante 150 min, con un tiempo de 30 min homogenización de la temperatura, ataque químico con Nital 2% tiempo 4 sg a 200x.

**Fuente:** Autor



**Figura 4-9** Acero 1045 calentado a 900°C por 75 minutos y enfriado en aire (Normalizado).  
Atacado con Nital 2% a100x. La microestructura consta de ferrita más perlita.

**Fuente:** Armas M, 2013.

Las microestructuras que fueron encontradas en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado 900°C en la figura 4.7, 4.8, tiene la misma definición con la figura 4.9, de esta manera podemos comprobar que el material corresponde a un Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado.

### 4.3.2 Interpretación de los ensayos de dureza

**Tabla 4-5** Durezas obtenidas en el Laboratorio de ingeniería de Materiales de la FICM

Material	Dureza de laboratorio
AISI 1045 comercial	180.65 HB
ASIS 1045 con temple a 840°C	54.1HRC
ASIS 1045 con normalizado a 900°C	149.8HB

**Fuente:** Autor

### 4.3.3 Interpretación de los resultados de los ensayos de desgaste abrasivo en un medio acuoso

#### 4.3.3.1 Resultados que se obtuvieron del desgaste abrasivo con el disco de dureza Shore A50

**Tabla 4-6** Resultados de los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.

PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G105-89							
Disco Shore A50	Fuerza aplicada entre la probeta y el disco	222N	Cantidad de arena	1.5 kg ASF 50/70			
	Velocidad de giro del disco	250±5rpm	Cantidad de agua	0.940kg			
<b>ACERO AISI 1045 COMERCIAL</b>							
Desplaza L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)	Coefficiente de variación ≤7%
1117	139,1773	0,2538	32,2459	0,2272	0,0010	0,0672	2,83%
2234	138,9600	0,4710	59,8523	0,4217	0,0019	0,1247	4,94%
3351	138,5834	0,8476	107,7049	0,7589	0,0034	0,2244	4,30%
4468	138,3647	1,0664	135,4956	0,9547	0,0043	0,2823	3,87%
5585	138,2678	1,1632	147,8002	1,0413	0,0047	0,3079	3,02%
<b>ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 840°C</b>							
Desplaza L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)	Coefficiente de variación ≤7%
1117	138,7753	0,1094	13,8997	0,0979	0,0004	0,0290	4,45%
2234	138,6316	0,2531	32,1605	0,2266	0,0010	0,0670	4,09%
3351	138,4490	0,4357	55,3657	0,3901	0,0018	0,1153	4,11%
4468	138,3098	0,5750	73,0568	0,5147	0,0023	0,1522	2,24%
5585	138,2551	0,6296	80,0004	0,5637	0,0025	0,1667	3,78%
<b>ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 900°C</b>							
Desplaza L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)	Coefficiente de variación ≤7%
1117	137,9488	0,399	50,7756	0,3577	0,0016	0,1058	5,28%
2234	137,4317	0,916	116,4792	0,8207	0,0037	0,2427	5,71%
3351	136,9049	1,443	183,4186	1,2923	0,0058	0,3821	5,77%
4468	136,2028	2,145	272,6308	1,9209	0,0087	0,5680	4,58%
5585	135,9259	2,422	307,8101	2,1687	0,0098	0,6413	5,14%

Fuente: Autor

#### 4.3.3.2 Resultados que se obtuvieron del desgaste abrasivo con el disco de dureza Shore A60

**Tabla 4-7** Resultados de los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.

PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G105-89							
Disco Shore A60	Fuerza aplicada entre la probeta y el disco	222N	Cantidad de arena	1.5 kg ASF 50/70			
	Velocidad de giro del disco	250±5rpm	Cantidad de agua	0.940kg			
<b>ACERO AISI 1045 COMERCIAL</b>							
Despla L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)	Coefficiente de variación ≤7%
1117	138,615	0,421	53,5737	0,3775	0,0017	0,1116	5,87%
2234	138,163	0,873	111,037	0,7288	0,0033	0,2313	4,40%
3351	137,568	1,468	186,632	1,3150	0,0059	0,3888	3,39%
4468	137,108	1,928	245,076	1,7267	0,0078	0,5106	5,08%
5585	136,905	2,131	270,829	1,9082	0,0086	0,5642	5,20%
<b>ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 840°C</b>							
Despla L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)	Coefficiente de variación ≤7%
1117	138,8875	0,325	41,3749	0,2915	0,0013	0,0862	4,01%
2234	138,7348	0,478	60,7825	0,4283	0,0019	0,1266	4,74%
3351	138,5105	0,702	89,2847	0,6291	0,0028	0,1860	4,90%
4468	138,2744	0,938	119,2820	0,8404	0,0038	0,2485	4,13%
5585	137,9766	1,236	157,1199	1,1070	0,0050	0,3273	4,69%
<b>ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 900°C</b>							
DesplaL (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)	Coefficiente de variación ≤7%
1117	138,456	0,642	81,5978	0,5749	0,0026	0,1700	4,77%
2234	137,962	1,135	144,298	1,0167	0,0046	0,3006	4,85%
3351	137,199	1,898	241,216	1,6995	0,0077	0,5025	4,55%
4468	136,649	2,449	311,210	2,1927	0,0099	0,6484	4,66%
5585	136,527	2,571	326,713	2,3019	0,0104	0,6807	4,01%

Fuente: Autor

### 4.3.3.3 Resultados que se obtuvieron del desgaste abrasivo con el disco de dureza Shore A70

**Tabla 4-8** Resultados de los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.

PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G105-89							
Disco Shore A70	Fuerza aplicada entre la probeta y el disco	222N	Cantidad de arena	1.5 kg ASF 50/70			
	Velocidad de giro del disco	250±5rpm	Cantidad de agua	0.940kg			
ACERO AISI 1045 COMERCIAL							
Despla L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficient e de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)	Coefficient e de variación ≤7%
1117	137,612	1,073	136,334	0,9606	0,0043	0,2840	4,58%
2234	136,537	2,148	272,932	1,9230	0,0087	0,5686	4,82%
3351	134,916	3,769	478,912	3,3743	0,0152	0,9977	5,00%
4468	134,212	4,472	568,301	4,0041	0,0180	1,1840	3,63%
5585	133,816	4,868	618,665	4,3589	0,0196	1,2889	3,47%
ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 840°C							
Despla L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)	Coefficiente de variación ≤7%
1117	137,535	0,665	84,5675	0,5958	0,0027	0,1762	4,33%
2234	136,945	1,255	159,519	1,1239	0,0051	0,3323	4,41%
3351	136,406	1,794	227,991	1,6064	0,0072	0,4750	3,78%
4468	135,779	2,421	307,648	2,1676	0,0098	0,6409	3,65%
5585	135,441	2,759	350,593	2,4702	0,0111	0,7304	4,28%
ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO NORMALIZADO A 900°C							
Despla L (m)	Pérdida de peso	ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)	Coefficiente de variación ≤7%
1117	136,799	1,072	136,262	0,9601	0,0043	0,2839	4,51%
2234	135,659	2,212	281,062	1,9803	0,0089	0,5855	4,69%
3351	134,579	3,292	418,305	2,9472	0,0133	0,8715	7,90%
4468	133,478	4,393	558,214	3,9330	0,0177	1,1629	4,71%
5585	133,189	4,682	594,944	4,1918	0,0189	1,2395	1,74%

Fuente: Autor

#### 4.3.3.4 Representación gráfica de los resultados del desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con el disco Shore A50 (Norma ASTM G105-89)

La figura 4-10, muestra el Desgaste expresado en gramos (gr) del Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°Cy Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C con el disco Shore A50 (ASTM G105-89).

207

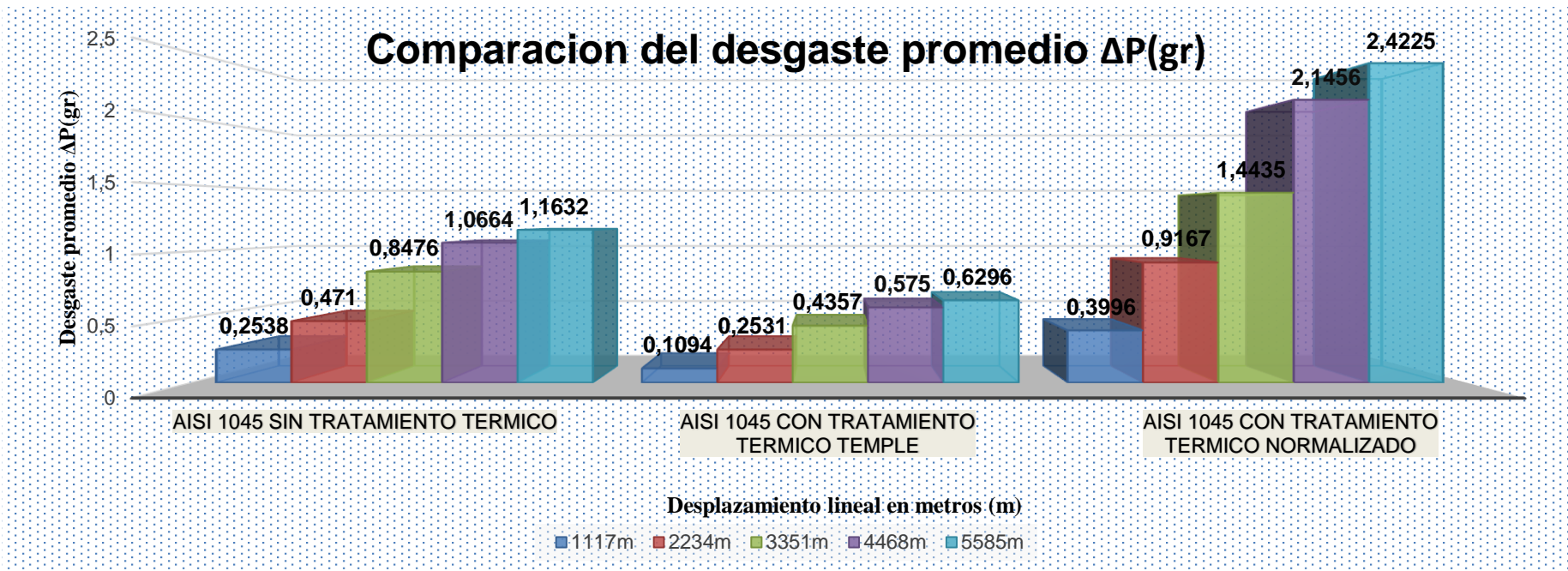


Figura 4-10 Gráfico de valores de Desgaste en gramos (gr), con el disco Shore A50 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89

Fuente: Autor



En la figura 4-10, se puede observar que para los distintos desplazamientos de abrasión a los que se encontraron expuestas las probetas a un medio acuoso evaluado con la Norma ASTM G105-89, presentan distintas reacciones y variación de sus propiedades en los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C.

En forma general en la figura 4-10, se muestra la comparación del desgaste promedio que tuvieron las probetas con el disco de dureza Shore A50, el comportamiento de la pérdida de peso muestra mayor intensidad de desgaste en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C debido que este tratamiento térmico tiene como objetivo dejar al material en un estado normal y libre de tensiones y por ende disminuye su dureza. También se puede observar en esta figura 4-10, que el Acero AISI 1045 comercial que fue expuesto al medio de desgaste abrasivo en un medio acuoso presento mejores propiedades con respecto a la pérdida de peso que sufrió el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C siendo en este mayor la pérdida de volumen a los 5585 metros que estuvieron expuestas las probetas las probetas.

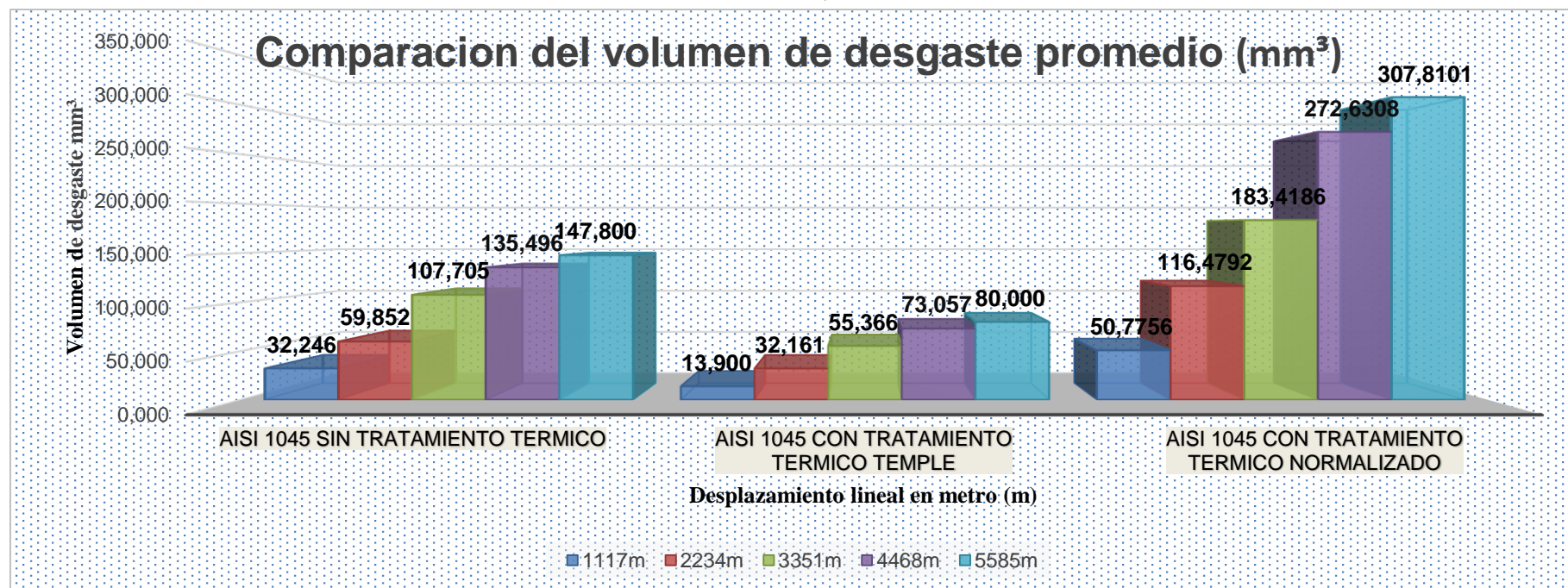
La buena resistencia mostrada al desgaste abrasivo por el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C ha permitido disminuir la perdida de material al exponerle al medio de desgaste abrasivo acuoso a las probetas que recibieron este tipo de tratamiento térmico, mejorando sus propiedades al desgaste.

En la figura 4-10, se observó que para los diferentes desplazamientos y parámetros que fueron establecidos por la Norma ATSM G 105-89 para evaluar los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C, el que tubo menor pérdida de peso a lo largo de todo el ensayo fue el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C siendo a los 5585 metros de desplazamiento que tuvieron las probetas una pérdida de peso de 0.6296 gr mucho menor a comparación de las probetas de Aceros AISI 1045 comercial y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C.



**Representación gráfica de los resultados del desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con el disco Shore A50 (Norma ASTM G105-89).**

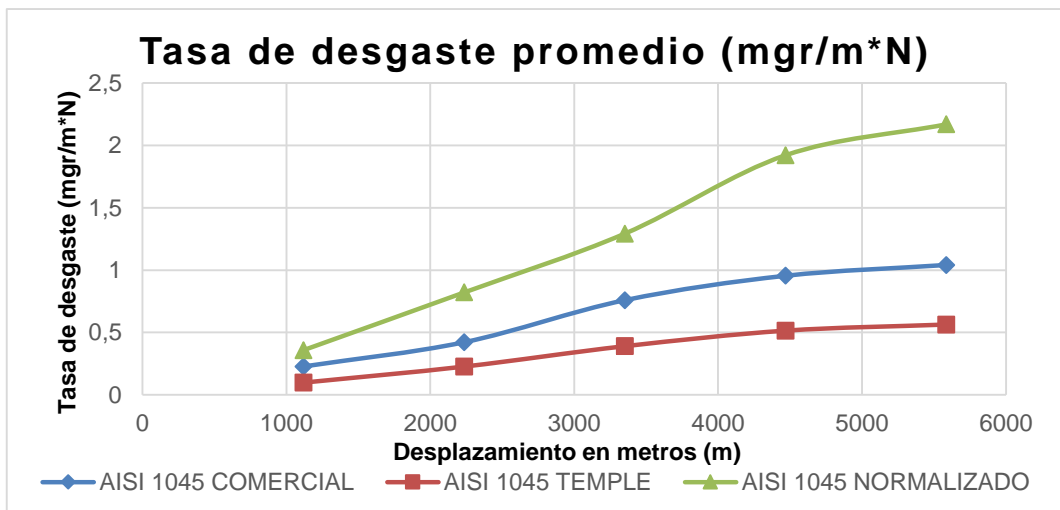
La figura 4-11, muestra el Volumen Desgaste expresado en milímetros cúbicos ( $\text{mm}^3$ ) del Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^\circ\text{C}$  con el disco Shore A50 (ASTM G105-89).



**Figura 4-11** Gráfico de valores del volumen de desgaste ( $\text{mm}^3$ ), con el disco Shore A50 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89

Fuente: Autor

En la figura 4-11, se observa la comparación del volumen de desgaste promedio en milímetros cúbicos ( $\text{mm}^3$ ) que se obtuvo al dividir la pérdida del peso de las probetas de los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico  $900^\circ\text{C}$  con la densidad del material esto multiplicado por mil. Siendo esta una de las propiedades importantes para este estudio. Observando así que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  obtuvo menor volumen de desgaste a lo largo de toda la prueba de desgaste abrasivo siendo su volumen acumulado promedio a los 5585 metro de  $80 \text{ mm}^3$  luego está el volumen de desgaste abrasivo el Acero AISI 1045 comercial con  $147.8 \text{ mm}^3$  y el que tuvo mayor pérdida de volumen fue el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^\circ\text{C}$  con  $377.696 \text{ mm}^3$ .



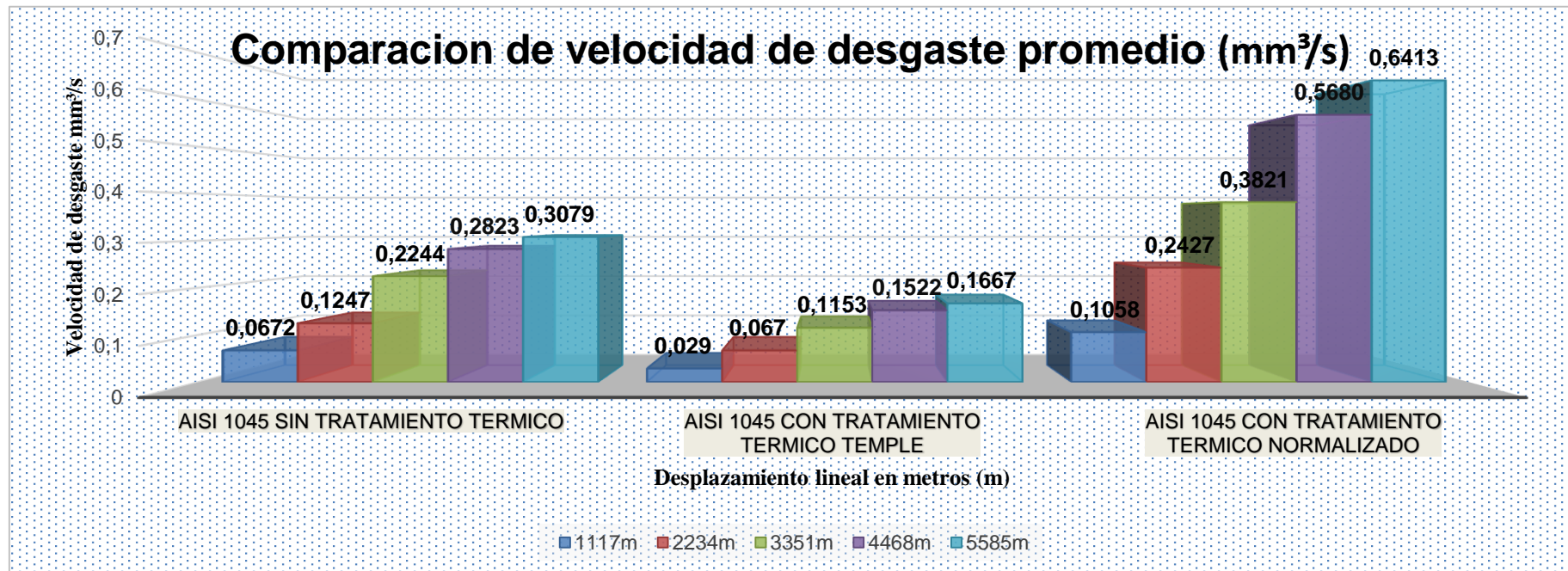
**Figura 4-12** Gráfico de la tasa de desgaste ( $\text{mg}/\text{m}^*\text{N}$ ), con el disco Shore A50 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.

**Fuente:** Autor

La figura 4-12, se observa la tasa promedio de desgaste que tuvieron las probetas a lo largo del ensayo de desgaste abrasivo evaluado con la Norma ASTM G 105-89 pudiendo observa que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$ , tuvo la menor tasa de desgaste debido al tratamiento térmico que se le dio al material, luego se encuentra el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico Normalizado a  $900^\circ\text{C}$  tuvo mayor tasa de desgaste teniendo relación con la mayor pérdida de peso y de volumen de desgaste.

**Representación gráfica de los resultados del desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con el disco Shore A50 (Norma ASTM G105-89).**

La figura 4-13, muestra el Velocidad Desgaste expresado ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ) del Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^\circ\text{C}$  con el disco Shore A50 (ASTM G105-89).



**Figura 4-13** Gráfico de valores de la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ), con el disco Shore A50 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89

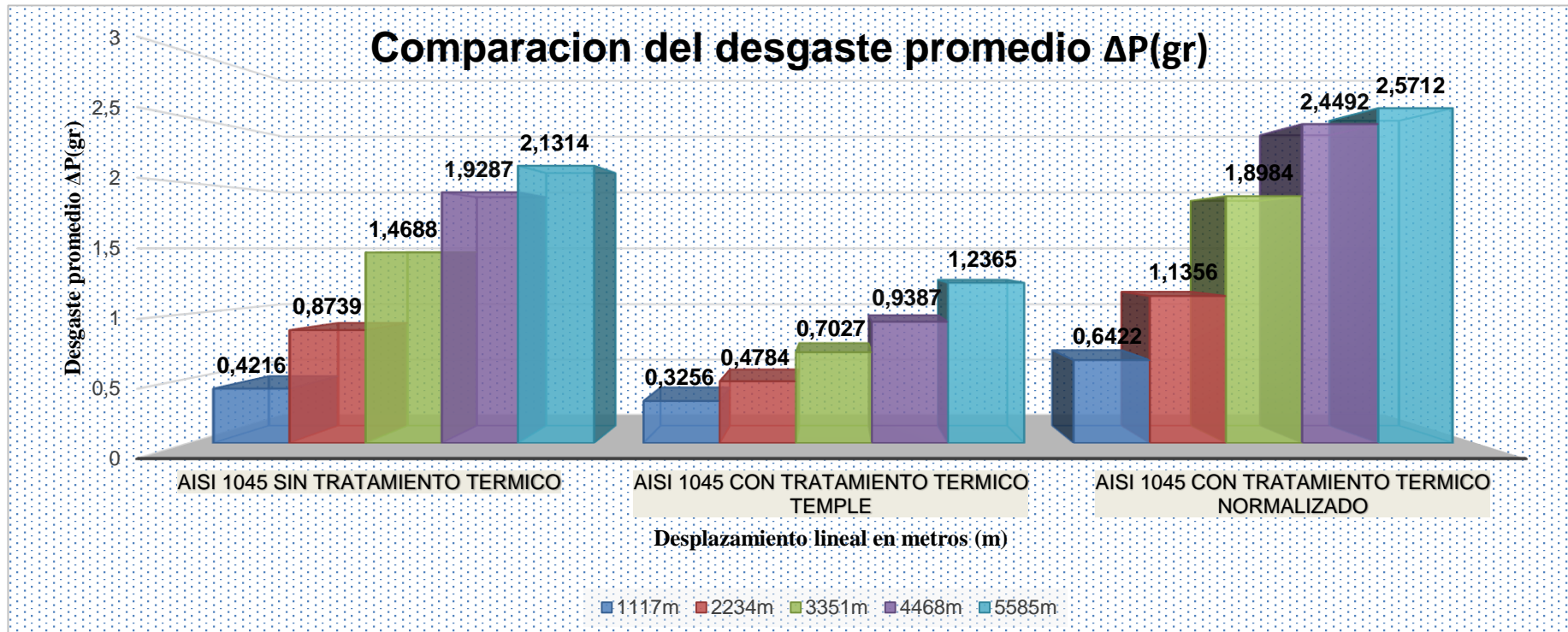
Fuente: Autor

En la figura 4-13 se presentan la velocidad de desgaste promedio que obtuvieron las probetas de los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C. Esta velocidad promedio se obtuvo al dividir el volumen de desgaste ( $\text{mm}^3$ ) para el tiempo que duro cada ensayo que fue de aproximadamente 8 minutos para cada desplazamiento. Siendo una de las propiedades importantes el volumen de desgaste que es directamente proporcional a la carga se aplica y al tiempo de exposición al medio abrasivo y es inversamente proporcional a la dureza así aplicado estas tres leyes que se aplican al desgaste abrasivo.

De esta manera se puede observar en la figura 4-13, que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C tiene la menor velocidad de desgaste a lo largo de toda la prueba demostrando de esta forma que este tratamiento térmico ayudó a disminuir la velocidad de desgaste con un  $0.1667 \text{ mm}^3/\text{s}$  con relación del Acero AISI 1045 comercial que fue de  $0.3079 \text{ mm}^3/\text{s}$  y por último el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C que tuvo la mayor velocidad de desgaste de  $0.7869 \text{ mm}^3/\text{s}$  a lo largo de toda la prueba.

#### 4.3.3.5 Representación gráfica de los resultados del desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con el disco Shore A60 (Norma ASTM G105-89)

La figura 4-14, muestra el Desgaste expresado en gramos (gr) del Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C con el disco Shore A60 (ASTM G105-89).



**Figura 4-14** Gráfico de valores de Desgaste en gramos (gr), con el disco Shore A60 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89

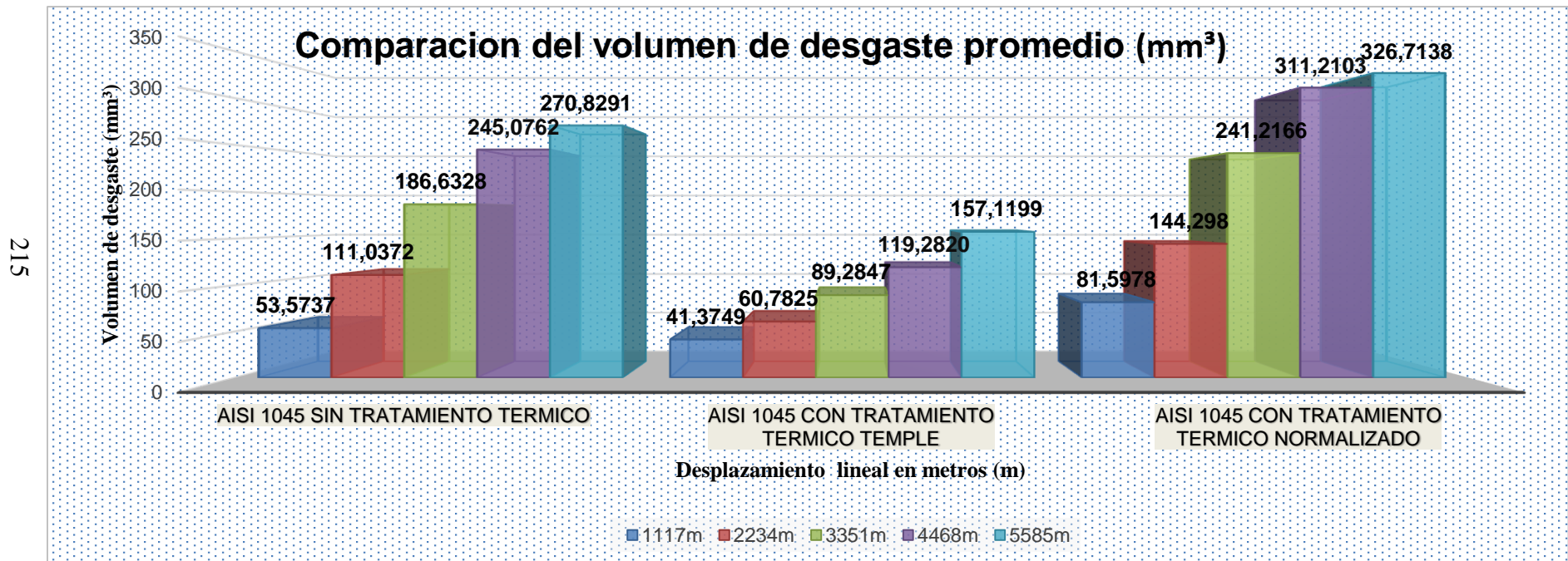
Fuente: Autor

En la figura 4-14, se puede observar que para los distintos desplazamientos de abrasión a los que se encontraron expuestas las probetas a un medio acuoso evaluado con la Norma ASTM G105-89, presentan distintas reacciones y variación de sus propiedades en los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C.

En forma general en la figura 4-14, se muestra la comparación del desgaste promedio que tuvieron las probetas con el disco de dureza Shore A60, el comportamiento de la pérdida de peso muestra mayor intensidad de desgaste en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C debido que este tratamiento térmico tiene como objetivo dejar al material en un estado normal y libre de tensiones y por ende disminuye su dureza. También se puede observar en esta figura que el Acero AISI 1045 comercial que fue expuesto a los mismo parámetros de desgaste abrasivo en un medio acuoso presento mejores propiedades con respecto a la pérdida de peso que sufrió el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C, siendo este mayor su pérdida de peso a los 5585 metros que estuvieron expuestas las probetas las probetas. La buena resistencia mostrada al desgaste abrasivo por el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C ha permitido disminuir la pérdida de material al exponerle al medio de desgaste abrasivo acuoso a las probetas que recibieron este tipo de tratamiento térmico, mejorando sus propiedades al desgaste. Así en la figura 4-14, nos permite observa que para los diferentes desplazamientos y parámetros que fueron establecidos por la Norma ATSM G 105-89 para evaluar los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C, el que tubo menor pérdida de peso a lo largo de todo el ensayo fue el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C siendo a los 5585 metros de desplazamiento que tuvieron las probetas una pérdida de peso de 1.949 gr mucho menor a comparación de las probetas de Aceros AISI 1045 comercial y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C.

**Representación gráfica de los resultados del desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con el disco Shore A60 (Norma ASTM G105-89)**

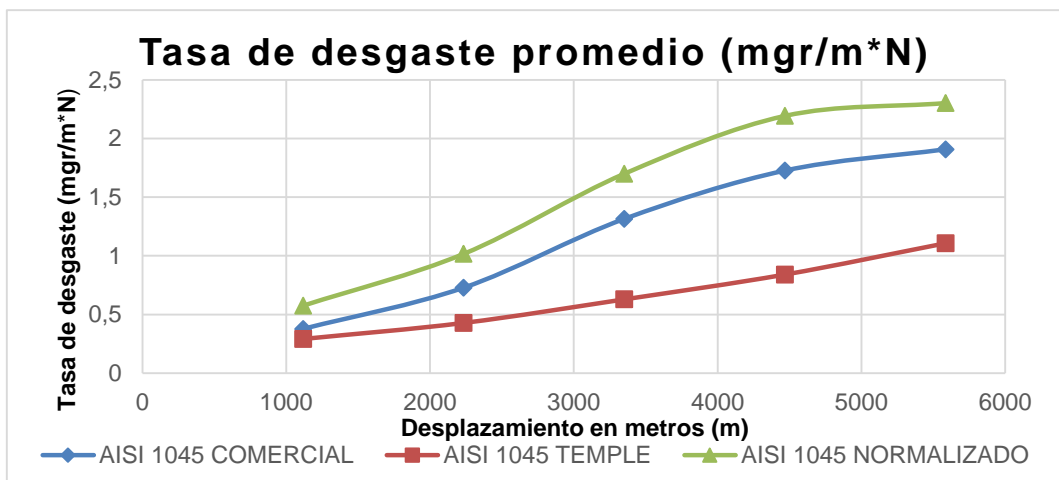
La figura 4-15, muestra el Volumen Desgaste expresado en milímetros cúbicos (mm<sup>3</sup>) del Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°Cy Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C con el disco Shore A60 (ASTM G105-89).



**Figura 4-15** Gráfico de valores del volumen de desgaste (mm<sup>3</sup>), con el disco Shore A60 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89

Fuente: Autor

En la figura 4-15, se observa la comparación del volumen de desgaste promedio en milímetros cúbicos ( $\text{mm}^3$ ) que se obtuvo al dividir la pérdida del peso de las probetas de los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico  $900^\circ\text{C}$  con la densidad del material esto multiplicado por mil. Siendo esta una de las propiedades importantes para este estudio. Observando así que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  obtuvo menor volumen de desgaste a lo largo de toda la prueba de desgaste abrasivo siendo su volumen acumulado promedio a los 5585 metro de  $247.6535 \text{ mm}^3$  luego está el volumen de desgaste abrasivo el Acero AISI 1045 comercial con  $270.8291 \text{ mm}^3$  y el que tuvo mayor pérdida de volumen fue el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^\circ\text{C}$  con  $326.7128 \text{ mm}^3$ .



**Figura 4-16** Gráfico de la tasa de desgaste ( $\text{mg}/\text{m}^*\text{N}$ ), con el disco Shore A60 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.

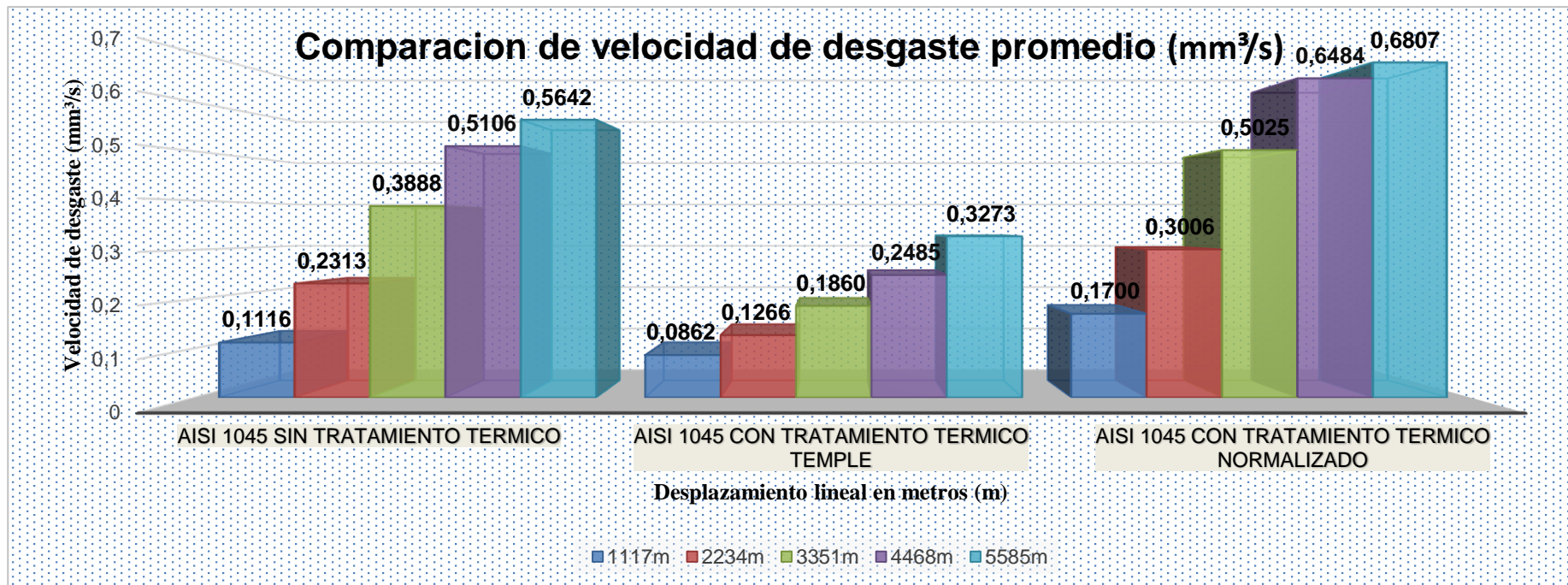
**Fuente:** Autor

La figura 4-16, se observa la tasa promedio de desgaste que tuvieron las probetas a lo largo del ensayo de desgaste abrasivo evaluado con la Norma ASTM G 105-89 pudiendo observa que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  tuvo la menor tasa de desgaste debido al tratamiento térmico que se le dio al material, luego se encuentra el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico Normalizado a  $900^\circ\text{C}$  tuvo mayor tasa de desgaste teniendo relación con la mayor pérdida de peso y de volumen de desgaste.



**Representación gráfica de los resultados del desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con el disco Shore A60 (Norma ASTM G105-89)**

La figura 4-17, muestra el Velocidad Desgaste expresado ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ) del Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^\circ\text{C}$  con el disco Shore A60 (ASTM G105-89).



**Figura 4-17** Gráfico de valores de la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ), con el disco Shore A60 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89

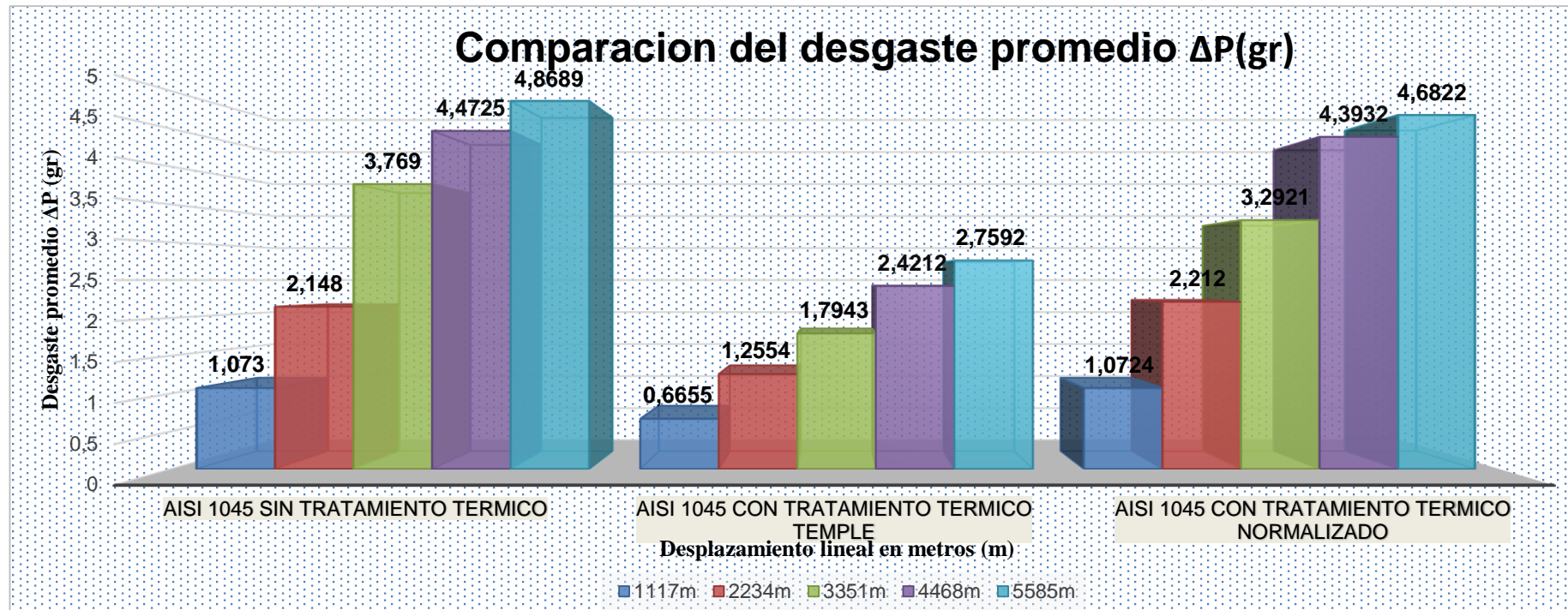
Fuente: Autor

En la figura 4-17 se presentan la velocidad de desgaste promedio que obtuvieron las probetas de los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C. Esta velocidad promedio se obtuvo al dividir el volumen de desgaste ( $\text{mm}^3$ ) para el tiempo que duro cada ensayo que fue de aproximadamente 8 minutos para cada desplazamiento. Siendo una de las propiedades importantes el volumen de desgaste que es directamente proporcional a la carga se aplica y al tiempo de exposición al medio abrasivo y es inversamente proporcional a la dureza así aplicado estas tres leyes que se aplican al desgaste abrasivo.

De esta manera se puede observar en la figura 4-17, que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C tiene la menor velocidad de desgaste a lo largo de toda la prueba demostrando de esta forma que este tratamiento térmico ayudó a disminuir la velocidad de desgaste con un  $0.5159 \text{ mm}^3/\text{s}$  con relación del Acero AISI 1045 comercial que fue de  $0.5642 \text{ mm}^3/\text{s}$  y por último el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C que tuvo la mayor velocidad de desgaste de  $0.6807 \text{ mm}^3/\text{s}$  a lo largo de toda la prueba.

#### 4.3.3.6 Representación gráfica de los resultados del desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con el disco Shore A70 (Norma ASTM G105-89)

La figura 4-18, muestra el Desgaste expresado en gramos (gr) del Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C con el disco Shore A70 (ASTM G105-89).



**Figura 4-18** Gráfico de valores de Desgaste en gramos (gr), con el disco Shore A70 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89

Fuente: Autor

En la figura 4-18, se puede observar que para los distintos desplazamientos de abrasión a los que se encontraron expuestas las probetas a un medio acuoso evaluado con la Norma ASTM G105-89, presentan distintas reacciones y variación de sus propiedades en los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C.

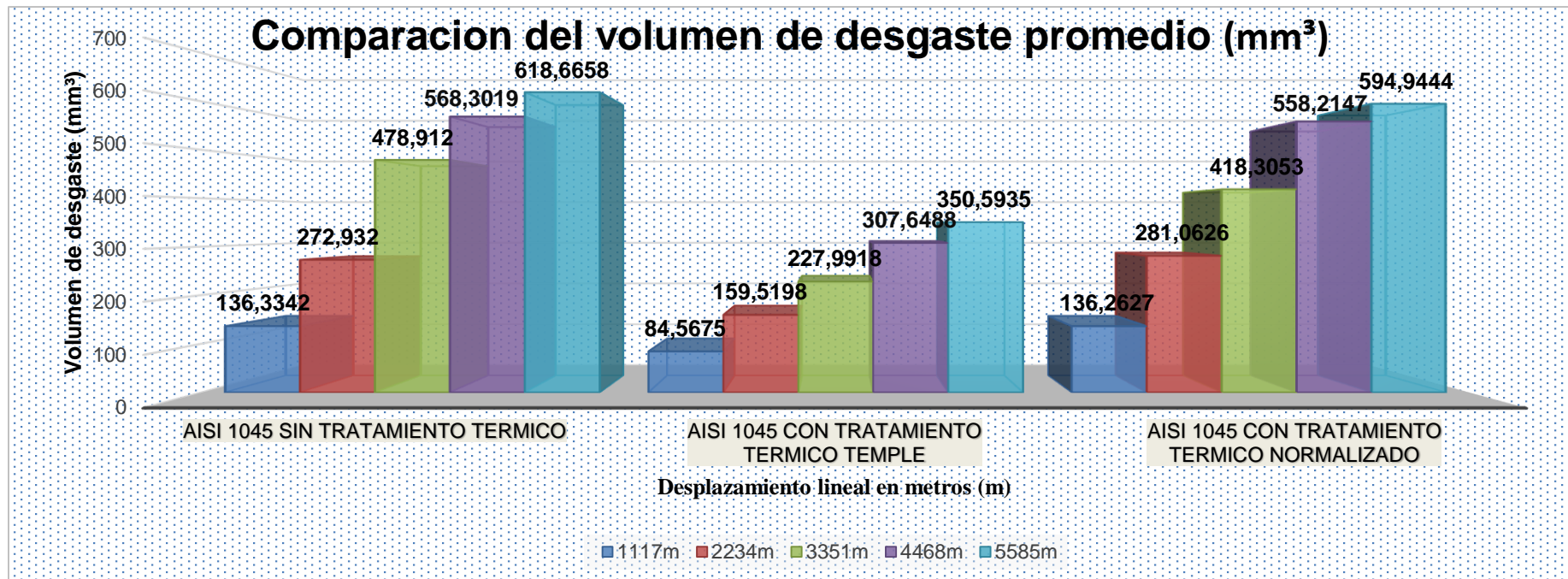
En forma general en la figura 4-18, se muestra la comparación del desgaste promedio que tuvieron las probetas con el disco de dureza Shore A70, el comportamiento de la pérdida de peso muestra mayor intensidad de desgaste en el Acero AISI 1045 comercial. También se puede observar en esta figura que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado que fue expuesto a los mismo parámetros de desgaste abrasivo en un medio acuoso presento mejores propiedades con respecto a la pérdida de peso que sufrió el Acero AISI 1045 comercial siendo esta mayor su pérdida de peso a los 5585 metros que estuvieron expuestas las probetas las probetas.

La buena resistencia mostrada al desgaste abrasivo por el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C ha permitido disminuir la pérdida de material al exponerle al medio de desgaste abrasivo acuoso a las probetas que recibieron este tipo de tratamiento térmico, mejorando sus propiedades al desgaste.

Así en la figura 4-18, nos permite observa que para los diferentes desplazamientos y parámetros que fueron establecidos por la Norma ATSM G 105-89 para evaluar los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C, el que tubo menor pérdida de peso a lo largo de todo el ensayo fue el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C siendo a los 5585 metros de desplazamiento que tuvieron las probetas una pérdida de peso de 2.7592 gr mucho menor a comparación de las probetas de Aceros AISI 1045 comercial y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C.

**Representación gráfica de los resultados del desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con el disco Shore A70 (Norma ASTM G105-89)**

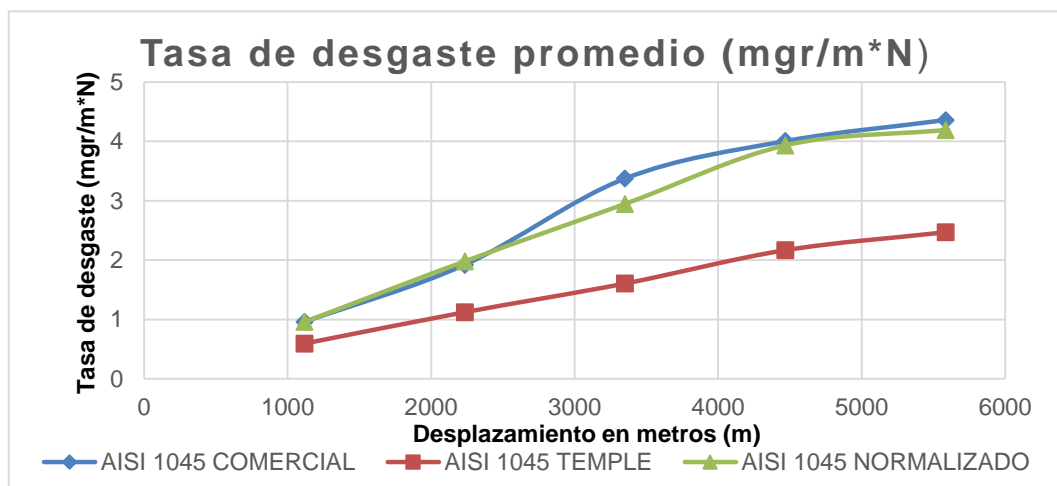
La figura 4-19, muestra el Volumen Desgaste expresado en milímetros cúbicos ( $\text{mm}^3$ ) del Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^\circ\text{C}$  con el disco Shore A70 (ASTM G105-89).



**Figura 4-19** Gráfico de valores del volumen de desgaste ( $\text{mm}^3$ ), con el disco Shore A70 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89

Fuente: Autor

En la figura 4-19, se observa la comparación del volumen de desgaste promedio en milímetros cúbicos ( $\text{mm}^3$ ) que se obtuvo al dividir la pérdida del peso de las probetas de los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico  $900^\circ\text{C}$  con la densidad del material esto multiplicado por mil. Siendo esta una de las propiedades importantes para este estudio. Observando así que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  obtuvo menor volumen de desgaste a lo largo de toda la prueba de desgaste abrasivo siendo su volumen acumulado promedio a los 5585 metro de  $350.5935 \text{ mm}^3$  luego está el volumen de desgaste abrasivo el Acero AISI 1045 comercial con  $618.6658 \text{ mm}^3$  y el volumen fue el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^\circ\text{C}$  con  $594.944 \text{ mm}^3$ .



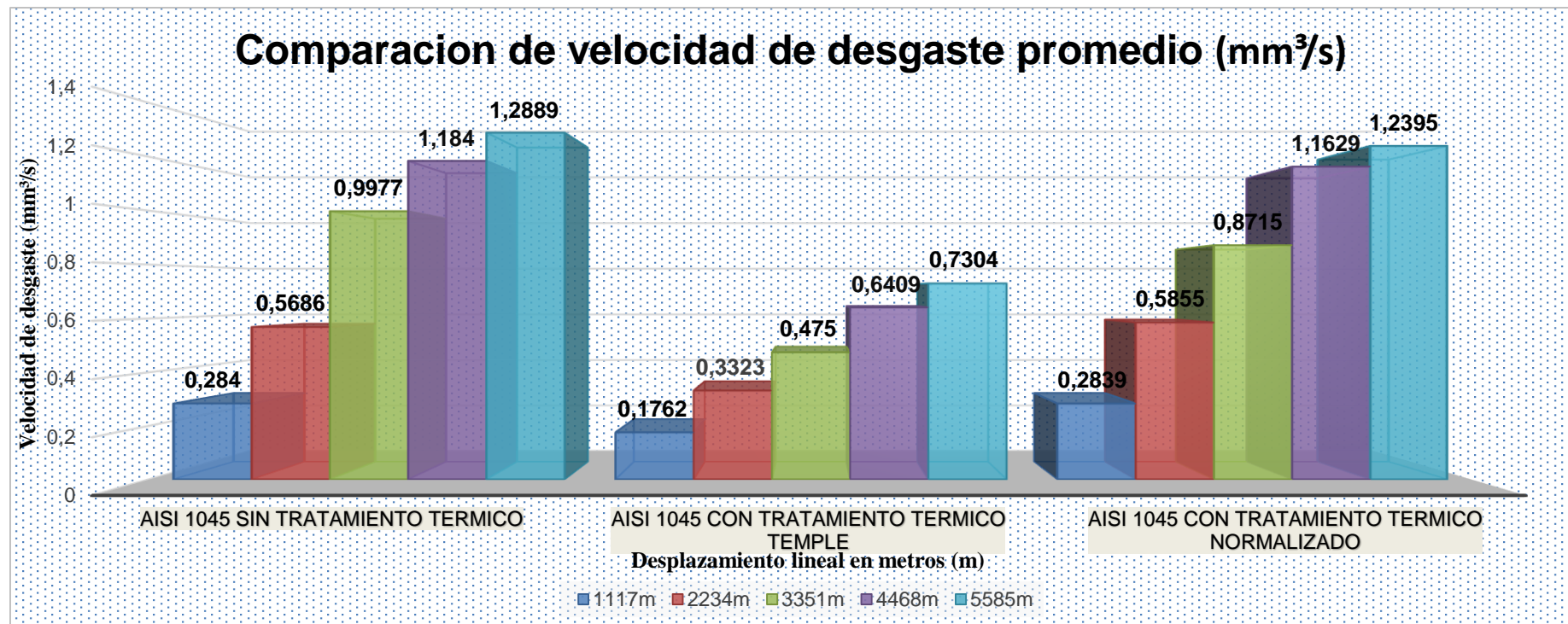
**Figura 4-20** Gráfico de la tasa de desgaste ( $\text{mgr/m}^*\text{N}$ ), con el disco Shore A70 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89.

**Fuente:** Autor

La figura 4-20, se observa la tasa promedio de desgaste que tuvieron las probetas a lo largo del ensayo de desgaste abrasivo evaluado con la Norma ASTM G 105-89 pudiendo observa que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  tuvo la menor tasa de desgaste debido al tratamiento térmico que se le dio al material, luego se encuentra el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico Normalizado a  $900^\circ\text{C}$  tuvieron mayor tasa de desgaste teniendo relación con la mayor pérdida de peso y de volumen de desgaste durante el ensayo.

**Representación gráfica de los resultados del desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con el disco Shore A70 (Norma ASTM G105-89)**

La figura 4-21, muestra el Velocidad Desgaste expresado ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ) del Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^\circ\text{C}$  con el disco Shore A70 (ASTM G105-89).

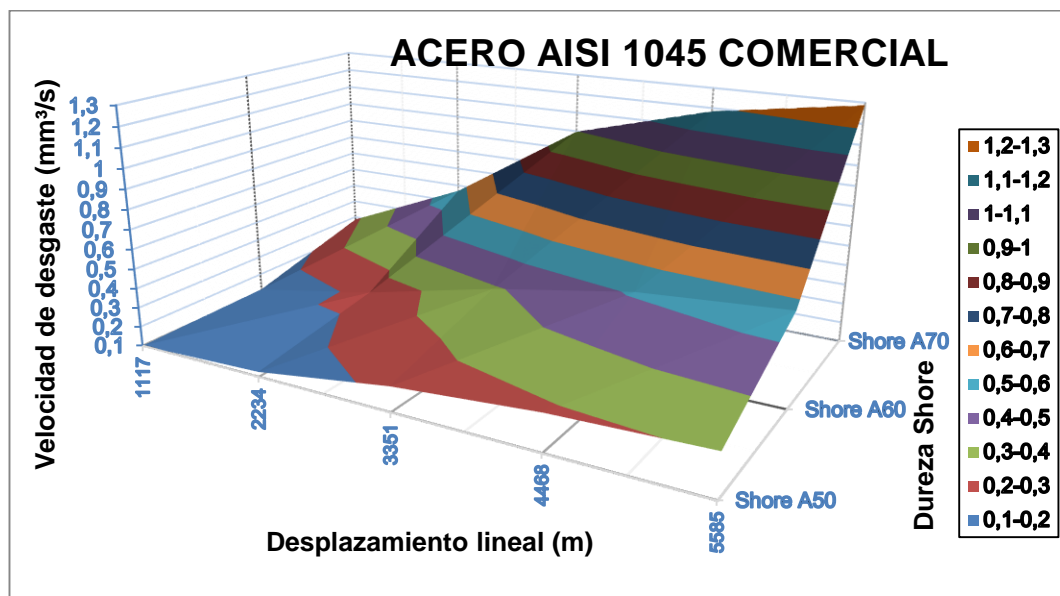


**Figura 4-21** Gráfico de valores de la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ), con el disco Shore A70 con los parámetros establecidos por la norma ASTM G105-89

Fuente: Autor

En la figura 4-21 se presentan la velocidad de desgaste promedio que obtuvieron las probetas de los Aceros AISI 1045 comercial, AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico 900°C. Esta velocidad promedio se obtuvo al dividir el volumen de desgaste ( $\text{mm}^3$ ) para el tiempo que duro cada ensayo que fue de aproximadamente 8 minutos para cada desplazamiento. Siendo una de las propiedades importantes el volumen de desgaste que es directamente proporcional a la carga se aplica y al tiempo de exposición al medio abrasivo y es inversamente proporcional a la dureza así aplicado estas tres leyes que se aplican al desgaste abrasivo.

En la figura 4-21, que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C tiene la menor velocidad de desgaste a lo largo de toda la prueba demostrando de esta forma que este tratamiento térmico ayudó a disminuir la velocidad de desgaste con un  $0.7304 \text{ mm}^3/\text{s}$  con relación del Acero AISI 1045 comercial que fue de  $1.2880 \text{ mm}^3/\text{s}$  y por último el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C que tuvo la mayor velocidad de desgaste de  $1.2395 \text{ mm}^3/\text{s}$  a lo largo de toda la prueba.

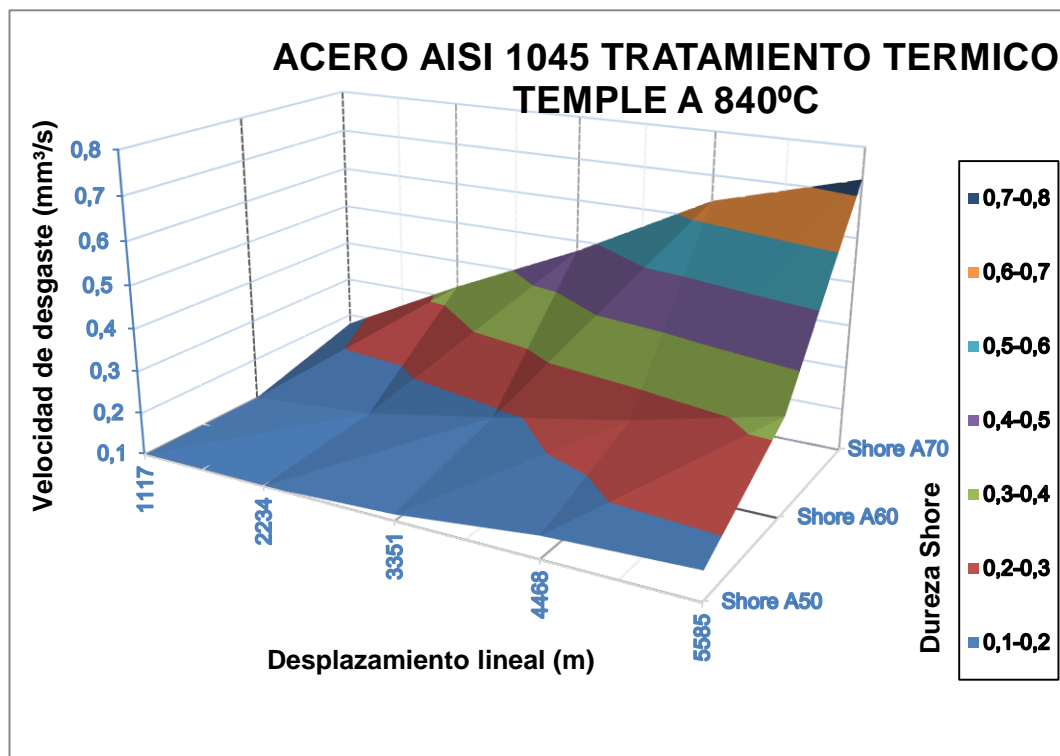


**Figura 4-22** Comportamiento del Acero AISI 1045 Comercial ante la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ), variando los discos de neopreno (A50, A60 y A70)

Fuente: Autor



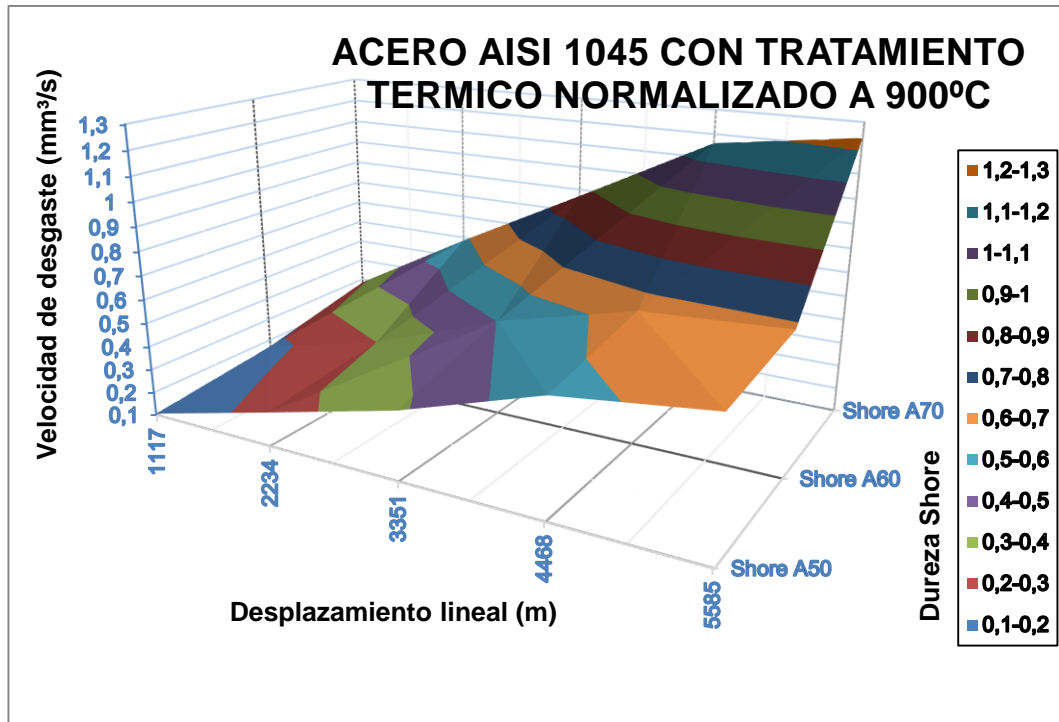
En la figura 4-22 se analiza el comportamiento la velocidad desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ), en las probetas de Acero AISI 1045 comercial, las cuales se encontraron expuestas al mismo medio abrasivo, pero variando la dureza de los disco de neopreno Shore (A50, A60 y A70), donde observáremos la mayor variación de la velocidad durante esta investigación fue producida con el disco de dureza Shore A70.



**Figura 4-23** Comportamiento del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C, ante la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ), variando los discos de neopreno (A50, A60 y A70)

**Fuente:** Autor

En la figura 4-23 se analiza el comportamiento la velocidad desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ), en las probetas de Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C, las cuales se encontraron expuestas al mismo medio abrasivo, pero variando la dureza de los disco de neopreno Shore (A50, A60 y A70), donde observáremos la mayor variación de la velocidad durante esta investigación fue producida con el disco de dureza Shore A70.



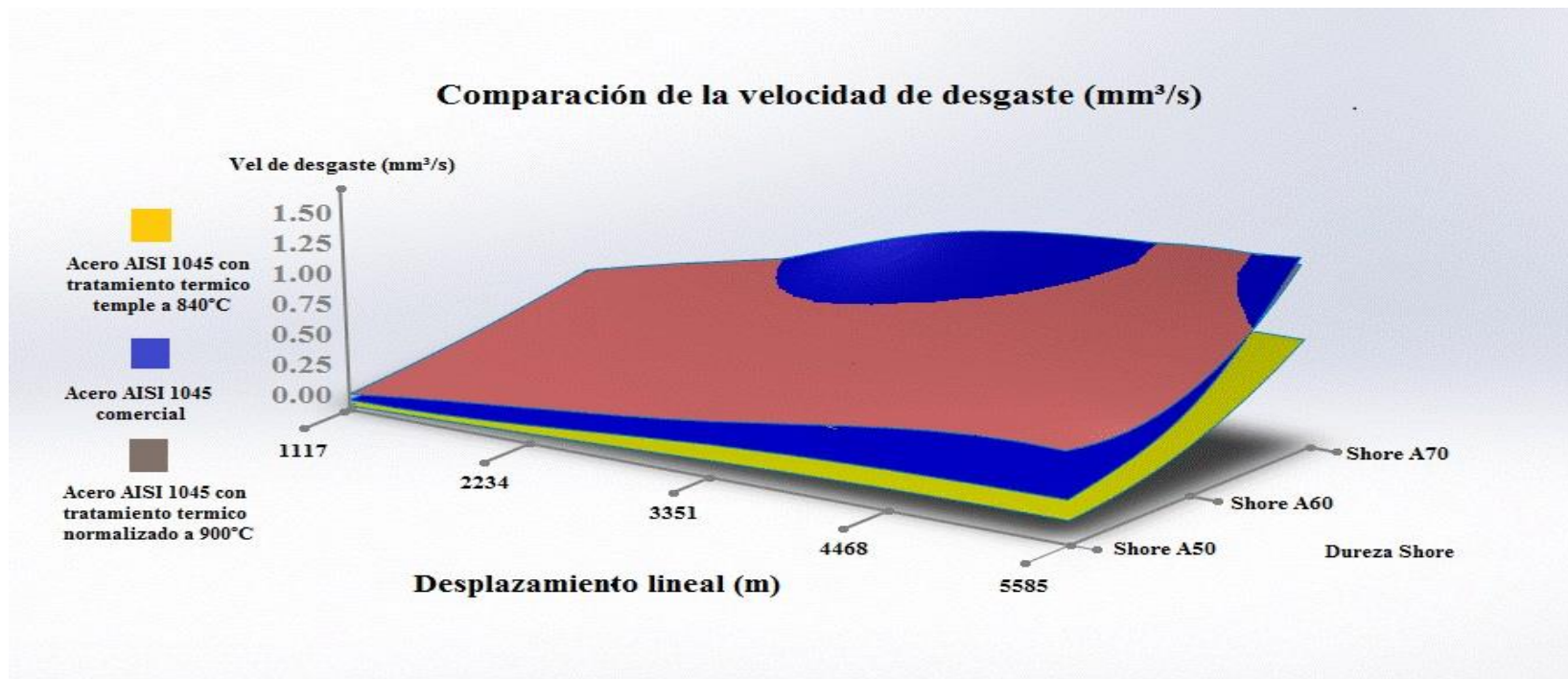
**Figura 4-24** Comportamiento del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C, ante la velocidad de desgaste (mm<sup>3</sup>/s), variando los discos de neopreno (A50, A60 y A70)

**Fuente:** Autor

En la figura 4-24 se analiza el comportamiento la velocidad desgaste (mm<sup>3</sup>/s), en las probetas de Acero AISI 1045 con tratamiento normalizado a 900°C, las cuales se encontraron expuestas al mismo medio abrasivo, pero variando la dureza de los disco de neopreno Shore (A50, A60 y A70), donde observáremos la mayor variación de la velocidad durante esta investigación fue producida con el disco de dureza Shore A70.

**Comparación de las velocidades de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ) que se obtuvieron al ponerse en contacto con un medio de desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con los discos dureza Shore A50, A60 y A70 (Norma ASTM G105-89)**

La figura 4-25, muestra el Velocidad Desgaste expresado ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ) del Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^\circ\text{C}$ .



**Figura 4-25** Comparación de la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ).

**Fuente:** Autor

#### **4.4 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

**HIPÓTESIS:** La ejecución de los tratamientos térmicos en el acero AISI 1045 evaluados en un sistema acuoso con la norma ASTM G105-89 permitirá disminuir la velocidad de desgaste del material.

##### **Comprobación**

Por medio del estudio de desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con la norma ASTM G105-89 que fue realizado en Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado 900°C se pudo determinar la velocidad de desgaste del material, dependiendo de las variaciones de los diferentes procedimientos que establece la Norma ASTM G105-89 (Procedimientos con los discos de dureza shore A50, A60 y A70), así como también, se determinó coeficientes tribológicos como son, pérdida de peso, pérdida de volumen, tasa de desgaste y coeficiente de desgaste.

Una vez que se ha realizado los ensayos de desgaste abrasivo en los Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado 900°C y fueron analizados con la norma ASTM G105-89 cada una de las probetas que se encontraron expuestas a 40 min o 5585 metros de desplazamiento lineal lo que permitió determinar todas propiedades del desgaste abrasivo, siendo el volumen de desgaste como uno de las propiedades que determinó sobre los diferentes procedimientos que fueron utilizados permitiendo que los resultados de dicha propiedad para cada uno ensayos. Como se puede observar, que con los tres discos de durezas shore A50, A60 y A70 si existe variación de volumen el que tiene menor pérdida de volumen, es el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C.

Posteriormente, se determinaron las otras propiedades tribológicas como la tasa de desgaste, el coeficiente de desgaste y por último la propiedad que a este estudio le interesa que es la velocidad de desgaste que se obtuvo al dividir el volumen (mm<sup>3</sup>)

para cada uno de los tiempos (seg) que son establecido por la Norma ASTM G 105-89, así determinado la velocidad de desgaste (mm<sup>3</sup>/s) para cada uno de los Procedimiento Shore A50, A60 y A70.

#### 4.4.1 Verificación de la hipótesis

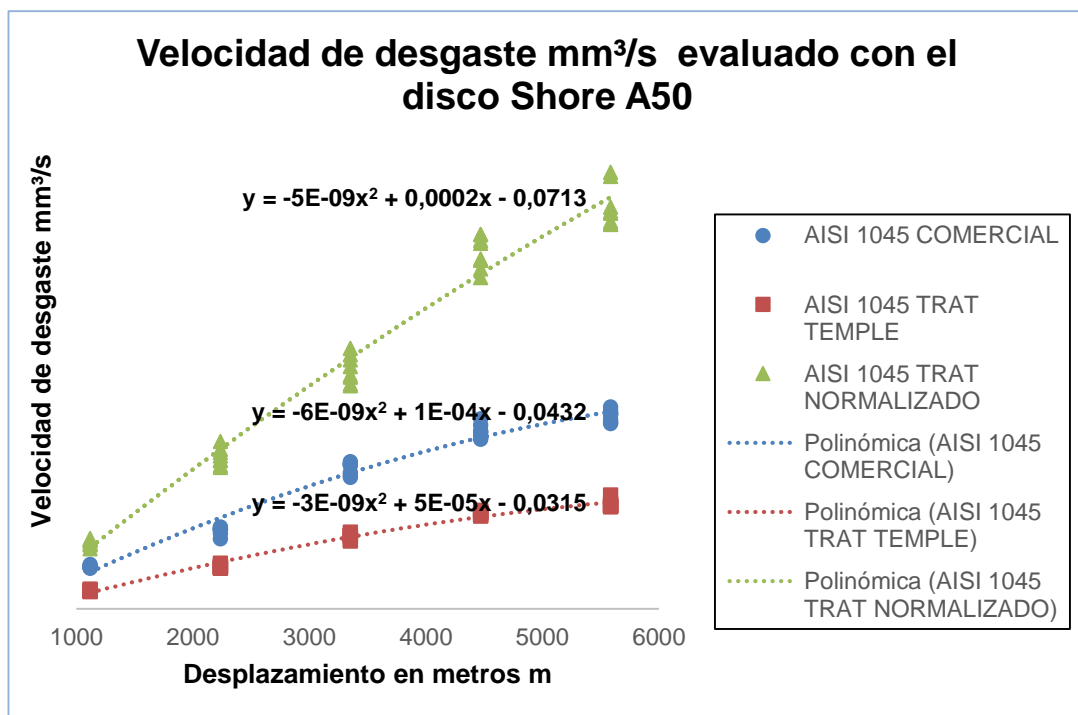
#### PROCEDIMIENTO SHORE A50

**Tabla 4-9** Resultados de obtenidos de la velocidad de desgaste (mm<sup>3</sup>/s) en los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado

AISI 1045 COMERCIAL			AISI 1045 TRAT TÉRMICO TEMPLE A 840°C			AISI 1045 TRAT TÉRMICO NORMALIZADO A 900°C		
PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)	PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)	PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)
1,1	1117	0,0705	2,1	1117	0,0293	3,1	1117	0,1097
	2234	0,1294		2234	0,0645		2234	0,2285
	3351	0,2298		3351	0,1225		3351	0,4048
	4468	0,2826		4468	0,1569		4468	0,5964
	5585	0,3089		5585	0,1659		5585	0,6169
1,2	1117	0,0665	2,2	1117	0,0296	3,2	1117	0,1123
	2234	0,1303		2234	0,0651		2234	0,2371
	3351	0,2343		3351	0,1178		3351	0,3721
	4468	0,3029		4468	0,1527		4468	0,5418
	5585	0,3111		5585	0,1814		5585	0,6130
1,3	1117	0,0674	2,3	1117	0,0316	3,3	1117	0,1027
	2234	0,1269		2234	0,0729		2234	0,2255
	3351	0,2129		3351	0,1172		3351	0,3858
	4468	0,2723		4468	0,1490		4468	0,5963
	5585	0,2974		5585	0,1638		5585	0,6953
1,4	1117	0,0654	2,4	1117	0,0280	3,4	1117	0,1052
	2234	0,1266		2234	0,0666		2234	0,2358
	3351	0,2291		3351	0,1079		3351	0,3578
	4468	0,2744		4468	0,1533		4468	0,5822
	5585	0,2952		5585	0,1635		5585	0,6397
1,5	1117	0,0681	2,5	1117	0,0290	3,5	1117	0,0955
	2234	0,1202		2234	0,0675		2234	0,2494
	3351	0,2174		3351	0,1094		3351	0,3552
	4468	0,2828		4468	0,1489		4468	0,5276
	5585	0,3217		5585	0,1630		5585	0,6329
	1117	0,0688		1117	0,0290		1117	0,1017
	2234	0,1270		2234	0,0652		2234	0,2545

1,6	3351	0,2298	2,6	3351	0,1160	3,6	3351	0,3969
	4468	0,2926		4468	0,1476		4468	0,5575
	5585	0,3121		5585	0,1690		5585	0,6305
1,7	1117	0,0648	2,7	1117	0,0277	3,7	1117	0,1096
	2234	0,1259		2234	0,0687		2234	0,2669
	3351	0,2325		3351	0,1176		3351	0,4151
	4468	0,2803		4468	0,1561		4468	0,5867
	5585	0,3160		5585	0,1624		5585	0,6892
1,8	1117	0,0660	2,8	1117	0,0276	3,8	1117	0,1096
	2234	0,1113		2234	0,0657		2234	0,2436
	3351	0,2094		3351	0,1145		3351	0,3693
	4468	0,2703		4468	0,1532		4468	0,5554
	5585	0,3009		5585	0,1643		5585	0,6126

Fuente: Autor



**Figura 4-26** Verificación de hipótesis en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.

Fuente: Autor

**HIPÓTESIS:** La ejecución de los tratamientos térmicos en el acero AISI 1045 evaluados en un sistema acuoso con la norma ASTM G105-89 permitirá disminuir la velocidad de desgaste del material.

Mediante las pruebas realizadas con el disco de dureza Shore A50 evaluado con las Norma ASTM G105-89 en los Aceros AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C. Se muestra en la figura 4-26 que se verifica la hipótesis estadísticamente con la ayuda de ecuaciones para los distintos desplazamientos lineales a los cuales fueron sometidos las probetas, demostrando de esta manera, que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C obtuvo una menor velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ) con respecto al Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C y al Acero AISI 1045 comercial. Con lo que demostramos que la hipótesis estadística planteada en disminuir la velocidad de desgaste al dar tratamiento térmico adecuado se cumplió.

#### 4.4.1.1 Verificación de la hipótesis por selección estadístico para el Procedimiento Shore A50

En nuestro caso el modelo estadístico que emplearemos es la prueba Z para dos muestras, ya que nuestro interés es verificar la velocidad de desgaste  $\text{mm}^3/\text{s}$  en el Acero AISI 1045.

#### 4.4.1.2 Supuestos del modelo Z para dos muestras relacionadas

- Nivel de medida de las variables.
- Distribución normal o aproximadamente normal.
- Tipo de diseño: Equilibrado.
- Varianza de la diferencia de medidas.
- Observaciones.
- Hipótesis que se pone a prueba.

**Tabla 4-10** Contraste de medias, desconocida la varianza poblacional de las diferencias: estadístico Z

CASO I	CASO II	CASO III
$H_0: u_1 = u_2$	$H_0: u_1 = u_2$	$H_0: u_1 = u_2$
$H_1: u_1 < u_2$	$H_1: u_1 \neq u_2$	$H_1: u_1 > u_2$

**Fuente:** Edgar Acuña. Inferencia Estadística.

#### 4.4.1.3 Nivel de significancia ( $\alpha$ )

El nivel de significancia seleccionado es del 5% (0.05) para la comprobación de la hipótesis, con un contraste bilateral o de dos colas asumiendo que puede existir diferencia; sin especificar si se situaran por encima o por debajo de los valores asignados.



**4.4.1.4 Verificación de la hipótesis con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840<sup>3</sup>C con el Procedimiento Shore A50**

**Tabla 4-11** Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm<sup>3</sup>/s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840<sup>3</sup>C.

AIS I 1045 COMERCIAL			AIS I 1045 TRAT TÉRMICO TEMPLE A 840°C		
PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)	PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)
1,1	1117	0,0705	2,1	1117	0,0293
	2234	0,1294		2234	0,0645
	3351	0,2298		3351	0,1225
	4468	0,2826		4468	0,1569
	5585	0,3089		5585	0,1659
1,2	1117	0,0665	2,2	1117	0,0296
	2234	0,1303		2234	0,0651
	3351	0,2343		3351	0,1178
	4468	0,3029		4468	0,1527
	5585	0,3111		5585	0,1814
1,3	1117	0,0674	2,3	1117	0,0316
	2234	0,1269		2234	0,0729
	3351	0,2129		3351	0,1172
	4468	0,2723		4468	0,1490
	5585	0,2974		5585	0,1638
1,4	1117	0,0654	2,4	1117	0,0280
	2234	0,1266		2234	0,0666
	3351	0,2291		3351	0,1079
	4468	0,2744		4468	0,1533
	5585	0,2952		5585	0,1635
1,5	1117	0,0681	2,5	1117	0,0290
	2234	0,1202		2234	0,0675
	3351	0,2174		3351	0,1094
	4468	0,2828		4468	0,1489
	5585	0,3217		5585	0,1630
1,6	1117	0,0688	2,6	1117	0,0290
	2234	0,1270		2234	0,0652
	3351	0,2298		3351	0,1160
	4468	0,2926		4468	0,1476
	5585	0,3121		5585	0,1690
1,7	1117	0,0648	2,7	1117	0,0277
	2234	0,1259		2234	0,0687
	3351	0,2325		3351	0,1176
	4468	0,2803		4468	0,1561

	5585	0,3160		5585	0,1624
<b>1,8</b>	1117	0,0660	<b>2,8</b>	1117	0,0276
	2234	0,1113		2234	0,0657
	3351	0,2094		3351	0,1145
	4468	0,2703		4468	0,1532
	5585	0,3009		5585	0,1643

**Fuente:** Autor

#### 4.4.1.5 Cálculo estadístico con Excel

**Tabla 4-12** Prueba Z para medias de dos muestras.

<b>Prueba z para medias de dos muestras</b>		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	0,20129116	0,10603467
Varianza (conocida)	0,0087	0,00275
Observaciones	40	40
Diferencia hipotética de las medias	0	
Z	5,63017413	
P(Z<=z) una cola	9,0014E-09	
Valor crítico de z (una cola)	1,64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	1,8003E-08	
Valor crítico de z (dos colas)	1,95996398	

**Fuente:** Autor

Del (ANEXO A7 Tabla de valores de Z) se tiene que para una  $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$ , los valores críticos son, los valores críticos son  $\pm 1.96$  entonces se aplica la siguiente regla de decisión:

Por tanto, la regla para decisión sería:

Rechazar  $H_0$  si  $Z > + 1.96$  O si  $Z < - 1.96$

De lo contrario, no rechazar  $H_0$

Encontrando el valor de  $Z = 5.63$  él cual se encuentra fuera del rango de aceptación, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la aprobación de la hipótesis estadística de trabajo en donde el Acero AISI 1045 con tratamiento

térmico temple a 840°C ayudó a disminuir la velocidad de desgaste, significando que del 0.05 donde no existen datos suficientes que puedan impedir una aplicación industrial.

#### 4.4.1.6 Verificación de la hipótesis con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C con el Procedimiento Shore A50

**Tabla 4-13** Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm<sup>3</sup>/s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.

AISI 1045 COMERCIAL			AISI 1045 TRAT TÉRMICO NORMALIZADO A 900°C		
PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)	PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)
1,1	1117	0,0705	3,1	1117	0,1097
	2234	0,1294		2234	0,2285
	3351	0,2298		3351	0,4048
	4468	0,2826		4468	0,5964
	5585	0,3089		5585	0,6169
1,2	1117	0,0665	3,2	1117	0,1123
	2234	0,1303		2234	0,2371
	3351	0,2343		3351	0,3721
	4468	0,3029		4468	0,5418
	5585	0,3111		5585	0,6130
1,3	1117	0,0674	3,3	1117	0,1027
	2234	0,1269		2234	0,2255
	3351	0,2129		3351	0,3858
	4468	0,2723		4468	0,5963
	5585	0,2974		5585	0,6953
1,4	1117	0,0654	3,4	1117	0,1052
	2234	0,1266		2234	0,2358
	3351	0,2291		3351	0,3578
	4468	0,2744		4468	0,5822
	5585	0,2952		5585	0,6397
1,5	1117	0,0681	3,5	1117	0,0955
	2234	0,1202		2234	0,2494
	3351	0,2174		3351	0,3552
	4468	0,2828		4468	0,5276
	5585	0,3217		5585	0,6329
1,6	1117	0,0688	3,6	1117	0,1017
	2234	0,1270		2234	0,2545
	3351	0,2298		3351	0,3969
	4468	0,2926		4468	0,5575

	5585	0,3121		5585	0,6305
1,7	1117	0,0648	3,7	1117	0,1096
	2234	0,1259		2234	0,2669
	3351	0,2325		3351	0,4151
	4468	0,2803		4468	0,5867
	5585	0,3160		5585	0,6892
1,8	1117	0,0660	3,8	1117	0,1096
	2234	0,1113		2234	0,2436
	3351	0,2094		3351	0,3693
	4468	0,2703		4468	0,5554
	5585	0,3009		5585	0,6126

Fuente: Autor

#### 4.4.1.7 Cálculo estadístico con Excel

Tabla 4-14 Prueba Z para medias de dos muestras.

Prueba z para medias de dos muestras		
	Variable 1	Variable 2
Media	0,20129116	0,38796429
Varianza (conocida)	0,0087	0,040925
Observaciones	40	40
Diferencia hipotética de las medias	0	
Z	-5,2998252	
P(Z<=z) una cola	5,7957E-08	
Valor crítico de z (una cola)	1,64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	1,1591E-07	
Valor crítico de z (dos colas)	1,95996398	

Fuente: Autor

Del (ANEXO A7 Tabla de valores de Z) se tiene que para una  $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$ , los valores críticos son, los valores críticos son  $\pm 1.96$  entonces se aplica la siguiente regla de decisión:

Por tanto, la regla para decisión sería:

Rechazar  $H_0$  si  $Z > + 1.96$  O si  $Z < - 1.96$

De lo contrario, no rechazar  $H_0$

Encontrando el valor de  $Z = -5.299$  el cual se encuentra fuera del rango de aceptación, se rechaza la hipótesis estadística de trabajo y se acepta la aprobación de la hipótesis nula  $H_0$  en donde el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^{\circ}\text{C}$  no ayudó a disminuir la velocidad de desgaste, significando que el Acero AISI 1045 comercial presento mejores propiedades a la velocidad de desgaste.

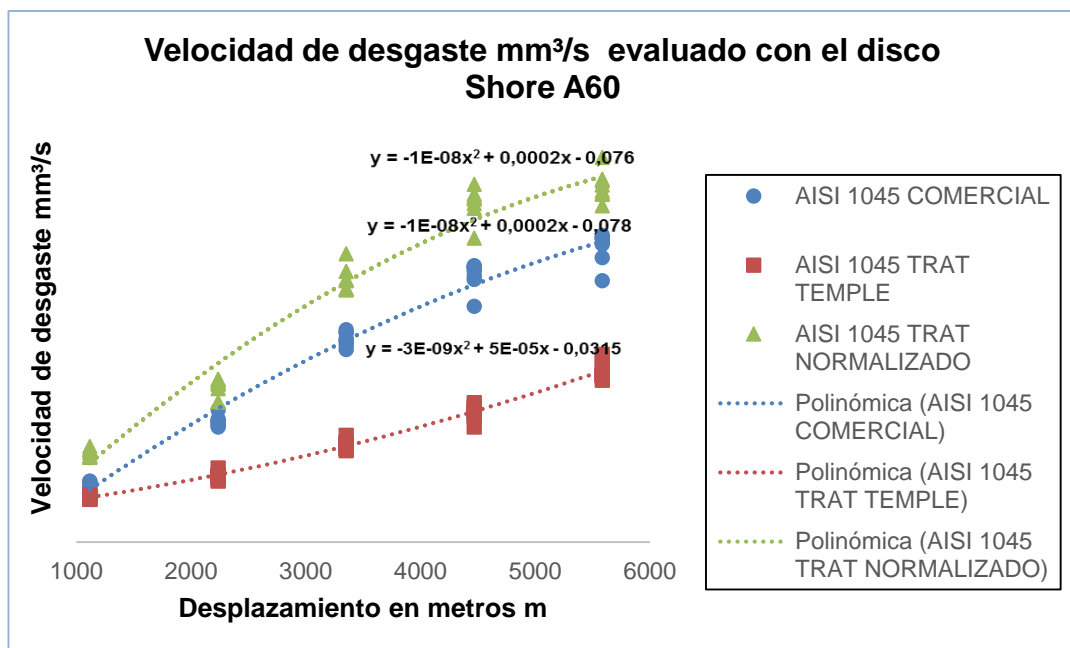
## PROCEDIMIENTO SHORE A60

**Tabla 4-15** Resultados de obtenidos de la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ) en los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^{\circ}\text{C}$  y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado.

AISI 1045 COMERCIAL			AISI 1045 TRAT TÉRMICO TEMPLE A $840^{\circ}\text{C}$			AISI 1045 TRAT TÉRMICO NORMALIZADO A $900^{\circ}\text{C}$		
PROB	DESPL(m)	VEL( $\text{mm}^3/\text{s}$ )	PROB	DESPL(m)	VEL( $\text{mm}^3/\text{s}$ )	PROB	DESPL(m)	VEL( $\text{mm}^3/\text{s}$ )
1,1	1117	0,1071	2,1	1117	0,0821	3,1	1117	0,1647
	2234	0,2354		2234	0,1169		2234	0,3048
	3351	0,4014		3351	0,1883		3351	0,4835
	4468	0,5246		4468	0,2468		4468	0,6376
	5585	0,5789		5585	0,3588		5585	0,6648
1,2	1117	0,1097	2,2	1117	0,0903	3,2	1117	0,1618
	2234	0,2299		2234	0,1197		2234	0,3095
	3351	0,4007		3351	0,1782		3351	0,5015
	4468	0,5257		4468	0,2553		4468	0,6468
	5585	0,5863		5585	0,3429		5585	0,6426
1,3	1117	0,1126	2,3	1117	0,0860	3,3	1117	0,1634
	2234	0,2313		2234	0,1221		2234	0,3114
	3351	0,3855		3351	0,1816		3351	0,4993
	4468	0,5187		4468	0,2485		4468	0,6836
	5585	0,5725		5585	0,3186		5585	0,6907
1,4	1117	0,1115	2,4	1117	0,0821	3,4	1117	0,1710
	2234	0,2230		2234	0,1266		2234	0,2933
	3351	0,4061		3351	0,1749		3351	0,5013
	4468	0,5257		4468	0,2199		4468	0,6564
	5585	0,5694		5585	0,3181		5585	0,6825
1,5	1117	0,1123	2,5	1117	0,0828	3,5	1117	0,1775
	2234	0,2200		2234	0,1285		2234	0,3059
	3351	0,3837		3351	0,1795		3351	0,4821
	4468	0,5285		4468	0,2586		4468	0,5812
	5585	0,5821		5585	0,3212		5585	0,6706

1,6	1117	0,1163	2,6	1117	0,0880	3,6	1117	0,1625
	2234	0,2327		2234	0,1283		2234	0,3109
	3351	0,3887		3351	0,1910		3351	0,4844
	4468	0,5021		4468	0,2669		4468	0,6604
	5585	0,5817		5585	0,3188		5585	0,6657
1,7	1117	0,1166	2,7	1117	0,0900	3,7	1117	0,1760
	2234	0,2252		2234	0,1290		2234	0,3017
	3351	0,3762		3351	0,1905		3351	0,5175
	4468	0,5086		4468	0,2399		4468	0,6648
	5585	0,5434		5585	0,3307		5585	0,6935
1,8	1117	0,1068	2,8	1117	0,0884	3,8	1117	0,1831
	2234	0,2531		2234	0,1419		2234	0,2676
	3351	0,3682		3351	0,2042		3351	0,5507
	4468	0,4505		4468	0,2521		4468	0,6561
	5585	0,4996		5585	0,3096		5585	0,7349

Fuente: Autor



**Figura 4-27** Verificación de hipótesis en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.

Fuente Autor

**HIPÓTESIS:** La ejecución de los tratamientos térmicos en el acero AISI 1045 evaluados en un sistema acuoso con la norma ASTM G105-89 permitirá disminuir la velocidad de desgaste del material.

Mediante las pruebas realizadas con el disco de dureza Shore A60 evaluado con las Norma ASTM G105-89 en los Aceros AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C. Se muestra en la figura 4-27 que se verifica la hipótesis estadísticamente con la ayuda de ecuaciones para los distintos desplazamientos lineales a los cuales fueron sometidos las probetas, demostrando de esta manera, que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C obtuvo una menor velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ) con respecto al Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C y al Acero AISI 1045 comercial. Con lo que demostramos que la hipótesis estadística planteada en disminuir la velocidad de desgaste al dar tratamiento térmico adecuado se cumplió.

#### 4.4.1.8 Verificación de la hipótesis por selección estadístico para el Procedimiento Shore A60

En nuestro caso el modelo estadístico que emplearemos es la prueba Z para dos muestras, ya que nuestro interés es verificar la velocidad de desgaste mm<sup>3</sup>/s en el Acero AISI 1045.

#### 4.4.1.9 Supuestos del modelo Z para dos muestras relacionadas

- Nivel de medida de las variables.
- Distribución normal o aproximadamente normal.
- Tipo de diseño: Equilibrado.
- Varianza de la diferencia de medidas.
- Observaciones.
- Hipótesis que se pone a prueba.

**Tabla 4-16** Contraste de medias, desconocida la varianza poblacional de las diferencias:  
estadístico Z

CASO I	CASO II	CASO III
H <sub>0</sub> : u <sub>1</sub> = u <sub>2</sub>	H <sub>0</sub> : u <sub>1</sub> = u <sub>2</sub>	H <sub>0</sub> : u <sub>1</sub> = u <sub>2</sub>
H <sub>1</sub> : u <sub>1</sub> < u <sub>2</sub>	H <sub>1</sub> : u <sub>1</sub> ≠u <sub>2</sub>	H <sub>1</sub> : u <sub>1</sub> > u <sub>2</sub>

**Fuente:** Edgar Acuña. Inferencia Estadística.

#### 4.4.1.10 Nivel de significancia ( $\alpha$ )

El nivel de significancia seleccionado es del 5% (0.05) para la comprobación de la hipótesis, con un contraste bilateral o de dos colas asumiendo que puede existir diferencia; sin especificar si se situaran por encima o por debajo de los valores asignados.



**4.4.1.11 Verificación de la hipótesis con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840<sup>3</sup>C con el Procedimiento Shore A60.**

**Tabla 4-17** Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm<sup>3</sup>/s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840<sup>3</sup>C.

AIS I 1045 COMERCIAL			AIS I 1045 TRAT TÉRMICO TEMPLE A 840°C		
PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)	PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)
1,1	1117	0,1071	2,1	1117	0,0821
	2234	0,2354		2234	0,1169
	3351	0,4014		3351	0,1883
	4468	0,5246		4468	0,2468
	5585	0,5789		5585	0,3588
1,2	1117	0,1097	2,2	1117	0,0903
	2234	0,2299		2234	0,1197
	3351	0,4007		3351	0,1782
	4468	0,5257		4468	0,2553
	5585	0,5863		5585	0,3429
1,3	1117	0,1126	2,3	1117	0,0860
	2234	0,2313		2234	0,1221
	3351	0,3855		3351	0,1816
	4468	0,5187		4468	0,2485
	5585	0,5725		5585	0,3186
1,4	1117	0,1115	2,4	1117	0,0821
	2234	0,2230		2234	0,1266
	3351	0,4061		3351	0,1749
	4468	0,5257		4468	0,2199
	5585	0,5694		5585	0,3181
1,5	1117	0,1123	2,5	1117	0,0828
	2234	0,2200		2234	0,1285
	3351	0,3837		3351	0,1795
	4468	0,5285		4468	0,2586
	5585	0,5821		5585	0,3212
1,6	1117	0,1163	2,6	1117	0,0880
	2234	0,2327		2234	0,1283
	3351	0,3887		3351	0,1910
	4468	0,5021		4468	0,2669
	5585	0,5817		5585	0,3188
1,7	1117	0,1166	2,7	1117	0,0900
	2234	0,2252		2234	0,1290
	3351	0,3762		3351	0,1905
	4468	0,5086		4468	0,2399

	5585	0,5434		5585	0,3307
<b>1,8</b>	1117	0,1068	<b>2,8</b>	1117	0,0884
	2234	0,2531		2234	0,1419
	3351	0,3682		3351	0,2042
	4468	0,4505		4468	0,2521
	5585	0,4996		5585	0,3096

Fuente: Autor

#### 4.4.1.12 Cálculo estadístico con Excel

Tabla 4-18 Prueba Z para medias de dos muestras.

<b>Prueba z para medias de dos muestras</b>		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	0,36131208	0,19493503
Varianza (conocida)	0,0297	0,00769
Observaciones	40	40
Diferencia hipotética de las medias	0	
Z	5,44183869	
P(Z<=z) una cola	2,6367E-08	
Valor crítico de z (una cola)	1,64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	5,2733E-08	
Valor crítico de z (dos colas)	1,95996398	

Fuente: Autor

Del (ANEXO A7 Tabla de valores de Z) se tiene que para una  $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$ , los valores críticos son, los valores críticos son  $\pm 1.96$  entonces se aplica la siguiente regla de decisión:

Por tanto, la regla para decisión sería:

Rechazar  $H_0$  si  $Z > + 1.96$  O si  $Z < - 1.96$

De lo contrario, no rechazar  $H_0$

Encontrando el valor de  $Z = 5.44$  él cual se encuentra fuera del rango de aceptación, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la aprobación de la hipótesis estadística de trabajo en donde el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  ayudó a disminuir la velocidad de desgaste, significando

que del 0.05 donde no existen datos suficientes que puedan impedir una aplicación industrial.

#### 4.4.1.13 Verificación de la hipótesis con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C con el Procedimiento Shore A60

**Tabla 4-19** Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm<sup>3</sup>/s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.

AISI 1045 COMERCIAL			AISI 1045 TRAT TÉRMICO NORMALIZADO A 900°C		
PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)	PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)
1,1	1117	0,1071	3,1	1117	0,1647
	2234	0,2354		2234	0,3048
	3351	0,4014		3351	0,4835
	4468	0,5246		4468	0,6376
	5585	0,5789		5585	0,6648
1,2	1117	0,1097	3,2	1117	0,1618
	2234	0,2299		2234	0,3095
	3351	0,4007		3351	0,5015
	4468	0,5257		4468	0,6468
	5585	0,5863		5585	0,6426
1,3	1117	0,1126	3,3	1117	0,1634
	2234	0,2313		2234	0,3114
	3351	0,3855		3351	0,4993
	4468	0,5187		4468	0,6836
	5585	0,5725		5585	0,6907
1,4	1117	0,1115	3,4	1117	0,1710
	2234	0,2230		2234	0,2933
	3351	0,4061		3351	0,5013
	4468	0,5257		4468	0,6564
	5585	0,5694		5585	0,6825
1,5	1117	0,1123	3,5	1117	0,1775
	2234	0,2200		2234	0,3059
	3351	0,3837		3351	0,4821
	4468	0,5285		4468	0,5812
	5585	0,5821		5585	0,6706
1,6	1117	0,1163	3,6	1117	0,1625
	2234	0,2327		2234	0,3109
	3351	0,3887		3351	0,4844
	4468	0,5021		4468	0,6604
	5585	0,5817		5585	0,6657

1,7	1117	0,1166	3,7	1117	0,1760
	2234	0,2252		2234	0,3017
	3351	0,3762		3351	0,5175
	4468	0,5086		4468	0,6648
	5585	0,5434		5585	0,6935
1,8	1117	0,1068	3,8	1117	0,1831
	2234	0,2531		2234	0,2676
	3351	0,3682		3351	0,5507
	4468	0,4505		4468	0,6561
	5585	0,4996		5585	0,7349

Fuente: Autor

#### 4.4.1.14 Cálculo estadístico con Excel

Tabla 4-20 Prueba Z para medias de dos muestras.

Prueba z para medias de dos muestras		
	Variable 1	Variable 2
Media	0,36131208	0,46043189
Varianza (conocida)	0,0297	0,04054
Observaciones	40	40
Diferencia hipotética de las medias	0	
Z	-2,36536525	
P(Z<=z) una cola	0,00900615	
Valor crítico de z (una cola)	1,64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	0,0180123	
Valor crítico de z (dos colas)	1,95996398	

Fuente: Autor

Del (ANEXO A7 Tabla de valores de Z) se tiene que para una  $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$ , los valores críticos son, los valores críticos son  $\pm 1.96$  entonces se aplica la siguiente regla de decisión:

Por tanto, la regla para decisión sería:

Rechazar  $H_0$  si  $Z > + 1.96$  O si  $Z < - 1.96$

De lo contrario, no rechazar  $H_0$

Encontrando el valor de  $Z = -2.36$  el cual se encuentra fuera del rango de aceptación, se rechaza la hipótesis estadística de trabajo y se acepta la aprobación de la hipótesis nula  $H_0$  en donde el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^{\circ}\text{C}$  no ayudó a disminuir la velocidad de desgaste, significando que el Acero AISI 1045 comercial presento mejores propiedades a la velocidad de desgaste.

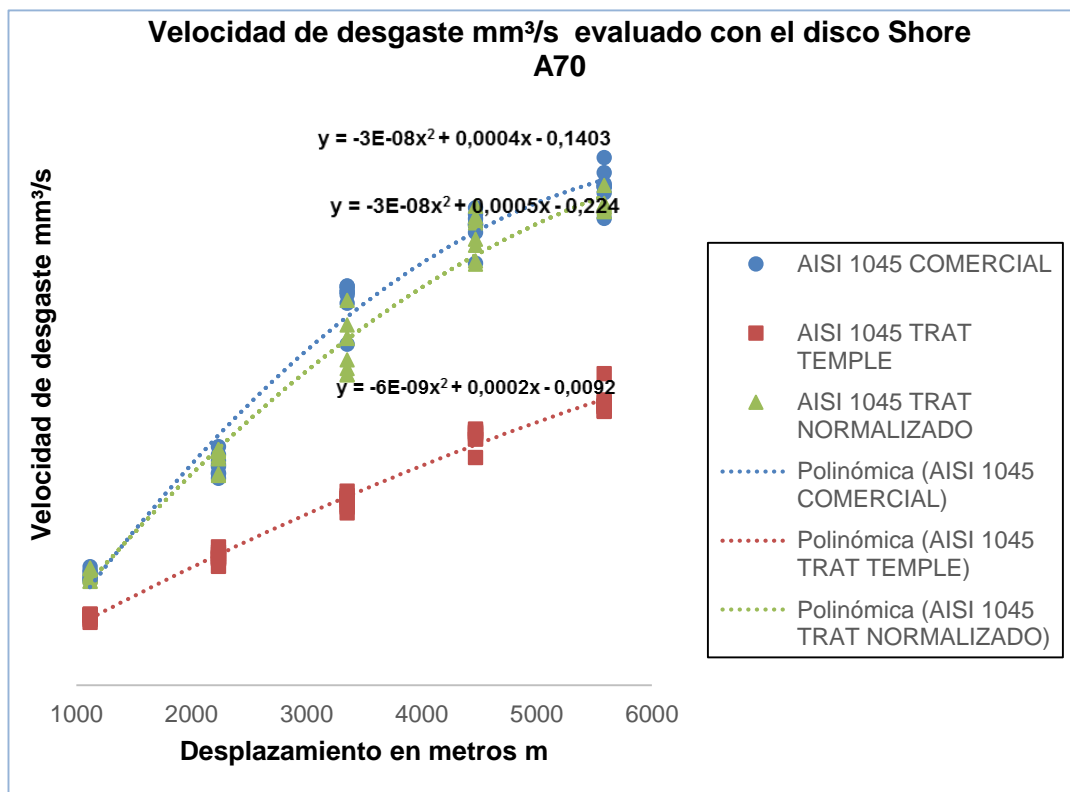
## PROCEDIMIENTO SHORE A70

**Tabla 4-21** Resultados de obtenidos de la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ) en los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^{\circ}\text{C}$  y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado

AISI 1045 COMERCIAL			AISI 1045 TRAT TÉRMICO TEMPLE A $840^{\circ}\text{C}$			AISI 1045 TRAT TÉRMICO NORMALIZADO A $900^{\circ}\text{C}$		
PROB	DESPL(m)	VEL( $\text{mm}^3/\text{s}$ )	PROB	DESPL(m)	VEL( $\text{mm}^3/\text{s}$ )	PROB	DESPL(m)	VEL( $\text{mm}^3/\text{s}$ )
1,1	1117	0,2927	2,1	1117	0,1618	3,1	1117	0,2688
	2234	0,5794		2234	0,3440		2234	0,5918
	3351	1,0299		3351	0,4822		3351	0,8965
	4468	1,1906		4468	0,6566		4468	1,1508
	5585	1,2701		5585	0,7190		5585	1,2431
1,2	1117	0,2962	2,2	1117	0,1792	3,2	1117	0,2810
	2234	0,5693		2234	0,3311		2234	0,6048
	3351	1,0142		3351	0,4642		3351	0,9294
	4468	1,2032		4468	0,6520		4468	1,2084
	5585	1,2040		5585	0,7229		5585	1,2228
1,3	1117	0,2677	2,3	1117	0,1689	3,3	1117	0,2877
	2234	0,5644		2234	0,3378		2234	0,6025
	3351	1,0068		3351	0,4444		3351	0,9932
	4468	1,2152		4468	0,5877		4468	1,2354
	5585	1,3224		5585	0,7061		5585	1,2296
1,4	1117	0,2842	2,4	1117	0,1809	3,4	1117	0,3028
	2234	0,5948		2234	0,3566		2234	0,6072
	3351	0,9855		3351	0,4767		3351	0,8944
	4468	1,1866		4468	0,6357		4468	1,1926
	5585	1,2937		5585	0,7183		5585	1,2348
1,5	1117	0,2745	2,5	1117	0,1728	3,5	1117	0,2836
	2234	0,5466		2234	0,3299		2234	0,5839
	3351	1,0290		3351	0,5005		3351	0,8167
	4468	1,1881		4468	0,6355		4468	1,1351
	5585	1,2852		5585	0,7294		5585	1,2402

1,6	1117	0,3054	2,6	1117	0,1797	3,6	1117	0,3002
	2234	0,6155		2234	0,3064		2234	0,6080
	3351	1,0147		3351	0,4595		3351	0,8000
	4468	1,1680		4468	0,6466		4468	1,0948
	5585	1,2860		5585	0,7077		5585	1,2895
1,7	1117	0,2728	2,7	1117	0,1828	3,7	1117	0,2681
	2234	0,5457		2234	0,3259		2234	0,5411
	3351	1,0225		3351	0,4830		3351	0,8025
	4468	1,2313		4468	0,6524		4468	1,0863
	5585	1,3615		5585	0,7361		5585	1,2218
1,8	1117	0,2788	2,8	1117	0,1833	3,8	1117	0,2788
	2234	0,5333		2234	0,3270		2234	0,5449
	3351	0,8794		3351	0,4894		3351	0,8390
	4468	1,0888		4468	0,6611		4468	1,2003
	5585	1,2882		5585	0,8037		5585	1,2339

Fuente: Autor



**Figura 4-28** Verificación de hipótesis en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.

Fuente: Autor

**HIPÓTESIS:** La ejecución de los tratamientos térmicos en el acero AISI 1045 evaluados en un sistema acuoso con la norma ASTM G105-89 permitirá disminuir la velocidad de desgaste del material.

Mediante las pruebas realizadas con el disco de dureza Shore A50 evaluado con las Norma ASTM G105-89 en los Aceros AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C. Se muestra en la figura 4-28 que se verifica la hipótesis estadísticamente con la ayuda de ecuaciones para los distintos desplazamientos lineales a los cuales fueron sometidos las probetas, demostrando de esta manera, que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C obtuvo una menor velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ) con respecto al Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C y al Acero AISI 1045 comercial. Con lo que demostramos que la hipótesis estadística planteada en disminuir la velocidad de desgaste al dar tratamiento térmico adecuado se cumplió.

#### 4.4.1.15 Verificación de la hipótesis por selección estadístico para el Procedimiento Shore A70

En nuestro caso el modelo estadístico que emplearemos es la prueba Z para dos muestras, ya que nuestro interés es verificar la velocidad de desgaste mm<sup>3</sup>/s en el Acero AISI 1045.

#### 4.4.1.16 Supuestos del modelo Z para dos muestras relacionadas

- Nivel de medida de las variables.
- Distribución normal o aproximadamente normal.
- Tipo de diseño: Equilibrado.
- Varianza de la diferencia de medidas.
- Observaciones.
- Hipótesis que se pone a prueba.

**Tabla 4-22** Contraste de medias, desconocida la varianza poblacional de las diferencias:  
estadístico Z

CASO I	CASO II	CASO III
H <sub>0</sub> : u <sub>1</sub> = u <sub>2</sub>	H <sub>0</sub> : u <sub>1</sub> = u <sub>2</sub>	H <sub>0</sub> : u <sub>1</sub> = u <sub>2</sub>
H <sub>1</sub> : u <sub>1</sub> < u <sub>2</sub>	H <sub>1</sub> : u <sub>1</sub> ≠u <sub>2</sub>	H <sub>1</sub> : u <sub>1</sub> > u <sub>2</sub>

**Fuente:** Edgar Acuña. Inferencia Estadística.

#### 4.4.1.17 Nivel de significancia ( $\alpha$ )

El nivel de significancia seleccionado es del 5% (0.05) para la comprobación de la hipótesis, con un contraste bilateral o de dos colas asumiendo que puede existir diferencia; sin especificar si se situaran por encima o por debajo de los valores asignados.



**4.4.1.18 Verificación de la hipótesis con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840<sup>3</sup>C con el Procedimiento Shore A70**

**Tabla 4-23** Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm<sup>3</sup>/s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840<sup>3</sup>C.

AIS I 1045 COMERCIAL			AIS I 1045 TRAT TÉRMICO TEMPLE A 840°C		
PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)	PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)
1,1	1117	0,2927	2,1	1117	0,1618
	2234	0,5794		2234	0,3440
	3351	1,0299		3351	0,4822
	4468	1,1906		4468	0,6566
	5585	1,2701		5585	0,7190
1,2	1117	0,2962	2,2	1117	0,1792
	2234	0,5693		2234	0,3311
	3351	1,0142		3351	0,4642
	4468	1,2032		4468	0,6520
	5585	1,2040		5585	0,7229
1,3	1117	0,2677	2,3	1117	0,1689
	2234	0,5644		2234	0,3378
	3351	1,0068		3351	0,4444
	4468	1,2152		4468	0,5877
	5585	1,3224		5585	0,7061
1,4	1117	0,2842	2,4	1117	0,1809
	2234	0,5948		2234	0,3566
	3351	0,9855		3351	0,4767
	4468	1,1866		4468	0,6357
	5585	1,2937		5585	0,7183
1,5	1117	0,2745	2,5	1117	0,1728
	2234	0,5466		2234	0,3299
	3351	1,0290		3351	0,5005
	4468	1,1881		4468	0,6355
	5585	1,2852		5585	0,7294
1,6	1117	0,3054	2,6	1117	0,1797
	2234	0,6155		2234	0,3064
	3351	1,0147		3351	0,4595
	4468	1,1680		4468	0,6466
	5585	1,2860		5585	0,7077
1,7	1117	0,2728	2,7	1117	0,1828
	2234	0,5457		2234	0,3259
	3351	1,0225		3351	0,4830
	4468	1,2313		4468	0,6524

	5585	1,3615		5585	0,7361
<b>1,8</b>	1117	0,2788	<b>2,8</b>	1117	0,1833
	2234	0,5333		2234	0,3270
	3351	0,8794		3351	0,4894
	4468	1,0888		4468	0,6611
	5585	1,2882		5585	0,8037

Fuente: Autor

#### 4.4.1.19 Cálculo estadístico con Excel

Tabla 4-24 Prueba Z para medias de dos muestras.

Prueba z para medias de dos muestras		
	Variable 1	Variable 2
Media	0,86464415	0,47096724
Varianza (conocida)	0,1499	0,04188
Observaciones	40	40
Diferencia hipotética de las medias	0	
Z	5,68549508	
P(Z<=z) una cola	6,5217E-09	
Valor crítico de z (una cola)	1,64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	1,3043E-08	
Valor crítico de z (dos colas)	1,95996398	

Fuente: Autor

Del (ANEXO A7 Tabla de valores de Z) se tiene que para una  $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$ , los valores críticos son, los valores críticos son  $\pm 1.96$  entonces se aplica la siguiente regla de decisión:

Por tanto, la regla para decisión sería:

Rechazar  $H_0$  si  $Z > + 1.96$  O si  $Z < - 1.96$

De lo contrario, no rechazar  $H_0$

Encontrando el valor de  $Z = 5.68$  él cual se encuentra fuera del rango de aceptación, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la aprobación de la hipótesis estadística de trabajo en donde el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a  $840^\circ\text{C}$  ayudó a disminuir la velocidad de desgaste, significando

que del 0.05 donde no existen datos suficientes que puedan impedir una aplicación industrial.

#### 4.4.1.20 Verificación de la hipótesis con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C con el Procedimiento Shore A70.

**Tabla 4-25** Datos obtenidos de la velocidad de desgaste mm<sup>3</sup>/s con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.

AISI 1045 COMERCIAL			AISI 1045 TRAT TÉRMICO NORMALIZADO A 900°C		
PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)	PROB	DESPL(m)	VEL(mm <sup>3</sup> /s)
1,1	1117	0,2927	3,1	1117	0,2688
	2234	0,5794		2234	0,5918
	3351	1,0299		3351	0,8965
	4468	1,1906		4468	1,1508
	5585	1,2701		5585	1,2431
1,2	1117	0,2962	3,2	1117	0,2810
	2234	0,5693		2234	0,6048
	3351	1,0142		3351	0,9294
	4468	1,2032		4468	1,2084
	5585	1,2040		5585	1,2228
1,3	1117	0,2677	3,3	1117	0,2877
	2234	0,5644		2234	0,6025
	3351	1,0068		3351	0,9932
	4468	1,2152		4468	1,2354
	5585	1,3224		5585	1,2296
1,4	1117	0,2842	3,4	1117	0,3028
	2234	0,5948		2234	0,6072
	3351	0,9855		3351	0,8944
	4468	1,1866		4468	1,1926
	5585	1,2937		5585	1,2348
1,5	1117	0,2745	3,5	1117	0,2836
	2234	0,5466		2234	0,5839
	3351	1,0290		3351	0,8167
	4468	1,1881		4468	1,1351
	5585	1,2852		5585	1,2402
1,6	1117	0,3054	3,6	1117	0,3002
	2234	0,6155		2234	0,6080
	3351	1,0147		3351	0,8000
	4468	1,1680		4468	1,0948
	5585	1,2860		5585	1,2895

1,7	1117	0,2728	3,7	1117	0,2681
	2234	0,5457		2234	0,5411
	3351	1,0225		3351	0,8025
	4468	1,2313		4468	1,0863
	5585	1,3615		5585	1,2218
1,8	1117	0,2788	3,8	1117	0,2788
	2234	0,5333		2234	0,5449
	3351	0,8794		3351	0,8390
	4468	1,0888		4468	1,2003
	5585	1,2882		5585	1,2339

Fuente: Autor

#### 4.4.1.21 Cálculo estadístico con Excel

Tabla 4-26 Prueba Z para medias de dos muestras.

Prueba z para medias de dos muestras		
	Variable 1	Variable 2
Media	0,86464415	0,82866238
Varianza (conocida)	0,1499	0,1325
Observaciones	40	40
Diferencia hipotética de las medias	0	
Z	0,42823309	
P(Z<=z) una cola	0,33424071	
Valor crítico de z (una cola)	1,64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	0,66848143	
Valor crítico de z (dos colas)	1,95996398	

Fuente: Autor

Del (ANEXO A7 Tabla de valores de Z) se tiene que para una  $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$ , los valores críticos son, los valores críticos son  $\pm 1.96$  entonces se aplica la siguiente regla de decisión:

Por tanto, la regla para decisión sería:

Rechazar  $H_0$  si  $Z > + 1.96$  O si  $Z < - 1.96$

De lo contrario, no rechazar  $H_0$

Encontrando el valor de  $Z = 0.428$  el cual se encuentra dentro del rango de aceptación, se rechaza la hipótesis estadística de trabajo y se acepta la aprobación de la hipótesis nula  $H_0$  en donde el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a  $900^{\circ}\text{C}$  no ayudó a disminuir la velocidad de desgaste, significando que el Acero AISI 1045 comercial presento mejores propiedades a la velocidad de desgaste.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

Una vez realizados las pruebas de desgaste abrasivo en un medio acuoso se presentan las conclusiones de los resultados obtenidos en forma experimental y del análisis e interpretación de los mismos, en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C y su incidencia en la velocidad de desgaste:

- Se determinó que el tratamiento térmico adecuado en el acero AISI 1045, fue el temple a 840°C; debido a que este tratamiento térmico ayudó a mejorar las propiedades del material, que posteriormente con la prueba de desgaste abrasivo evaluado con la Norma ASTM G 105-89, permitió determinar que este tratamiento térmico disminuyó la velocidad de desgaste del material ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ).
- Se concluyó que el tiempo de permanencia de las probetas al desgaste abrasivo un sistema acuoso evaluada con la norma ASTM G105-89, es un parámetro importante debido a que a mayor tiempo de permanencia al medio abrasivo, la pérdida de material es mayor siendo así que la velocidad de desgaste del material será mayor.
- El efecto que tuvo el desplazamiento lineal, en la prueba desgaste abrasivo en un sistema acuoso evaluada con la norma ASTM G105-89, en los Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C, fue que a mayor desplazamiento lineal se obtuvo mayor pérdida de material aumentando así la velocidad de desgaste del material.

- Se concluyó que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C evaluado en un medio de desgaste abrasivo acuoso con el disco de neopreno Shore A50, ayudó a disminuir en un 56.84% y en un 72.58% respectivamente en los aceros AISI 1045 comercial y AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.
- Se concluyó que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C evaluado en un medio de desgaste abrasivo acuoso con el disco de neopreno Shore A60, ayudó a disminuir en un 27.77% y en un 49.59% respectivamente en los aceros AISI 1045 comercial y AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.
- Se concluyó que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C evaluado en un medio de desgaste abrasivo acuoso con el disco de neopreno Shore A50, ayudó a disminuir en un 37.95% y en un 37.94% respectivamente en los aceros AISI 1045 comercial y AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.
- Se concluyó que el tratamiento como fue el normalizado a 900°C al Acero AISI 1045 enfriado en aire, no es un tratamiento adecuado para disminuir la velocidad de desgaste ya que este tratamiento térmico tiene como objetivo volver al acero al estado que se supone era normal o de fábrica y sus propiedades disminuyen.
- El efecto que tuvo el temple a 840°C enfriado en agua en el Acero AISI 1045, en un sistema acuoso evaluado con la norma ASTM G105-89, en la velocidad de desgaste del material fue satisfactorio debido que este tratamiento térmico permitió mejorar las propiedades del material y disminuir la velocidad de desgaste.
- Los parámetros que influyeron en la velocidad de desgaste en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a

840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C (establecidos por la Norma ASTM G105-89.), arena sílica, fuerza tangencial aplicada de 222N., velocidad del motor 250rpm, durezas del neopreno Shore A50, A60 y A70, diámetro del disco requerido 7 pulg.

- Los propiedad que inciden que directamente en la velocidad de desgaste en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C es el volumen de material que obtuvo con el desgaste abrasivo en un medio acuoso.
- El Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C presenta menor pérdidas de volumen debido a que este tratamiento térmico fue favorable para disminuir la pérdida de volumen y por ende a disminuir la velocidad de desgaste y todas las otras propiedades tribológicas que fueron determinadas.
- Con relación a los tratamientos térmicos que se le dio al Acero AISI 1045 se debe tomar muy en cuenta, cuales son las características que deseamos alcanzar y en lo que cada uno de estos va a ser empleados ya que como en el Acero AISI 1045 con fue normalizado a 900°C, este un tratamiento térmico no endurecedor y por ende la velocidad de desgaste va a ser mayor, que el del AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C, lo que tiene lógica y coherencia en cada uno de los Procedimientos utilizados.
- Al analizar la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{s}$ ) en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C, se puedo evidenciar que a partir de los 3351 metros de desplazamiento lineal, la velocidad de desgaste aumenta notablemente.



- En los Procedimiento Shore A50, A60 y A70 con el Acero AISI 1045 comercial y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C, se obtuvo mayor pérdida de volumen así de esta forma siendo muy considerable el aumento de las otras propiedades tribológicas calculadas y obteniendo de esta forma mayor velocidad de desgaste.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- La velocidad de rotación del disco vulcanizado ( neopreno Shore A50, A60 y A70) debe ser de 250 rpm con un moto reductor de 5:1
- Para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos se recomienda que para las pruebas de desgaste abrasivo en un medio acuoso se las debe realizar con los parámetros que establece la norma ASTM G105-89.
- La mezcla del abrasivo (agua 0.940kg + arena sílica 1.5 kg AFS 50/70) debe ser homogénea para el proceso de desgaste.
- Usar como protección durante la prueba una mascarilla contra el polvo que es emitido por la arena sílica.
- No encender la máquina de desgaste abrasivo con la carga aplicada.
- El lodo abrasivo que fue utilizado con cada prueba no se debe arrojar en caños o alcantarillas.
- Es muy importante estar pendiente del avance del proceso de desgaste durante el ensayo para evitar que ocurra algún imprevisto entre las probetas.
- Para cada prueba de desgaste abrasivo se debe lavar la cámara que contiene el lodo abrasivo para eliminar impurezas de pruebas anteriores que puedan influir con la pérdida de masa y nos puedas dar datos erróneos.

- Antes de cada prueba las probetas deben ser desmagnetizadas y posteriormente de limpiadas de impurezas con acetona.
- Luego de cada prueba las probetas se recomienda que se las proteja contra la superficie para evitar el óxido antes de cada medición de peso para que estos datos no sean erróneos.
- Las probetas deben ir ubicadas en el porta especímenes en el mismo sentido que la prueba anterior.
- Para obtener resultados óptimos del desgaste abrasivo es necesario desarrollar un procedimiento de desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado con la norma ASTM G105-89 de tal forma que ayude a realizar más pruebas.

## CAPITULO VI

### PROPUESTA

**ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO AISI 1045 CON TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE A 840°C BAJO LA NORMA ASTM G105-89 Y DETERMINAR LA VELOCIDAD DESGASTE CON EL DISCO DE NEOPRENO SHORE A70.**

#### 6.1 DATOS INFORMATIVOS

Una vez que se realizó el análisis de la velocidad de desgaste en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C, se ha determinado que el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C, presenta mayor resistencia a la velocidad de desgaste a un medio de desgaste abrasivo acuoso, además se pudo determinar que el procedimiento con el disco de neopreno shore A70 es el que se ajusta más al parámetro del coeficiente de variación que es de  $\leq 7\%$ , también se debe mencionar que debido a la mayor dureza del neopreno que se puso en contacto con el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico a 840°C se comprobó que este tratamiento térmico fue el adecuado para disminuir la velocidad de desgaste.

El estudio del desgaste abrasivo en un medio acuoso constituye un importante aporte dentro del área de Ingeniería de materiales debido a que se ha determinado la influencia del desgaste abrasivo de cada procedimiento sobre la velocidad de desgaste en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C, que fueron evaluados con la Norma ASTM G 105-89, lo que permitió evaluar de manera correcta los factores de desgaste abrasivo en un medio acuoso, constituyendo esta investigación una base fundamental para realizar estudios posteriores del fenómeno de la velocidad de desgaste, en diferentes materiales empleados en el diseño y selección de componentes de máquinas.

Los ensayos de desgaste abrasivo en un medio acuoso se realizaron en el Laboratorio de Materiales de Ingeniería Civil y Mecánica, Laboratorio de Química General de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Cantón Ambato, Provincia del Tungurahua; entre los equipos necesarios para realizar los ensayos de desgaste abrasivo que dispone el Laboratorio de Ingeniería de Materiales se puede mencionar, que posee los equipos para los tratamientos térmicos, equipos para ensayos metalográficos y para ensayos de dureza. Dentro del laboratorio de química general de la F.C.I.A se encuentra la balanza analítica de precisión de 0,0001 gramos indispensable para el ensayo.

## **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

La tribología ha formado parte principal para el desarrollo de la tecnología a nivel mundial en países industrializados, debido que el estudio de los efectos producidos por el desgaste abrasivo ha permitido un ahorro tanto energético como económico representado económicamente ganancias para las áreas de producción.

El desgaste en sus distintas formas es sinónimo de improductividad y se define como la pérdida de material entre dos superficies que se encuentran en movimiento relativo y que se manifiesta por un funcionamiento errático apenas perceptible, siendo necesario en la mayoría de los casos sacar de servicio el equipo del cual hacen parte fundamental por lo cual el sistema debe ser diseñado de tal forma podamos obtener mayor rendimiento

Por esta razón, en esta investigación enfocará al desgaste abrasivo de los materiales causa principal por lo que las industrias de hoy en día se ven obligadas a desarrollar programas de prevención y mantenimiento. Este tipo de fenómeno ha sido uno de los menos estudiados e inclusive al que menos se le ha prestado atención en el sector industrial debido a la falta de información sobre datos obtenidos por pruebas.

Existen pocas investigaciones anteriores a cerca del desgaste abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento

térmico a 840°C y el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C, razón por la cual es muy difícil encontrar estudios específicos para ensayos con que permitan determinar la velocidad de desgaste en diferentes materiales como es el presente caso de investigación.

Según la norma ASTM G105-89 establece tres procedimientos recomendados que son apropiados para diferentes grados de resistencia al desgaste y pérdida de volumen del material Procedimiento Shore A50, A60 y A70. Es una prueba relativamente para desgaste abrasivo severa que clasificará los materiales metálicos en una escala de pérdida de volumen a la abrasión extrema. Es particularmente útil en la clasificación de los materiales de media resistencia o la abrasión extrema. Debido a la dureza del neopreno.

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Materiales de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, para el desarrollo del estudio se requiere de la máquina de desgaste abrasivo para un medio acuoso, balanza analítica y herramientas manuales; todos estos equipos e instrumentos fueron útiles para realizar el análisis.

### **6.3 JUSTIFICACIÓN**

La estudio del desgaste abrasivo en un medio húmedo en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C mediante el procedimiento “Shore A70” establecido por la Norma ASTM G105-89, permite obtener datos de la velocidad del desgaste del material de una forma más eficiente; los resultados tienen un mínimo rango de error, además, los datos permiten evaluar la resistencia de los materiales sometidos a abrasión en un medio húmedo lo cual es muy importante para la industria para realizar una selección adecuada de los materiales para los pares tribológicos.

El desgaste abrasivo ha sido un fenómeno que no es tomada en cuenta en la selección de materiales para los pares tribológicos por eso la industria en general, se ha generado pérdidas económicas y energéticas considerables por este fenómeno, la productividad disminuye considerablemente, por paros continuos de

producción para el cambio de piezas desgastadas, aumentado costos de producción, por ello es importante estudiar el comportamiento de los materiales cuando están sometidos a desgaste abrasivo, esto debido a la falta de lubricación o planes de mantenimiento de las máquinas.

Por todos estos fenómenos que produce el desgaste abrasivo es necesario disponer de una guía para realizar correctamente los ensayos mediante el procedimiento más adecuado y de ésta manera contribuir que los estudiantes de Ingeniería Mecánica realicen estudios posteriores con otros materiales ya sean estos pares tribológicos del mismo material o de diferentes materiales.

## **6.4 OBJETIVOS.**

### **6.4.1 Objetivo General**

- Elaborar un procedimiento para la evaluación del desgaste abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C evaluado bajo Norma ASTM G105-89 mediante el procedimiento “Shore A70”.

### **6.4.2 Objetivos Específicos**

- Realizar los procedimientos para el ensayo de desgaste abrasivo en un medio acuoso del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C.
- Realizar el análisis metalográfico del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840° para comprobar la autenticidad del material.
- Realizar el ensayo de dureza del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y comparar dichos valores con los del catálogo del proveedor.
- Determinar la pérdida de volumen del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C bajo la Norma ASTM G105-89 mediante el procedimiento “Shore A70”.

- Determinar la velocidad de desgaste del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C bajo la Norma ASTM G105-89 mediante el procedimiento “Shore A70”.

## **6.5 ANALISIS DE FACTIBILIDAD**

La presente propuesta de investigación es factible desarrollar debido a que los materiales analizados se los puede conseguir en el mercado, y la máquina para el ensayo es fácil de construir pues la Norma G105-89 establece los parámetros más importantes de diseño lo que representa un costo considerable para realizar el estudio del desgaste abrasivo

Los instrumentos y equipos adecuados para poder desarrollar la presente propuesta fueron facilitados por la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y también por la Facultad de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

En el Laboratorio de Ingeniería de Materiales se encuentran en perfecto estado los equipos necesarios para realizar el tratamiento térmico al Acero AISI 1045, análisis metalográfico, se utilizó el durómetro mientras que en el laboratorio de química general de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos. Posee una balanza de precisión de 0,0001gramos muy importante para este tipo de ensayo y por estas razones fue muy factible realizar la investigación.

### **6.5.1 Análisis Económico**

Con el fin de brindar información completa al lector sobre la evaluación del desgaste abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C se debe realizar el análisis económico del proyecto de investigación, para dar a conocer que los costos están relacionados directamente con el desarrollo del proyecto de investigación.

### **6.5.2 Análisis Tecnológico**

Para la realización de la evaluación del desgaste abrasivo en un medio acuoso del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C bajo Norma ASTM G105-89 mediante el Procedimiento “Shore A70” debe utilizar equipos y materiales como son:

Equipos para realizar el análisis metalográfico tales como:

- Bancos de lijas.
- Pulidora de paño.
- Sistema de microscopio metalográfico.
- Reactivos Nital 2%.
- Computadora.

Equipos para realizar el ensayo de dureza tales como:

- Durómetro.
- Banco de lijas 240, 300 y 400.
- Balanza analítica de precisión de 0,0001 gramos.
- Máquina de ensayo de desgaste abrasivo en un medio acuoso evaluado bajo la Norma ASTM G 105-89.



## **6.6 FUNDAMENTACIÓN**

La presente propuesta es relacionada a la teoría expuesta en los Capítulos II, IV y V donde se puede apreciar los cálculos estadísticos como son la desviación estándar y la pérdida de volumen para ensayo de desgaste abrasivo en medio acuoso y los datos de la norma ASTM G05-89, con lo cual todos estos datos ayudan a la sustentación del presente estudio.



## 6.7 METODOLOGÍA

### 6.7.1 Ejecución del ensayo de desgaste abrasivo en el acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C con el procedimiento “Shore A70”

	<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p>		
<b>Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.</b>			
<p><b>1.- Objetivo.</b></p> <p>Realizar el análisis del desgaste abrasivo evaluado en medio acuoso en el de Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y así la determinar la velocidad de desgaste del material”.</p> <p><b>2.- Alcance.</b></p> <p>Este procedimiento sirve para realizar los ensayos de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso evaluado con la Norma ASTM G105-89.</p> <p><b>3.- Documentación de referencia.</b></p> <p>La normativa con la cual se rige el ensayo de Desgaste Abrasivo en un medio acuoso es la Norma ASTM G105-89.</p>			
<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

#### **4.- Generalización.**

Se estima que el desgaste abrasivo es la forma más común de desgaste en las maquinas lubricadas. La contaminación con partículas y la rugosidad de las superficies causan cortes y daños a dos superficies que están en movimiento relativo una con respecto a la otra causando pérdidas económicas y energéticas para la producción de las industrias.

#### **5.- Realización.**

Para realizar el ensayo de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material, se realiza los siguientes pasos:

- Adquisición del Acero AISI 1045 (ANEXO A2 Datos Técnicos del Acero AISI 1045) que se requiera ensayar.
- Maquinado de las probetas a utilizar en los ensayos de acuerdo a las medidas establecidas (ANEXO A1 Norma ASTM G105-89).
- Tratamiento térmico al Acero AISI 1045 La temperatura para el temple fue tomada ASTM Metals Handbook Vol, 4 pg 291, Table 1 Typical hardnesses of various carbon and alloy steels after temperIng.(ANEXO A3 Temperatura de temple y normalizado).
- Caracterización del material.

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

- Verificación de los parámetros de la máquina de ensayos (Tribómetro de desgaste abrasivo en un medio acuoso).
- Calibración (Tribómetro de desgaste abrasivo en un medio acuoso).
- Desarrollo de la prueba (Tribómetro de desgaste abrasivo en un medio acuoso).

**5.1- Adquisición del Acero AISI 1045 que se requiera ensayar.**

Para analizar la velocidad de desgaste por medio del desgaste abrasivo en medio acuoso, se realizó en el Acero AISI 1045, el cual puede ser adquirido en diferentes proveedores de del país, los cuales a continuación se presenta algunos:

- Aceros Bohler del Ecuador S.A – Matriz Quito Norte – Av. de las Avellanas E1-112 y Panamericana Norte Km 51/2 – Telf. 02 2473080.
- Aceros Bohler del Ecuador S.A – Sucursal Quito Sur – Av. Maldonado S22-151 y Taura – Telf. 02 3061418.
- Aceros Bohler del Ecuador S.A – Sucursal Cuenca – Av. Hurtado de Mendoza 219 y José Joaquín de Olmedo – Telf. 07 2805380.

Aceros Bohler del Ecuador S.A – Sucursal Guayaquil – Av. Vía Daule Km 71/2 – Telf. 07 2805.

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.

### 5.2- Maquinado de las probetas a utilizar en los ensayos de acuerdo a las medidas establecidas.

Una vez conocidas las dimensiones establecidas por la Norma ASTM G 105-89 se procede a cortar, es muy importante tener en cuenta que al momento de cortar no elevar la temperatura del material debido que causaría cambios en las propiedades microestructurales del material y debido a esto, los datos posteriores serian erróneos.

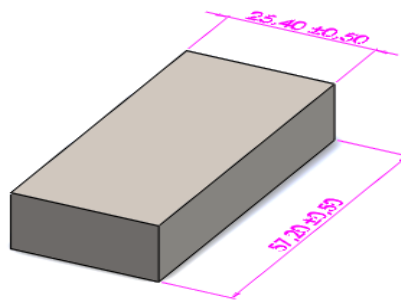


Figura 6-1 Probeta fresada 57.2x25.4x12 (mm)

Fuente: Autor



Figura 6-2 Probeta fresada para dar las dimensiones requeridas.

Fuente: Autor

Elaborado por:	Egdo. Santiago Guerrero	Fecha:	
Revisado por:	Ing. H. Vaca. Mg.	Observaciones :	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

El acabado superficial para las probetas se dará en una rectificadora para que tenga una superficie la más liza posible para que no existan variaciones en el ensayo.



**Figura 6-3 Rectificadora para superficies planas**

**Fuente:** Autor

### **5.3-Tratamiento térmico al Acero AISI 1045**

Con la finalidad en este estudio de demostrar la menor velocidad de desgaste en el Acero AISI 1045 se procedió a realizar un tratamiento térmico que fue el temple. Para lo cual se procedió de la siguiente forma:

- Determinación de la temperatura del temple para el Acero AISI 1045 (La temperatura para el temple fue tomada ASTM Metals Handbook Vol, 4 pg 291, Table 1 Typical hardnesses of various carbon and alloy steels after tempering).

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.

- Construcción de un contenedor para las probetas que van a ser dadas el tratamiento térmico



Figura 6-4 Contenedor para las probetas.

Fuente: Autor.

- Limpiar mediante procesos físicos la superficie de las piezas a tratar térmicamente.
- Posicionar las probetas de acero, en los útiles de sujeción.



Figura 6-5 Colocar las probetas.

Fuente: Autor.

Elaborado por:	Egdo. Santiago Guerrero	Fecha:	
Revisado por:	Ing. H. Vaca. Mg.	Observaciones :	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

- Medición de las condiciones de enfriamiento para el temple (agua 15.4°C).
- Determinación de la temperatura de homogenización para las probetas para el temple.
- Colocación de las probetas en el horno de tratamientos térmicos.



**Figura 6-6** Horno de tratamientos térmicos

**Fuente:** Autor.

- Digitación de temperatura de temple y tiempo de homogenización.
- Se retiran las probetas del horno e inmediatamente se sumerge en el medio de enfriamiento (agua a 15.4°C).

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

#### **5.4- Caracterización del material.**

Las características del material que va a ser ensayado son muy importantes debido a que nos permite conocer sus propiedades iniciales y datos técnicos de la casa comercial (ANEXO A2 Datos Técnicos del Acero AISI 1045), por esta razón la prueba de desgaste abrasivo en un medio acuoso se realizó en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C, es posible determinar su grado mediante un análisis de sus propiedades mecánicas mediante ensayos que fueron realizados en el Laboratorio de Materiales; para el presente procedimiento se realizó los ensayos: metalográfico, dureza.

##### **5.4.1- Análisis metalográfico.**

El análisis metalográfico o metalografía es un estudio de la microestructura de los materiales, que nos permite observar las características estructurales de un metal. En este caso ayudará a mirar la variación que obtuvo el tamaño de grano con el tratamiento térmico, la cual permite determinar si el material ha sido procesado de manera correcta cumpliendo las composiciones químicas establecidas en los catálogos. El análisis metalográfico se sustenta con la información de la Norma, ASTM E 112-96 las cuales establecen los parámetros para realizar el ensayo Metalográfico.

##### **5.4.1.1- Preparación de la probeta**

Para obtener una manipulación adecuada y cómoda de la probeta durante la preparación de la superficie para el ensayo metalográfico, se maquinaron probetas de Acero AISI 1045

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	





**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

con tratamiento térmico temple a 840°C con tratamiento térmico con las siguientes dimensiones 25.4 mmx57.2mmx12mm las cuales se las se encuentran establecidas (ANEXO A1 Norma ASTM G105-89 ) y fueron numeradas de una manera para que no existan confusiones como se muestra en la tabla 4.1, 4.2 y 4.3 respectivamente para posteriormente comparar la micro estructura obtenida con análisis metalográficos ya pues la norma no establece que se debe cumplir con un análisis químico del material simplemente se debe conocer la composición química del material obtenida en los catálogos (ANEXO A2 Datos Técnicos del Acero AISI 1045). Para realizar el análisis metalográfico de los materiales que se va a ensayar es necesario que se cumplan los siguientes pasos:

#### **5.4.1.2- Desbaste grueso**

Una vez cortado las probetas de acuerdo a las dimensiones adecuadas se debe retirar las rebabas, limallas que fueron producidas por el corte y estas fueron eliminadas de la superficie sujetando en un entenalla y mediante una lima de grano fino procediendo así a dejar la superficie lo más liza posible.

#### **5.4.1.3- Desbaste fino**

El desbaste fino consiste en proceso muy importante para el ensayo metalográfico, pues de este desbaste depende que la superficie tenga un buen acabado para pasar al proceso de pulido para lo cual se recomienda utilizar las lijas en el siguiente orden:

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

Lijas utilizadas para el desbaste fino

- 240 granos/pulgada<sup>2</sup>
- 320 granos/pulgada<sup>2</sup>
- 400 granos/pulgada<sup>2</sup>
- 600 granos/pulgada<sup>2</sup>
- 1000 0 1500 granos/pulgada<sup>2</sup>

Para el desbaste en fino en las lijas enumeradas anteriormente se debe girar 90° y para utilizar la última lija se debe tener cuidado con no ejercer mucha precisión sobre las superficies para evitar rayaduras el tiempo aproximado se encuentra entre 5 a 8 min por cada lija.



**Figura 6-7** Lijado de las probetas para el Ensayo Metalográfico

**Fuente:** Autor

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

#### 5.4.1.4- Pulido

Una vez terminado el proceso de desbaste en fino se pule la superficie mediante una pulidora de paño a una velocidad de 200 rpm aproximadamente, durante el pulido se debe aplicar una mezcla de agua con Alúmina (Oxido de Aluminio), esto con el fin de ayudar al paño a pulir más rápido dicha superficie, durante el proceso de pulido. La sujeción de la probeta de ser adecuada con la finalidad de evitar el desprendimiento del paño, para eso se debe tener en cuenta la dirección de giro del plato que contiene al paño ya que por lo general es en sentido horario.



**Figura 6-8** Pulido de la superficie de las probetas para el Ensayo Metalográfico

**Fuente:** Autor

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**



**Figura 6-9** Probetas pulidas, superficie tipo espejo

**Fuente:** Autor

#### **5.4.1.5- Preparación Metalográfica de la superficie (Ataque Químico).**

Una vez que la superficie de la probeta presenta un superficie tipo espejo se la debe limpiar de todas impurezas que quedaron, para luego aplicar una capa de alcohol etílico que ayude a evitar las huellas que deja el agua luego de haber lavado la superficie, luego se procede a secar la superficie para lo cual se utiliza un secador eléctrico, disponible en el Laboratorio de Ingeniería de Materiales, ya con la superficie lista se procede a colocar la probeta en el microscopio para verificar que no existan defectos en la superficie y obtener las respectivas fotografías.

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**



**Figura 6-10** Lavado y secado probetas para el Ensayo Metalográfico

**Fuente:** Autor

Una vez que la superficie ha sido preparada para el ataque con el químico respectivo, en este caso para el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico a 840°C se utilizó el químico Nital 2% para aceros al carbono este químico permite oscurecer la perlita y dar contraste entre las colonias de perlitas y diferenciar la martencita de la perlita durante un tiempo de 5 segundos, la técnica que se empleó para determinar el tiempo de exposición del químico es la observación directa hasta que la superficie levemente cambie de color.

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.



Figura 6-11 Químicos utilizados en el Ensayo Metalográfico (Nital 2%)

Fuente: Autor



Figura 6-12 Aplicación del Químico empleado en el Ensayo Metalográfico

Fuente: Autor

Una vez que la superficie cambie de color a través de la observación directa, se debe lavar con agua para detener la reacción química en la superficie de la probeta y tomar el tiempo del ataque químico, posteriormente se procede a secar la superficie y llevar al microscopio para evaluar el ataque.

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	

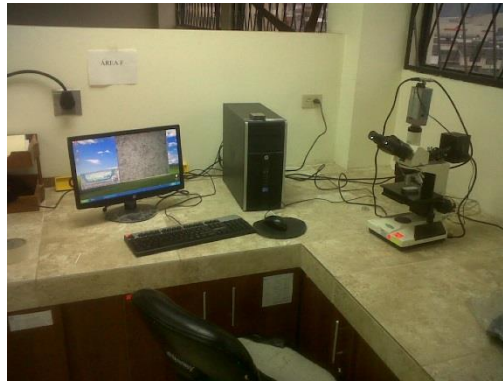


**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

Si la superficie no presenta quemaduras debido al exceso de tiempo que se expuso el químico se procede a obtener las fotografías y si por error la superficie se quemó se debe volver a pulir en el paño para realizar otra vez el ataque químico.

**5.4.1.6- Evaluación de resultados.**

Para analizar la probeta metalográficamente del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico a 840°C se trabajara en el Laboratorio de Metalografía de la Carrera de Ingeniería Mecánica que cuenta con un sistema de circuito cerrado para el análisis metalográfico que consta de una televisión, un microscopio metalográfico y un computador con su respectivo software que permite analizar de manera exacta la microestructura de nuestro material en estudio.



**Figura 6-13** Obtención de datos para el Ensayo Metalográfico

**Fuente:** Autor

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	





**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

### **5.5- Ensayo de dureza.**

El ensayo estándar ASTM E 18-03 define la dureza Rockwell como un método de ensayo por indentación por el cual, con el uso de una máquina calibrada, se fuerza un indentador cónico esferoidal de diamante (penetrador de diamante), o una bola de acero endurecido (acero o carburo de tungsteno), bajo condiciones específicas contra la superficie del material a ser ensayado, en dos operaciones, y se mide la profundidad permanente de la impresión bajo condiciones específicas de carga. La Norma ASTM E 18-03, que se refiere al Método para realizar el Ensayo de Dureza Rockwell. Para el ensayo de dureza en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C. se realizó los siguientes pasos:

#### **5.5.1.- Preparación de la probeta desbaste grueso**

Una vez cortado las probetas de acuerdo a las dimensiones adecuadas se debe retirar las rebabas, limallas que fueron producidas por el corte y estas fueron eliminadas de la superficie sujetando en un entenalla y mediante una lima de grano fino procediendo así a dejar la superficie lo más liza posible.

##### **5.5.1.1- Desbaste fino**

El desbaste fino consiste en proceso muy importante para el ensayo de dureza , pues de este desbaste depende que la superficie tenga una buena planicidad para pasar al proceso de pulido para lo cual se recomienda utilizar las lijas en el siguiente orden:

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	





Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.

- 240 granos/pulgada<sup>2</sup>
- 320 granos/pulgada<sup>2</sup>
- 400 granos/pulgada<sup>2</sup>
- 600 granos/pulgada<sup>2</sup>
- 1000 0 1500 granos/pulgada<sup>2</sup>



**Figura 6-14** Lijado de las probetas para el Ensayo de Dureza

**Fuente:** Autor

Sin embargo al momento de aplicar la última lija se debe tener cuidado con no ejercer mucha presión para evitar dañar la lija y así causar daños en la superficie de la probeta.

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

### 5.5.1.2- Ejecución del Ensayo de Dureza.

Una vez calibrado el durómetro, colocamos la probeta en la mesa del durómetro, a continuación se eleva la mesa del durómetro hasta hacer coincidir la superficie de la probeta con el indentador, calibrar el durómetro en el número 100 de la escala de la izquierda de la pantalla, aplicar la precarga, se espera que estabilice el durómetro, aplicar la carga y se procede a leer la dureza al lado derecho de la pantalla, esto se lo realizó en un tiempo aproximado de 5 min.



**Figura 6-15** Colocación de la probeta en el Durómetro

**Fuente:** Autor

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.



Figura 6-16 Ejecución del Ensayo de Dureza

Fuente: Autor

Para realizar las pruebas de dureza recomienda por lo mínimo realizar 9 penetraciones con el indentador como se establece en la siguiente figura:

### 5.6- Verificación de los parámetros de la máquina de ensayos (Tribómetro de desgaste abrasivo en un medio acuoso).

Parámetros	Cantidad
Velocidad de rotación del disco	240 a 250 rpm
Numero de ciclos totales para la prueba	10000 ciclos
Pérdida de masa en probetas cada	2000 ciclos
Distancia total de desplazamiento de la prueba	5586 m
Dureza del neopreno	Shore A70
Fuerza aplicada entre la probeta y el disco	222 N
Tamaño de grano de arena sílica	50/70 AFS (230/270 $\mu$ m)
Motor cd	1HP
Cantidad de arena	1.5 Kg
Cantidad de agua	0.940 Kg

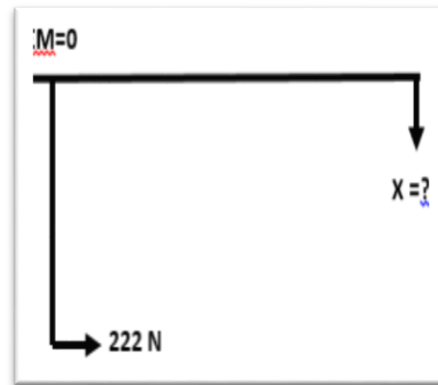
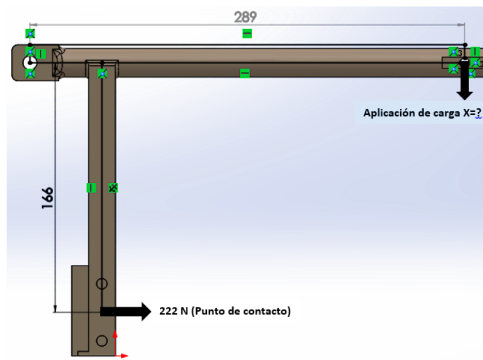
<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.

### 5.7- Calibración (Tribómetro de desgaste abrasivo en un medio acuoso).

Para la calibración previa del tribómetro se realizarán el cálculo de momentos donde la  $\Sigma M=0$



Donde:

$$X1 = 289 \text{ mm}$$

$$Y1 = 166 \text{ mm}$$

$$PX1 = ?$$

$$PY2 = 222 \text{ N}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$222 \text{ N} * 166 \text{ mm} = 289 \text{ N} * X1$$

$$PX1 = 127.5 \text{ N}$$

La carga encontrada de 127.5 N es para el extremo del brazo donde aplicando dicha carga, generara en el punto de tangencia 222 N de carga

Elaborado por:	Egdo. Santiago Guerrero	Fecha:	
Revisado por:	Ing. H. Vaca. Mg.	Observaciones :	



Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.

### 5.7.1- Calibración (Tribómetro de desgaste abrasivo en un medio acuoso).

- Primero, se utiliza una pesa que sirve como carga de prueba, esta carga se aplica en el extremo del brazo palanca. De esta forma para obtener la fuerza necesaria de 222 N en el punto de contacto entre el disco y la probeta. Esta verificación se lo realiza, mediante un dinamómetro. Para nuestra investigación la carga de prueba 127.5 N.

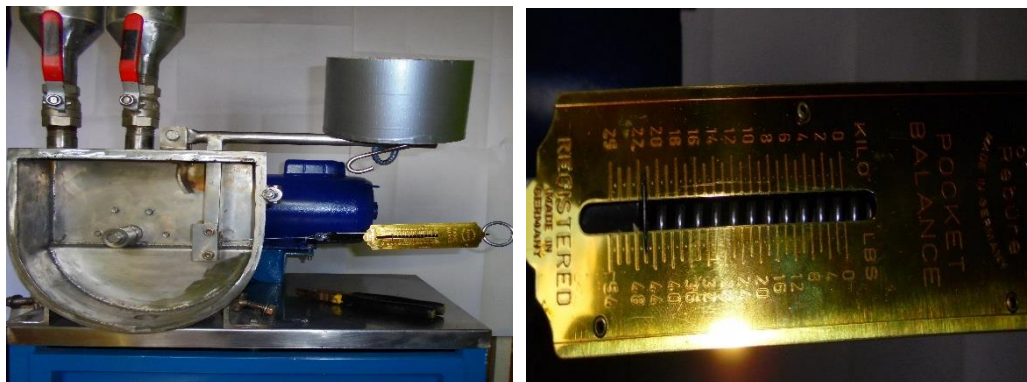


Figura 6-17 Calibración del Tribómetro.

Fuente: Autor

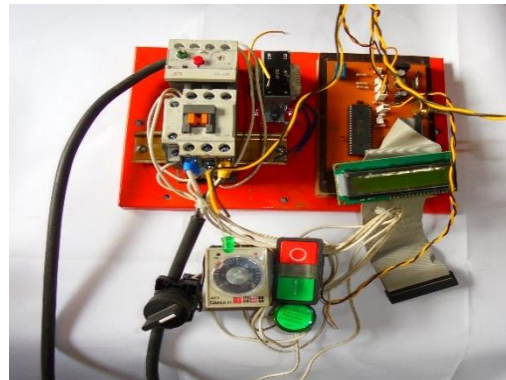
- Se ajusta la velocidad de rotación del disco en revoluciones por minuto (RPM).

Elaborado por:	Egdo. Santiago Guerrero	Fecha:	
Revisado por:	Ing. H. Vaca. Mg.	Observaciones :	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

- Verificar las conexiones eléctricas, el funcionamiento de todo lo que concierne al conteo de los ciclos de giro y la velocidad de rotación de disco; así como también resetear los contadores.



**Figura 6-18** Calibración del Tribómetro.

**Fuente:** Autor

Es aconsejable realizar pruebas preliminares sobre materiales blandos; como madera para así verificar el alineamiento entre el disco y la probeta, esto debido que la huella debe ser de forma rectangular.

### **5.8- Desarrollo de la prueba (Tribómetro de desgaste abrasivo en un medio acuoso).**

Después de haber realizado el tratamiento térmico en el Acero AISI 1045, es necesario la limpieza y remoción de impurezas, que pueden afectar en el ensayo.

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

- Es aconsejable que para el desarrollo de esta prueba de desgaste abrasivo en medio acuoso utilizar equipo de protección como guantes y mascarilla debido que el abrasivo posee polvos que afectan directamente al sistema respiratorio.



**Figura 6-19** Equipo de protección.

**Fuente:** Autor



**Figura 6-20** Limpiezas de las probetas.

**Fuente:** Autor

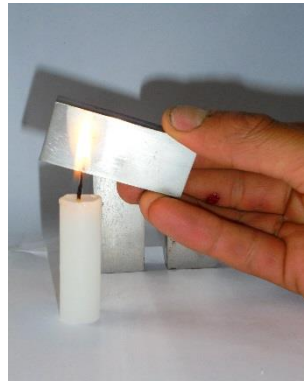
<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	





**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

- Se debe limpiar con acetona las probetas antes de medir el peso inicial.
- Se debe desmagnetizar las probetas empleando la ley de Curie establece que al elevar la temperatura de las probetas, el campo magnético disminuye.



**Figura 6-21** Desmagnetización de las probetas.

**Fuente:** Autor

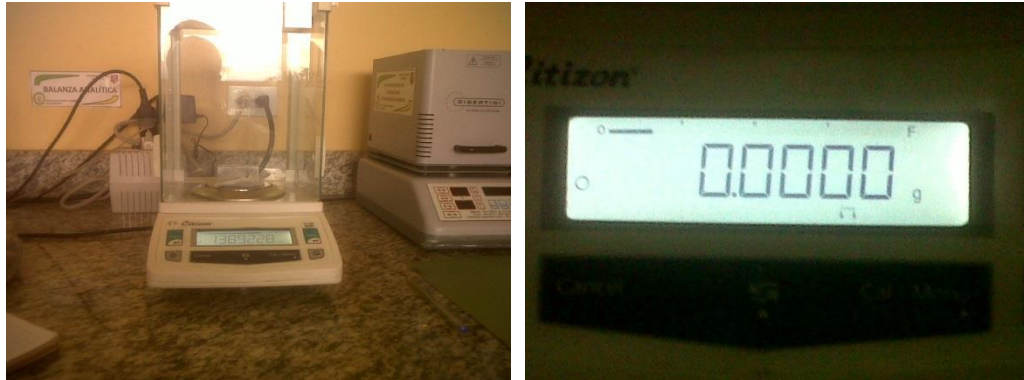
- La toma de los pesos iniciales de las probetas se lo realizó en la Universidad Técnica de Ambato en el Laboratorio de Química General de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos, donde disponen de una balanza analítica de precisión de 0.0001 gramos que es requerida, de marca CITIZON CX220 con la que cuenta el requerimiento exigido por la Norma ASTM G105-89 para obtener exactitud en los resultados.

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	





Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.



**Figura 6-22** Toma de pesos (Balanza analítica marca CITIZON CX220)

**Fuente:** Autor

- Lavar la cámara que contiene la mezcla abrasiva, con el fin de eliminar contaminantes de pruebas anteriores.



**Figura 6-23** Limpieza de la cámara de mezcla del abrasivo.

**Fuente:** Autor

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.

- Instalar el disco de neopreno de dureza Shore A70.



Figura 6-24 Colocación del disco de neopreno.

Fuente: Autor

- Se pesa las cantidades de arena sílica (1.5kgr) y el agua (0.940kgr).



Figura 6-25 Arena sílica y agua.

Fuente: Autor

Elaborado por:	Egdo. Santiago Guerrero	Fecha:	
Revisado por:	Ing. H. Vaca. Mg.	Observaciones :	



Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.

- Luego se coloca el agua (0.940kgr) y el arena sílica (1.5kgr) en las tolvas contendoras.



Figura 6-26 Colocación de la arena sílica y agua.

Fuente: Autor

- Colocar la probeta en la porta probetas y ajustar sus pernos de sujeción.



Figura 6-27 Colocación de la probeta.

Fuente: Autor

Elaborado por:	Egdo. Santiago Guerrero	Fecha:	
Revisado por:	Ing. H. Vaca. Mg.	Observaciones :	



Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.

- Colocar la cubierta de policarbonato.



Figura 6-28 Colocación de la cubierta de policarbonato.

Fuente: Autor

- Ajustar los pernos de sujeción para la cámara de mezclado del abrasivo.



Figura 6-29 Colocación de la arena sílica y agua.

Fuente: Autor

Elaborado por:	Egdo. Santiago Guerrero	Fecha:	
Revisado por:	Ing. H. Vaca. Mg.	Observaciones :	



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



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

- Añadir a la cámara cuidadosamente la arena sílica y el agua respectivamente.
- Energizar el motor durante un tiempo aproximado de 5 minutos para que la mezcla abrasiva se homogenice
- Bajar cuidadosamente el brazo palanca de la porta probetas con la carga aplicada para ponerlo en contacto la probeta contra el disco don se generara un punto de tangencia de 222 N. Simultáneamente encender el contador eléctrico.
- Terminada la prueba, se retira la probeta de la mezcla abrasiva.
- Limpiar la probeta con alcohol para retirar impurezas y residuos del abrasivo.
- Pesar la probeta mínimo tres veces.
- Debido que el ensayo se trata de pérdida masa acumulada se debe medir nuevamente la masa con la balanza analítica de 0.0001 gramos.

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	





**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

### **5.8- Evaluación de Resultados.**

Como este estudio se requiere evaluar la velocidad de desgaste del material, una vez calculada la pérdida de masa, se obtiene el volumen del pérdida del material y como debido a la probeta se mantuvo aproximadamente en un tiempo de 8 minutos en el medio abrasivo se divide el volumen de material perdido para este tiempo y se obtiene la velocidad de desgaste la cual en el capítulo IV; se analizara y presentara en tablas y graficas las mismas que indicaran las respectivas variaciones que presentan en los diferentes desplazamientos el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C el momento de ser ensayado.

#### **5.8.1- Evaluación de Resultados.**

Para este estudio como se requiere evaluar la velocidad de desgaste del material, se realizará de la siguiente forma:

Como dato datos de partida se tendrá el peso inicial de las probetas  $P_i$ , que fue medido en la balanza de 0.0001gramos.

$$P_i \text{ de probet} = \frac{P_{i1} + P_{i2} + P_{i3}}{3} \quad \text{Ecuacion 6.1}$$

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

Posteriormente que se haya realizado el primer ensayo se procede a calcular  $\Delta P(\text{gr})$ , con la siguiente ecuación:

$$\Delta P(\text{gr}) = P_i - P_f \quad \text{Ecuacion 6.2}$$

Donde:

$\Delta P(\text{gr})$ : Desgaste del material.

$P_i(\text{gr})$  : Peso inicial.

$P_f(\text{gr})$  : Peso final.

Luego encontramos el volumen perdido( $\text{mm}^3$ ), con la siguiente ecuación:

$$\text{Vol } p(\text{mm}^3) = \frac{\Delta P(\text{gr})}{\rho\left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right)} \quad \text{Ecuacion 6.3}$$

Donde:

$L(\text{m})$ : desplazamiento lineal

$\phi$ : Diámetro del disco de neopreno en metros.

Para calcular la tasa de desgaste( $\text{mgr/m}$ ), se lo realizará con la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de desg} = \frac{\Delta P(\text{mgr})}{L(\text{m})} \quad \text{Ecuacion 6.5}$$

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



**Procedimiento para realizar ensayos de desgaste abrasivo evaluado en un medio acuoso con la Norma ASTM G105-89 en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C y su determinación en la velocidad de desgaste del material.**

Como este estudio es la evaluación de la velocidad de desgaste ( $\text{mm}^3/\text{seg}$ ), se obtiene al dividir el Volumen perdido ( $\text{mm}^3$ ) para el tiempo de exposición (seg) de las probetas al medios abrasivo, se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$Vel\ desg\left(\frac{\text{mm}^3}{\text{seg}}\right) = \frac{Vol\ p(\text{mm}^3)}{t(\text{seg})} \quad \text{Ecuacion 6.6}$$

Una vez que obtiene la velocidad de desgaste la cual en el capítulo IV; se analizara y presentara en tablas y graficas las mismas que indicaran las respectivas variaciones que presentan en los diferentes desplazamientos el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C el momento de ser ensayado.

<b>Elaborado por:</b>	Egdo. Santiago Guerrero	<b>Fecha:</b>	
<b>Revisado por:</b>	Ing. H. Vaca. Mg.	<b>Observaciones :</b>	



## 6.8 ADMINISTRACIÓN

Para desarrollar los estudios del desgaste abrasivo en un medio acuoso se construyó el tribómetro y a continuación se presentan los materiales y recursos que fueron autofinanciados para el desarrollo de esta investigación:

### 6.8.1 Costos directos

**Tabla 6-1** Costos Directos para la evaluación del Desgaste Abrasivo en un medio acuoso en el Acero AISI del1045 comercial, Acero AISI 1045 con tratamiento térmico templa a 840°C y Acero AISI 1045 con tratamiento térmico normalizado a 900°C.

<b>PROBETAS PARA ENSAYADO DE DESGASTE ABRASIVO EN UN MEDIO ACUOSO</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Acero AISI 1045 100cm*15cm*1.2cm	1	N/A	78.00	\$78.00
<b>SUBTOTAL (1).</b>					\$78.00
2	Norma ASTM G105-89	1	N/A	47.00	\$47.00
<b>SUBTOTAL (2).</b>					\$47.00
<b>Materiales para la construcción del Tribómetro de desgaste abrasivo para un medio acuoso bajo la Norma ASTM G105-89</b>					
3	Motor reductor de 1 hp con relación de 5:1	1	Hp	455.00	\$355.00
4	Chumacera de pared F100150 SKF	1	N/A	15.00	\$15.00
5	Sello retenedor Ø 1 plg SKF	1	N/A	1.00	\$1.00
6	Eje de transmisión Ø 1 plg INOX 304	1	N/A	5.00	\$5.00
7	Deposito contenedor del abrasivo(INOX 304 )	1	N/A	180.00	\$95.00

8	Tolvas de abastecimiento(INOX 304)	2	N/A	15.00	\$30.00
9	Válvulas de paso Ø 1 plg	3	N/A	12.00	\$36.00
10	Discos de acero inoxidable Ø 6 plg	3	N/A	25.00	\$75.00
11	Cubierta de policarbonato transparente	1	N/A	110.00	\$110.00
12	Tornillos de sellado (INOX 304) 1/2plg	4	N/A	2.50	\$2.50
13	Pesa (12.2 kgr)	1	N/A	15.00	\$15.00
14	Brazo palanca(INOX 304)	1	N/A	15.00	\$20.00
15	Envase para desechar el lodo abrasivo	1	N/A	1.25	\$1.25
16	Bancada	1	N/A	50.00	\$50.00
17	Tablero de control	1	N/A	230.00	\$230.00
18	Acabados	1	N/A	100.00	\$100.00
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES (3)</b>					\$1140.75
<b>Materiales para el desarrollo de la prueba de desgaste abrasivo</b>					
19	Maquinado de las probetas de Acero AISI 1045 57.2mm±0.8*25.4±0.8*mm12mm	72	N/A	2.00	\$144.00
20	Recubrimiento de los discos con neopreno vulcanizado	3	N/A	30.00	\$90.00
21	Arena sílica	6	quint	40	\$240.00
22	Agua	720	Lt	0.05	\$36.00
<b>SUBTOTL(4)</b>					\$510.00

<b>RECURSO HUMANO</b>					
23	Técnico Industrial	1	N/A	100.00	\$100.0
24	Investigador	1	N/A	400.00	\$400.0
<b>SUBTOTAL(5)</b>					\$500.0
<b>COSTOS VARIOS</b>					
25	Material de oficina	1	N/A	80.00	\$80.00
26	Transporte	1	N/A	25.00	\$25.00
27	Internet	1	N/A	50.00	\$50.00
28	Impresiones	1	N/A		\$100.0 0
<b>SUBTOTAL(6)</b>					\$255.0

**Fuente Autor**

A continuación se presenta el costo total que se utilizó para el desarrollo del Tribómetro de desgaste abrasivo en un medio acuoso.

**Tabla 6-2 Valor total**

<b>SUBTOTAL(1)</b>	78.00
<b>SUBTOTAL(2)</b>	47.00
<b>SUBTOTAL(3)</b>	1140.75
<b>SUBTOTAL(4)</b>	510.00
<b>SUBTOTAL(5)</b>	500.00
<b>SUBTOTAL(6)</b>	255.00
<b>TOTAL</b>	<b>2530.75</b>

**Fuente:** Autor

## **6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN**

Una vez culminado el presente proyecto de investigación se ha podido determinar que el tratamiento térmico temple a 840°C al Acero AISI 1045, que fue evaluado con la Norma ASTM G105-89; permitió disminuir la velocidad de desgaste del material.

El aporte de esta investigación es muy importante para el área de materiales, debido a que mediante el proceso más óptimo de la norma ASTM G105-89, se ha logrado determinar las propiedades tribológicas del Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C.

Debido a este tratamiento térmico se ha podido disminuir la velocidad de desgaste siendo un parámetro importante para el diseño y selección de materiales y componentes para máquinas, estos materiales se utiliza generalmente en la fabricación de piezas de mediana carga o resistencia, mejorando las propiedades mecánicas elevando su dureza, así como en ejes, chavetas y pernos que requieren una resistencia al desgaste.

El presente estudio que fue realizado en el Acero AISI 1045 con tratamiento térmico temple a 840°C, servirá como referencia para posteriores estudios de desgaste abrasivo en medio acuoso con diferentes material, mejorando sus propiedades para disminuir la velocidad de desgaste.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

Alcántara. L. (2012).*Los Polímeros*.

Arnold. E. (1992). *Fricción y Desgaste de Ingeniería de Materiales*. UK: I M. Hutchings.

Brushan. B. (1999). *Aplicación de Tribología*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Castro. J. (2011).*Resistencia de Materiales*.

Caterpillardos (2013).*Tratamientos Térmicos*. Coca. P. (1990). *Teoría, Ensayo, Tratamientos*

Dowson. D. (1990). *Historia de Tribología*. USA: Leeds University England.

Fouvry. S, Kapsa. P y Wear. V. (1996). *Medición del volumen del desgaste*. USA: Science Publications.

Greenwood. J. y Williamson J. (1997). *Contacto de superficies rugosas nominalmente planas*. London: Proy. Roy. Soc.

Grupo Inducción. (2011).*Recocido y Normalizado*

“Handbook Friction, Lubrication and, War Technology”. (1992).USA: ASM International.

Nam. P. (1986). *Tribophysics*. USA: Prentice Hall.

Pérez. D. (2013). *Recocido*.

Stolarski. T. (1991). *Tribology in Machine Desing*. USA: Industrial Press Inc.

Villalba. H. (2012).*Materiales de uso Técnico*.

Villanueva. S. y Watanave. J. (1997). *Métodos de fabricación Metalmecánica*. México: Agt. Editor; S.A

Waterhouse. R. (1992). *Material Park*. (Vol 18). USA: ASM Handbook.

Williams. J. (1994). *Engineering Tribology*. UK: Oxford Science Publications.

#### **INTERNET:**

Castro. J. (2011). *Resistencia de Materiales*. Recuperado de: [http://alsieconsultores.com/adm/uploads/resistecia\\_de\\_materiales.pdf](http://alsieconsultores.com/adm/uploads/resistecia_de_materiales.pdf)

Caterpillardos (2013). *Tratamientos Térmicos*. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/132896454/57093682-TRATAMIENTOS-TERMICOS>.

Coca. P. (1990). *Teoría, Ensayo, Tratamientos*. Recuperado de: <http://vufind.uniovi.es/Record/699591>

López. V. (2011). *Materiales Compuestos I*. Recuperado de: <http://lopezva.files.wordpress.com/2011/09/materiales-compuestos1.pdf>

Moral. A y Nogueira M. (2007). *Materiales de Última Generación y Materiales Eficientes*. Recuperado de: [https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP\\_EPD/PD-GP-MA-ASIG/PD-GP-ASIG-200637/TAB42359/Introducci%F3n%20Composites%20\(Alberto%20Moral%20%2B%20Marar%20Nogueira\).pdf](https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PD-GP-MA-ASIG/PD-GP-ASIG-200637/TAB42359/Introducci%F3n%20Composites%20(Alberto%20Moral%20%2B%20Marar%20Nogueira).pdf)

Pino. L. (2012). *Materiales Compuestos*. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos61/materiales-compuestos-aluminio/materiales-compuestos-aluminio.shtml>

Sumitec. (2010). *ACERO AISIS-SAE 1045*. Recuperado de: <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201045.pdf>

Villalba. H. (2010). *Materiales de uso Técnico* .Recuperado de:  
[http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/01/materiales\\_ metales.pdf](http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/01/materiales_metales.pdf)

### **Referencias:**

#### **Normas ASTM**

ASTM G105-89 Standard Test Method for Conducting Wet Sand/Rubber Wheel Abrasion Tests.

#### **Metal Handbook**

ASM Handbook. Volume. 4. (1991), Heat Treating Pag.291, ASM, International. USA.

# **ANEXO A**





Designation: G 105 – 02 (Reapproved 2007)

## Standard Test Method for Conducting Wet Sand/Rubber Wheel Abrasion Tests<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation G 105; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript letter (s) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

### 1. Scope

1.1 This test method covers laboratory procedures for determining the resistance of metallic materials to scratching abrasion by means of the wet sand/rubber wheel test. It is the intent of this procedure to provide data that will reproducibly rank materials in their resistance to scratching abrasion under a specified set of conditions.

1.2 Abrasion test results are reported as volume loss in cubic millimeters. Materials of higher abrasion resistance will have a lower volume loss.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:<sup>2</sup>

D 2000 Classification System for Rubber Products in Automotive Applications

D 2240 Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness

E 11 Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes

E 122 Practice for Calculating Sample Size to Estimate, With a Specified Tolerable Error, the Average for a Characteristic of a Lot or Process

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods

G 40 Terminology Relating to Wear and Erosion

2.2 SAE Standard:<sup>3</sup>

#### SAE J200 Classification System for Rubber Materials

### 3. Terminology

#### 3.1 Definitions:

3.2 *abrasive wear*—wear due to hard particles or hard protuberances forced against and moving along a solid surface.

3.2.1 *Discussion*—This definition covers several different wear modes or mechanisms that fall under the abrasive wear category. These modes may degrade a surface by scratching, cutting, deformation, or gouging (1 and 2).<sup>4</sup> **G 40**

### 4. Summary of Test Method

4.1 The wet sand/rubber wheel abrasion test (Fig. 1) involves the abrading of a standard test specimen with a slurry containing grit of controlled size and composition. The abrasive is introduced between the test specimen and a rotating wheel with a neoprene rubber tire or rim of a specified hardness. The test specimen is pressed against the rotating wheel at a specified force by means of a lever arm while the grit abrades the test surface. The rotation of the wheel is such that stirring paddles on both sides agitate the abrasive slurry through which it passes to provide grit particles to be carried across the contact face in the direction of wheel rotation.

4.2 Three wheels are required with nominal Shore A Durometer hardnesses of 50, 60, and 70, with a hardness tolerance of  $\pm 2.0$ . A run-in is conducted with the 50 Durometer wheel, followed by the test with 50, 60, and 70 Durometer wheels in order of increasing hardness. Specimens are weighed before and after each run and the loss in mass recorded. The logarithms of mass loss are plotted as a function of measured rubber wheel hardness and a test value is determined from a least square line as the mass loss at 60.0 Durometer. It is necessary to convert the mass loss to volume loss, due to wide differences in density of materials, in order to obtain a ranking of materials. Abrasion is then reported as volume loss in cubic millimetres.

### 5. Significance and Use (1-7)

5.1 The severity of abrasive wear in any system will depend upon the abrasive particle size, shape and hardness, the magnitude of the stress imposed by the particle, and the

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee G02 on Wear and Erosion and is the direct responsibility of Subcommittee G02.30 on Abrasive Wear.

Current edition approved July 1, 2007. Published September 2007. Originally approved in 1989. Last previous edition approved in 2002 as G 105-02.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

<sup>3</sup> Available from Society of Automotive Engineers (SAE), 400 Commonwealth Dr., Warrendale, PA 15096-0001.

<sup>4</sup> The boldface numbers in parentheses refer to the list of references at the end of this standard.

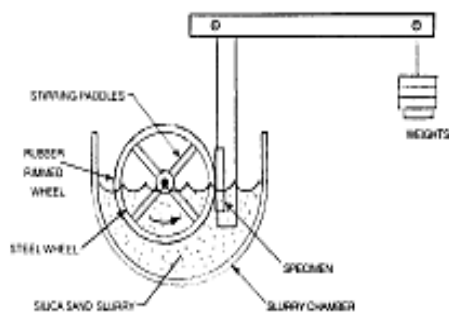


FIG. 1 Schematic Diagram of the Wear Test Apparatus

frequency of contact of the abrasive particle. In this test method these conditions are standardized to develop a uniform condition of wear which has been referred to as scratching abrasion (1 and 2). Since the test method does not attempt to duplicate all of the process conditions (abrasive size, shape, pressure, impact or corrosive elements), it should not be used to predict the exact resistance of a given material in a specific environment. The value of the test method lies in predicting the ranking of materials in a similar relative order of merit as would occur in an abrasive environment. Volume loss data obtained from test materials whose lives are unknown in a specific abrasive environment may, however, be compared with test data obtained from a material whose life is known in the same environment. The comparison will provide a general indication of the worth of the unknown materials if abrasion is the predominant factor causing deterioration of the materials.

## 6. Apparatus<sup>5</sup>

6.1 Fig. 2 shows a typical design and Figs. 3 and 4 are photographs of a test apparatus. (See Ref (4).) Several elements are of critical importance to ensure uniformity in test results among laboratories. These are the type of rubber used on the wheel, the type of abrasive and its shape, uniformity of the test apparatus, a suitable lever arm system to apply the required force (see Note 1) and test material uniformity.

Note 1—An apparatus design that is commercially available is depicted both schematically and in photographs in Figs. 1-4. Although it has been used by several laboratories (including those running interlaboratory tests) to obtain wear data, it incorporates what may be considered a design flaw. The location of the pivot point between the lever arm and the specimen holder is not directly in line with the test specimen surface. Unless the tangent to the wheel at the center point of the area or line of contact between the wheel and specimen also passes through the pivot axis of the loading arm, a variable, undefined, and uncompensated torque about the pivot will be caused by the frictional drag of the wheel against the specimen. Therefore, the true loading of specimen against the wheel cannot be known.

6.1.1 Discussion—The location of the pivot point between the lever arm and the specimen holder must be directly in line with the test specimen surface. Unless the tangent to the wheel

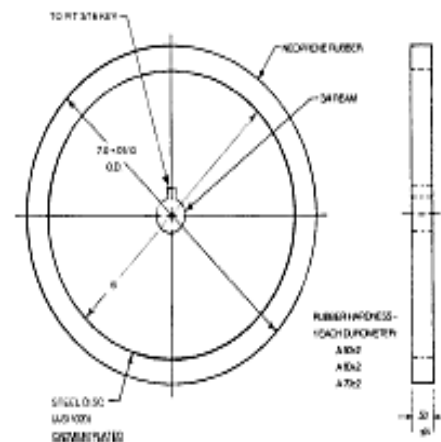


FIG. 2 Rubber Wheel



FIG. 3 Test Apparatus with Slurry Chamber Cover Removed

at the center point of the area or line of contact between the wheel and specimen also passes through the pivot axis of the loading arm, a variable, undefined, and uncompensated torque about the pivot will be caused by the frictional drag of the wheel against the specimen. Therefore, the true loading of specimen against the wheel cannot be known.

6.2 Rubber Wheel—Each wheel shall consist of a steel disk with an outer layer of neoprene rubber molded to its periphery. The rubber is bonded to the rim and cured in a suitable steel mold. Wheels are nominally 178 mm (7 in.) diameter by 13 mm (1/2 in.) wide (see Fig. 2). The rubber will conform to Classification D 2000 (SAE J200).

6.2.1 The 50 Durometer wheel will be in accordance with 2BC515K11Z1Z2Z3A, where:

- Z1—Elastomer—Neoprene GW,
- Z2—Type A Durometer hardness 50 ± 2,
- Z3—Not less than 50 % rubber hydrocarbon content, and

<sup>5</sup> Present users of this test method may have constructed their own equipment. Rubber wheel abrasion testing equipment is commercially available. Rubber wheels or sanded rims on wheel hubs can be obtained through the manufacturer(s).

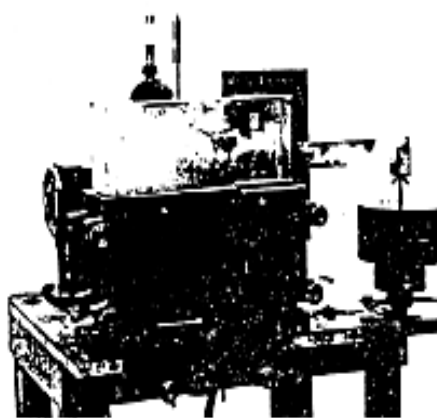


FIG. 4 Test Apparatus In Operation

Z4—Medium thermal black reinforcement.

6.2.2 The 60 Durometer wheel will be in accordance with 2BC615K11Z1Z2Z3ZA, where:

Z1, Z3, and Z4 are the same as for 6.2.1, and  
Z2—Type A Durometer hardness  $60 \pm 2$ .

6.2.3 The 70 Durometer wheel will be in accordance with 2BC715K11Z1Z2Z3ZA, where:

Z1, Z3, and Z4 are the same as for 6.2.1, and  
Z2—Type A Durometer hardness  $70 \pm 2$ .

6.2.4 The compounds suggested for the 50, 60, and 70 Durometer rubber wheels are as follows:

Ingredient	Content (pph)		
	50	60	70
Neoprene GW	100	100	100
Magnesia <sup>a</sup>	2	2	2
Zinc Oxide <sup>b</sup>	10	10	10
Octamine	2	2	2
Stearic Acid	0.5	0.5	0.5
SF6 Carbon Black <sup>c</sup>	20	37	63
ASTM #3 Oil	14	10	10

<sup>a</sup> Magfin D (Merck)

<sup>b</sup> Kadon 15 (New Jersey Zinc)

<sup>c</sup> ASTM Grade N702

6.2.5 Wheels are molded under pressure. Cure times of 40 to 60 min at 153°C (307°F) are used to minimize “heat-to-heat” variations.

6.3 *Motor Drive*—The wheel is driven by a 0.75-kw (1-hp) electric motor and suitable gear box to ensure that full torque is delivered during the test. The rate of revolution ( $245 \pm 5$  rpm) must remain constant under load. Other drives producing 245 rpm under load are suitable.

6.4 *Wheel Revolution Counter*—The machine shall be equipped with a revolution counter that will monitor the number of wheel revolutions as specified in the procedure. It is recommended that the incremental counter have the ability to shut off the machine after a preselected number of wheel revolutions or increments up to 5000 revolutions is attained.

6.5 *Specimen Holder and Lever Arm*—The specimen holder is attached to the lever arm to which weights are added so that

force is applied along the horizontal diametral line of the wheel. An appropriate weight must be used to apply a force of 22 N (50 lbf) between the test specimen positioned in the specimen holder and the wheel. The weight has a mass of approximately 9.5 kg (21 lb) and must be adjusted so that the force exerted by the rubber wheel on the specimen with the lever wheel at rest has a value of  $222.4 \pm 3.6$  N ( $50.0 \pm 0.8$  lbf). This force may be determined by calculation of the moments acting around the pivot point for the lever arm or by direct measurement, for example, by noting the load required to pull the specimen holder away from the wheel, or with a roving ring.

6.6 *Analytical Balance*—The balance used to measure the mass in mass of the test specimen shall have a sensitivity of 0.0001 g. A 150 g capacity balance is recommended to accommodate thicker or high density specimens.

#### 7. Reagents and Materials

7.1 *Abrasive Slurry*—The abrasive slurry used in the test shall consist of a mixture of 0.940 kg of deionized water and 1.500 kg of a rounded grain quartz sand as typified by AFS 50/70 Test Sand ( $-50/+70$  mesh, or  $-230/+270 \mu\text{m}$ ) furnished by the qualified source.<sup>6</sup>

7.2 AFS 50/70 test sand is controlled by the qualified source to the following size range using U.S. Sieves (Specification E 11).

U.S. Sieve Size	Sieve Opening	% Retained on Sieve
40	425 $\mu\text{m}$ (0.0165 in.)	None
50	300 $\mu\text{m}$ (0.0117 in.)	5 max
70	212 $\mu\text{m}$ (0.0083 in.)	95 min
100	150 $\mu\text{m}$ (0.0059 in.)	None Passing

7.2.1 Multiple use of the sand may affect the test comparisons.

#### 8. Sampling, Test Specimen, and Test Units

8.1 *Test Unit*—Use any metallic material form for abrasion testing by this method. This includes wrought metals, castings, forgings, weld overlays, thermal spray deposits, powder metals, electroplates, cermets, etc.

8.2 *Test Specimen*—The test specimens are rectangular in shape,  $25.4 \pm 0.8$  mm ( $1.00 \pm 0.03$  in.) wide by  $57.2 \pm 0.8$  mm ( $2.25 \pm 0.03$  in.) long by 6.4 to 15.9 mm (0.25 to 0.625 in.) thick. The test surface should be flat within 0.125 mm (0.005 in.) maximum.

8.2.1 For specimens less than 9.5 mm thick (0.375 in.), use a shim in the specimen holder to bring the specimen to a height of 9.5 mm.

8.3 *Wrought and Cast Metal*—Specimens may be machined to size directly from raw material.

8.4 Weld deposits are applied to one flat surface of the test piece. Double-weld passes are recommended to prevent weld dilation by the base metal. Note that welder technique, heat input of welds, and the flame adjustment of gas welds will have

<sup>6</sup> The sole source of supply of the apparatus known to the committee at this time is Ottawa Silica Co., P.O. Box 577, Ottawa, IL 61350. If you are aware of alternative suppliers, please provide this information to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend.



an effect on the abrasion resistance of the weld deposit. Weld deposits should be made on a thick enough substrate, 12.7 mm (0.5 in.) minimum suggested, to prevent distortion. If distortion occurs, the specimen may be mechanically straightened or ground or both.

8.4.1 In order to develop a suitable wear scar, the surface to be abraded must be ground flat to produce a smooth, level surface. A test surface without square (90°) edges, having a level surface at least 50.8 mm (2.00 in.) long and 19.1 mm (0.75 in.) wide, is acceptable if it can be positioned to show the full length and width of the wear scar developed by the test.

8.5 *Coatings*—This test may be unsuitable for some coatings, depending on their thickness, wear resistance, bond to the substrate, and other factors. The criterion for acceptability is the ability of the coating to resist penetration to its substrate during conduct of the test. Modified procedures for coatings may be developed based on this procedure.

8.6 *Finish*—Test specimens should be smooth, flat and free of scale. Surface defects such as porosity and roughness may bias the test results, and such specimens should be avoided unless the surface itself is under investigation. Excepting coatings, the last 0.3 mm (0.01 in.) of stock on the test surface (or surfaces in cases where both major surfaces are to be tested) should be carefully wet ground to a surface finish of about 0.5 to 0.75  $\mu\text{m}$  (20 to 30  $\mu\text{in.}$ ) arithmetic average as measured across the direction of grinding. The direction of the grinding should be parallel to the longest axis of the specimen. The finished surface should be free of artifacts of specimen heat treatment or preparation such as unintentional carburization or decarburization, heat checks, porosity, slag inclusions, gas voids, etc.

8.6.1 Thin coatings may be tested in the as-coated condition since surface grinding, especially of those less than about 0.3 mm (0.01 in.) thick, can penetrate the coating or cause it to be so thin that it will not survive that test without penetration. The finish of the substrate test surface prior to coating should be such to minimize irregularities in the coated surface. Grinding of this surface as directed in 8.6 is suggested for coatings less than 0.15 mm (0.005 in.) thick.

8.6.2 The type of surface or surface preparation shall be stated in the data sheet.

## 9. Procedure

9.1 Thoroughly rinse the slurry chamber before the test to eliminate any remnants of slurry from a previous test.

9.2 Install the rubber wheel of nominal 50 Durometer and measure and record its hardness.

9.2.1 Take at least four (preferably eight) hardness readings at equally spaced locations around the periphery of the rubber wheel using a Shore A Durometer tester in accordance with Test Method D 2240. Take gage readings after a dwell time of 5 s. Report average hardness in the form: A/48.6/5, where A is the type of Durometer, 48.6 the average of the readings, and 5 the time in seconds that the pressure foot of the tester is in firm contact with the rubber rim surface. The 5-s dwell time for the pressure foot in contact with the rubber rim should be rigorously adhered to.

9.3 Prior to testing, demagnetize each steel specimen. Then clean each specimen of all dirt and foreign matter, and degrease

in acetone immediately prior to weighing. Materials with surface porosity (some powder metals or ceramics) must be dried to remove all traces of the cleaning agents that may have been entrapped in the material.

9.4 Weigh the specimen to the nearest 0.0001 g.

9.5 Set the revolution counter to shut off automatically after 1000 wheel revolutions.

9.6 Install the specimen in the specimen holder, using an appropriate shim if the specimen surface is less than 9.5 mm above the holder seat surface; then install the holder in position for testing. Fill the slurry chamber with 1.500 kg of the quartz sand and 0.940 kg of deionized water at room temperature, and place a cover over the top of the slurry chamber to prevent the slurry from splashing out.

9.7 Start wheel rotation. The rubber wheels are rotated at 245 rpm, or 2.28 m/s (449 ft/min) peripheral surface speed.

9.8 Lower the specimen holder carefully against the wheel to prevent bouncing and to apply a force of 222 N (50 lb) against the test specimen. A wear scar is run-in for 1000 wheel revolutions. Each 1000 revolutions produces 558.6 m (1832.6 ft) of lineal abrasion assuming a 177.8 m diameter wheel. The run-in removes the surface layer and exposes fresh material that is not affected by the surface preparation.

9.9 Following the run-in, remove the specimen from the slurry chamber. Clean, dry, and reweigh the specimen to the nearest 0.0001 g. Drain the slurry from the chamber and discard it.

9.10 The actual abrasion test is conducted on the same wear scar starting with either the same 50 Durometer rubber wheel used for the run-in, or with another 50 Durometer rubber wheel. It is essential to install the specimen in the specimen holder with the same orientation and position each time.

9.11 Follow the same procedure as used for the run-in, repeating steps 9.1-9.9 with the normally 50, 60, and 70 Durometer rubber wheels, in order of increasing hardness.

9.12 *Preparation and Care of Rubber Wheels*—Dress the periphery of all new rubber wheels and make concentric to the bore of the steel disk upon which the rubber is mounted. The concentricity of the rim shall be within 0.05 mm (0.002 in.) total indicator reading on the diameter. The intent is to produce a uniform surface that will run tangent to the test specimen without causing vibration or hopping of the lever arm. The wear scars shall be rectangular in shape and of uniform depth at any section across the width (Fig. 5).

9.12.1 It is recommended that rubber wheels be dressed again after accumulating approximately 6000 revolutions during testing. Experience has shown that more than 6000 revolutions may have an adverse effect on the reproducibility of results.

9.12.2 Dress rubber wheels whenever they develop grooves or striations, or when they wear unevenly so as to develop trapezoidal or uneven wear scars on the test specimen.

9.12.3 The rubber wheel may be used until the diameter is reduced to 165 mm (6.50 in.). The shelf life of the rubber rim may not exceed two years. Store wheels so that there is no force on the rubber surface. New rubber rims may be mounted on steel disks by the qualified source.<sup>6</sup>



FIG. 5 Typical Uniform Wear Scar

9.13 *Wheel Dressing Procedure*—A recommended dressing procedure for the periphery of the rubber rim is to mount the wheel on an expandable arbor in a lathe and grind it square with a freshly dressed grinding wheel such as a Norton 38A60J5VBE, having dimensions of approximately 130 × 13 × 13 mm (5 × ½ × ½ in.), rotating at a speed of 3500 rpm, while the rubber wheel rotates at 86 rpm. The rubber wheel should be cross-fed at 0.43 mm (0.017 in.) per revolution. After dressing, measure each rubber wheel carefully to determine the diameter and width of the rubber rim.

10. Calculation of Results

10.1 Test results obtained are three mass loss values in grams corresponding to the three average Durometer hardness values obtained for the nominally 50, 60, and 70 Durometer rubber wheels. Normalize mass loss values to correspond to the travel of a wheel having a diameter of 177.8 mm (7.000 in.) and a width of 12.7 mm (0.500 in.) using the following formula:

$$\begin{aligned} \text{Normalized Mass Loss in Grams} &= \frac{177.8 \times 12.7 \times \text{Actual Mass Loss (g)}}{\text{Actual Diameter (mm.)} \times \text{Actual Width (mm.)}} \\ \text{or} & \\ &= \frac{7.000 \times 0.500 \times \text{Actual Mass Loss (g)}}{\text{Actual Diameter (in.)} \times \text{Actual Width (in.)}} \end{aligned}$$

10.2 Plot normalized mass loss values (that is, three values for each sample material) on a logarithmic scale against the corresponding rubber wheel hardness plotted on a linear scale. The final test result is obtained by fitting a least square line to the three data points and solving the equation of the line for the mass loss corresponding to a rubber hardness of exactly 60 Durometer. An example of the procedure is presented in Appendix X1.

10.3 *Volume Loss*—While 60 Durometer normalized mass loss results should be reported and may be used internally in test laboratories to compare materials of equivalent or near equivalent densities, it is essential that all users of the test

procedure report their results uniformly as volume loss in reports or publications so that there is no confusion caused by variations in density. Convert mass loss to volume loss as follows:

$$\text{Volume Loss, mm}^3 = \frac{\text{Mass Loss (g)} \times 1000}{\text{Density (g/cm}^3\text{)}}$$

11. Precision and Bias

11.1 The precision and bias of the measurements obtained with this test procedure will depend upon strict adherence to the stated test parameters.

11.1.1 The coefficient of correlation (*r*) for the three mass loss values determined in a test shall be calculated in accordance with Annex A1. The quantity *r* varies between -1 and +1. Either value means that the correlation is perfect; *r* = 0 means that there is no correlation. Data giving *r* values between 0.95 and -0.95 should be scrutinized for causes of scatter.

11.2 The degree of agreement in repeated tests on the same material will depend upon material homogeneity, machine and material interaction, and close observation of the test by a competent machine operator.

11.3 Normal variations in the abrasive material, rubber wheel characteristics, and procedure will tend to reduce the accuracy of the test method as compared to the accuracy of such material property tests as hardness or density. Properly conducted tests will, however, maintain a 7 % or less coefficient of variation of volume loss values that will characterize the abrasion resistance of materials (see Annex A1).

11.4 *Initial Machine Operation and Qualification*—The number of tests required to establish the precision of the machine for initial machine operation shall be at least five. The test samples shall be taken from the same homogeneous material.

11.4.1 The standard deviation from the mean average shall be calculated from the accumulated test results and reduced to the coefficient of variation in accordance with Annex A1. The coefficient of variation shall not exceed 7 % in materials of the 2 to 60 mm<sup>3</sup> volume loss range. If this value is exceeded, the machine operation shall be considered out of control and steps taken to eliminate erratic results.

11.4.2 In any test series all data must be considered in the calculation, including outliers (data exceeding the obvious range). For example, an exceedingly high or low volume loss must not be disregarded except in the case of observed faulty machine operation, or obvious test specimen anomaly.

11.5 While two or more laboratories may develop test data that is within the acceptable coefficient of variation for their own individual test apparatus, their actual averages may be relatively far apart. The selection of sample size and the method for establishing the significance of the difference in averages shall be agreed upon between laboratories and shall be based on established statistical methods Practice E 122, Practice E 177, and ASTM STP 15D.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis, ASTM STP 15D, ASTM International, 1976 (out of print). (Revised as MNL7A, Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis, Seventh Edition.)



11.6 Reference materials should be used for periodic monitoring of the test apparatus and procedures in individual laboratories. (A satisfactory reference material for this test has not yet been established through laboratory testing.)

12. Keywords

12.1 abrasive wear test; metallic materials; rubber wheel; scratching abrasion; wet sand

ANNEX

(Mandatory Information)

A1. SOME STATISTICAL CONSIDERATIONS IN ABRASION TESTING

A1.1 *Background*—The wet sand/rubber wheel abrasion test as developed and described by Haworth, Borik, and others (see Refs (1-4), p. 18) has been in various stages of evolution and use over the last two or more decades. A number of variations of this test procedure have been used by several research and industrial laboratories in the United States who were faced with the problem of evaluating hardfacing alloys, castings, and wrought products for their resistance to abrasive wear. Individual laboratories set their own test parameters with the goal being the generation of reproducible test data within the laboratory. As the need for standardization became apparent, in 1962 The Society of Automotive Engineers established a division (No. 18) of the Iron and Steel Technical Committee (ISTC) to achieve this end. This was not accomplished and in 1983, subcommittee G02.30 formed a task group with the objective of producing an ASTM Standard Practice. In previous round-robins conducted by the SAE group, it has been evident that the variability of experimental error inherent in each laboratory is a factor that must be considered. Not only must the test method, apparatus, and individual operator generate correct results (bias) but the test results must be consistently reproducible (precision) within an acceptable narrow range. Another important consideration in developing accurate and precise test results is the selection of adequate sample size. More specifically this was the need for laboratories to agree on the number of times a test should be repeated on a given homogeneous material in order to obtain a meaningful average result. While the single test results and simple arithmetic averaging may in some few cases be useful in individual laboratories, it is essential that statistical techniques and multiple testing of specimens be utilized for the qualification of each test apparatus, and for the comparison of materials. Further information on statistical methods may be found in Practice E 122, STP 15D,<sup>7</sup> and in the references.

A1.2 *Statistical Formulas*—Several formulas for the calculation of optimum sample size, standard deviation, and coefficient of variation are used in the statistical analysis of data. To ensure uniformity among laboratories using the wet sand/rubber wheel test, the standard deviation and coefficient of variation of results produced from a series of tests shall be calculated by the following formulas:

- $s$  = standard deviation (small sample size, 2 to 10) =  $R/d_2$  (1)
- $s$  = standard deviation (any sample size) (2)
- $V$  = % coefficient of variation =  $(s/d) \times 100$  (3)
- $n$  = sample size (95 % confidence level)

$$= (1.96 W)/s^2 \tag{4}$$

where:

- $s$  = standard deviation from the mean,
- $V$  = variability of the test procedure, %,
- $x$  = value of each test result (volume loss in mm<sup>3</sup>),
- $\bar{x}$  = mean of arithmetic average for  $n$  tests,
- $\Sigma x$  = sum total of all test values,
- $n$  = number of tests or observations,
- $e$  = allowable sampling error, %,
- $R$  = difference between the highest and lowest test value, and
- $d_2$  = deviation factor, which varies with sample size (Table A1.1)

A1.3 *Use of Statistical Methods*—In evaluating the precision and accuracy of any test procedure, new users must deal with the concepts of mean averages, standard deviation from the mean, variability of test results, range of results, allowable sampling error, and particularly the effect of sample size. While it is obvious that a large number of tests on the same material is desirable and will yield a high confidence level in evaluating test results, many abrasion test evaluations are made on a small number of samples. This is due to the fact that in much abrasion work, large numbers of test specimens are just not available. In addition to this a new user is concerned with evaluating the accuracy of his first few (2 or 3) test results during the initial test campaign which certainly should not inspire much confidence because of the small number of tests. However, even with this admittedly small sample size, the user may calculate the variability of results, which may give a

TABLE A1.1 Minimum Acceptable Sample Size (n) for 95 % Confidence Level

n	Allowable Sampling Error (V)									
	Coefficient of Variation (V)									
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	
1	4	1	—	—	—	—	—	—	—	
2	16	4	2	1	—	—	—	—	—	
3	35	9	4	3	2	1	—	—	—	
4	62	16	7	4	3	2	2	—	—	
5	96	24	11	6	4	3	2	2	1	
6	—	35	16	9	6	4	3	2	2	
7	—	47	21	12	8	6	4	3	2	
8	—	62	28	16	10	7	5	4	3	
9	—	78	35	20	13	9	7	5	4	
10	—	96	43	24	16	11	8	6	4	

general indication of precision of the apparatus and test method. As more data are accumulated from the same homogeneous material and new data are accumulated from different materials, the accumulated variability values may be averaged to provide a better estimate of the precision of the apparatus and procedure.

**A1.4 Small Sample Size (2 to 10):**

A1.4.1 In statistical analysis the estimated standard deviations of large sample sizes (over 10) are derived from the square root of the mean square of deviations from the average. A typical user of this test procedure will more likely start out with less than 10 test results. In these cases the standard deviation(s) is more efficiently derived from the range (R) of the sample observation than from the root mean square. For such samples the standard deviation is obtained by multiplying the range of available observations (the difference between the highest and lowest numerical value) by a deviation factor (Formula 1) that varies with the sample size. Once the standard deviation is obtained, the percent coefficient of variation is attained by dividing the standard deviation by the average test value  $\bar{x}$  and multiplying by 100. The deviation factor is obtained from Table A1.2.

A1.4.2 Example 1—This example shows typical analysis for standard deviation and coefficient of variation of actual data from three abrasion tests made upon a Co-Cr-C hardfacing alloy deposit.

Number of tests (n)	= 3
Volume loss data (x)	= 13.7 mm <sup>3</sup> , 15.5 mm <sup>3</sup> , 17.0 mm <sup>3</sup>
Average of volume loss ( $\bar{x}$ )	= 15.7 mm <sup>3</sup>
Range of test	= 4.2 mm <sup>3</sup>
Standard deviation (s)	= 4.2
Coefficient of variation (v)	= $\frac{4.2}{15.7} \times 100 = 2.68\%$

A1.4.2.1 Note that the 15.0% variation is well above the acceptable 7% maximum as indicated in 11.4.1 of the standard. It is obvious that either this particular test apparatus or procedure was out of control, or the variability of the hardfacing deposit was such to cause this large variation in test results.

**A1.5 Large Sample Size (10 or Over):**

A1.5.1 Example 2—This example shows the analysis for the coefficient of variation of ten abrasion tests made upon normalized 1090 steel. The standard deviation was calculated from Formula 2 and the test data are set down in the following format:

TABLE A1.2 Factors for Estimating Standard Deviation from the Range on the Basis of Sampling Size

Sample Size (n)	d <sub>2</sub>	1/d <sub>2</sub>
2	1.128	0.8865
3	1.693	0.5907
4	2.059	0.4857
5	2.326	0.4299
6	2.534	0.3946
7	2.704	0.3698
8	2.847	0.3512
9	2.970	0.3367
10	3.078	0.3249

Test Number	x	x - $\bar{x}$	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>
1	6.02	-0.43	0.1849
2	6.34	-0.31	0.0961
3	6.75	0.10	0.0100
4	5.64	1.01	1.0201
5	6.52	-0.13	0.0169
6	7.08	.43	0.1849
7	6.26	-0.30	0.0900
8	6.96	0.31	0.0961
9	6.85	0.20	0.0400
10	6.07	-0.58	0.3364
$\bar{x} = 6.45$		$\sum(x - \bar{x})^2 = 2.1375 = 2(x - \bar{x})^2$	

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{(n - 1)}} = \sqrt{\frac{2.1375}{9}} = \sqrt{0.2375} = 0.4873$$

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0.4873}{6.45} \times 100 = 7.56\%$$

A1.5.1.1 In this particular test series the 7.56% coefficient of variation indicated the test procedure was slightly outside of satisfactory control.

**A1.6 Estimated Sample Size and Allowable Sampling Error:**

A1.6.1 As indicated previously the availability of multiple test specimens in abrasion testing is sometimes limited. When this occurs the user must have some criterion upon which to judge the minimum acceptable sample size for meaningful results. Practice E 122 describes the choice of sample size to estimate the average quality of a lot or process. The following formula takes into account the allowable sampling error and the inherent variability of experimental error of the test method (coefficient of variation),

$$n = (1.96/vt)^2$$

A1.6.2 Table A1.1 is based upon this formula. It indicates a 5% probability that the difference between the sample estimate of the mean value  $\bar{x}$ , and that obtainable from averaging all values from a very high number of tests, will exceed the allowable sampling error (e). This corresponds to a 95% confidence level which is an appropriate criterion for abrasion tests. For example, if the coefficient of variation of the test apparatus as determined by multiple testing is 7%, the minimum sample size (n) would be 8 in order to obtain a 5% allowable sampling error. Note, however, that if the test results for the 8 samples does not generate a coefficient of variation of 7% or less, the test is not valid and corrective action must be taken.

A1.7 Typical Volume Loss Values—The wet sand/rubber wheel test will produce volume losses in metallic materials ranging from about 0.25 to 100 mm<sup>3</sup>. The more abrasion-resistant materials will develop the least volume loss. Table A1.3 shows typical volume loss ranges that may be expected in the metals listed. These test data were obtained in the last SAE round-robin and represent a population between different

TABLE A1.3 Typical Volume Loss Range<sup>a</sup>

Material	Volume Loss, mm <sup>3</sup>	Specific Gravity
1. 304 Stainless Steel bar HRB 78	55 ± 14	8.0
2. T-1 Low Alloy Steel bar HRC 24	20 ± 7	7.86
3. AISI 1090 Steel plate normalized 900°C HRC 30	6.7 ± 2.0	7.84
4. AISI D2 Tool Steel hardened and tempered HRC 60	1.2 ± 0.2	7.8

<sup>a</sup> Falco Corporation, 1020 Airpark Drive, Sugar Grove, IL (USA).

laboratories. Within the same laboratory, reproducibility of test results will be better than the values shown. They are offered as guidelines only and not as purchasing specifications or as standard reference specimens. Any material specifications involving this test method must be by agreement between the

seller and the purchaser. When volume losses are less than 1 mm<sup>3</sup>, greater accuracy in material ranking may require a modified procedure, for example, use of 5000 revolutions per rubber wheel.

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

XI. SAMPLE COMPUTATION OF MASS LOSS AT 60 DUROMETER HARDNESS BY MEANS OF A LEAST SQUARE LINE

XI.1 Given the following:

X (Durometer Hardness)	X <sub>1</sub> = 50.1	X <sub>2</sub> = 59.0	X <sub>3</sub> = 66.0
W (Weight Loss, g)	W <sub>1</sub> = 0.201	W <sub>2</sub> = 0.523	W <sub>3</sub> = 1.006
Y (Logarithm of Weight Loss)	Y <sub>1</sub> = -0.69680	Y <sub>2</sub> = -0.28150	Y <sub>3</sub> = 0.00260

XI.1.1 Least Square Line Equation:

$$Y = \bar{Y} + \frac{\frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}}{(X - \bar{X})} \quad (X1.1)$$

where:

- Y = logarithm of weight loss = Log W,
- X = durometer hardness,
- $\bar{Y}$  = average of Y,
- $\bar{X}$  = average of X,
- N = 3 (number of points), and
- Σ = Sum

XI.1.1.1 Determination of Individual Terms in (Eq X1.1):

$$\begin{aligned} \bar{Y} &= \frac{-0.69680 - 0.28150 + 0.00260}{3} = -0.32523, \\ \sum XY &= (50.1)(-0.69680) + (59.0)(-0.28150) + (66.0)(0.00260) = 51.34679, \\ \sum X \sum Y &= (50.1 + 59.0 + 66.0)(-0.69680 - 0.28150 + 0.00260) = 170.84577, \\ \sum X^2 &= (50.1)^2 + (59.0)^2 + (66.0)^2 = 10347.01, \\ (\sum X)^2 &= (50.1 + 59.0 + 66.0)^2 = 30660.01, \text{ and} \\ \bar{X} &= \frac{50.1 + 59.0 + 66.0}{3} = 58.36667. \end{aligned}$$

XI.1.1.2 By Substitution Into (Eq X1.1):

$$Y = -0.32523 + \frac{-51.34679 - \frac{170.84577}{3}}{10347.01 - \frac{30660.01}{3}} (X - 58.36667) \quad (X1.2)$$

or

$$Y = -0.32523 + 0.04411(X - 58.36667)$$

At X = 60, the logarithm of the normalized weight loss can be computed from (Eq X1.2):

$$\begin{aligned} Y &= -0.32523 + 0.04411(60 - 58.36667) \quad (X1.3) \\ Y &= -0.25319 = \text{Log } W \\ W &= 0.558 \text{ grams} \end{aligned}$$

XI.1.2 Coefficient of Correlation:

XI.1.2.1 The coefficient of correlation, r, a measure of scatter around the least equal line is computed according to the following expression:

$$r = \pm \sqrt{\frac{\sum(Y_{\text{cal}} - \bar{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2}} \quad (X1.4)$$

where:

$$\begin{aligned} \sum(Y_{\text{cal}} - \bar{Y})^2 &= (Y_{1\text{cal}} - \bar{Y})^2 + (Y_{2\text{cal}} - \bar{Y})^2 + (Y_{3\text{cal}} - \bar{Y})^2, \\ \text{and} \\ \sum(Y - \bar{Y})^2 &= (Y_1 - \bar{Y})^2 + (Y_2 - \bar{Y})^2 + (Y_3 - \bar{Y})^2 \end{aligned}$$

XI.1.2.2 Using Equation of the Least Square Line (Eq X1.2) and substituting values of X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> and X<sub>3</sub>, as given, the Y<sub>1cal</sub>, Y<sub>2cal</sub> and Y<sub>3cal</sub> are calculated as follows:

$$\begin{aligned} Y_{1\text{cal}} &= -0.32523 + 0.04411(X_1 - 58.36667) \\ \text{For } X_1 = 50.1, Y_{1\text{cal}} &= -0.68987 \\ Y_{2\text{cal}} &= -0.32523 + 0.04411(X_2 - 58.36667) \\ \text{For } X_2 = 59.0, Y_{2\text{cal}} &= -0.29729 \\ Y_{3\text{cal}} &= -0.32523 + 0.04411(X_3 - 58.36667) \\ \text{For } X_3 = 66.0, Y_{3\text{cal}} &= 0.01148 \end{aligned}$$



REFERENCES

- (1) Avery, H. S., "The Nature of Abrasive Wear," *SAE Preprint 750822*, Society of Automotive Engineers, 1975.
- (2) Avery, H. S., "Classification and Precision of Abrasion Tests," *Source Book on Wear Control Technology*, ASM, 1978.
- (3) Harworth, R. W., Jr., "The Abrasion Resistance of Metals," *Transactions ASM*, Vol 41, 1949, pp. 819-854.
- (4) Bork, Frank, "Rubber Wheel Abrasion Test," *SAE Paper 700687*, Society of Automotive Engineers, 1970.
- (5) Sirok, D. A., "Field and Laboratory Tests on Plowshares," *SAE Paper 700690*, Society of Automotive Engineers, 1970.
- (6) Saltzman, G. A., "Wet Sand Rubber-Wheel Abrasion Test for Thin Coatings," *Selection and Use of Wear Test for Coatings, ASTM STP 709*, R. G. Bayer, Ed., ASTM, 1982, pp. 71-91.
- (7) Saltzman, G. A., Meredith, T. O., Subramanyan, D. K., and Avery, H. S., "Experience with the Wet Sand/Rubber Wheel Abrasion Test," *Slurry Erosion: Uses, Applications, and Test Methods, ASTM STP 946*, J. E. Miller and F. E. Schmidt, Jr, Eds., ASTM 1987, pp. 211-242.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2955, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-831-9885 (phone), 610-831-9855 (fax), or [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail); or through the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)).*

## ANEXO A2 DATOS TÉCNICOS DE ACERO AISI 1045.

Tipo de aleación (valores promedio en %)		
C	Si	Mn
0.45	0.30	0.70

**Normas** Similar AISI 1045

No. Mat. 1.1191

DIN C45

### Propiedades

Acero para construcciones mecánicas, no aleado, apto para bonificación.

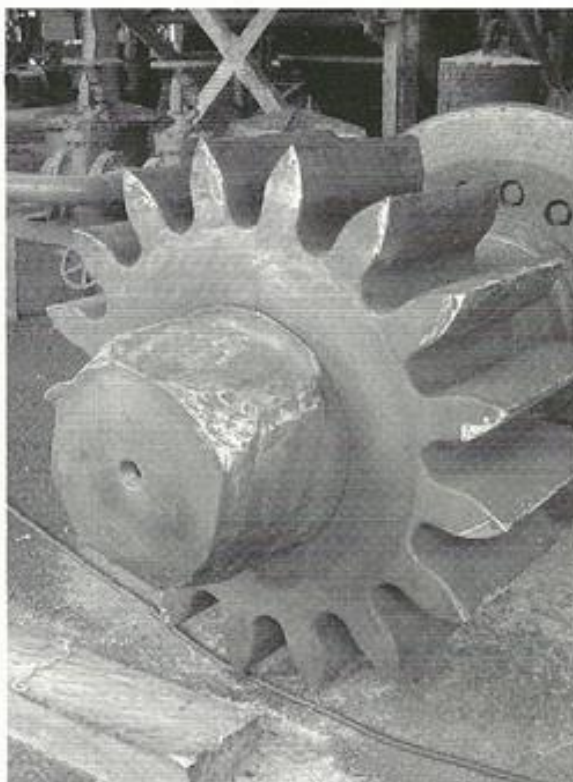
### Aplicaciones

Partes y piezas de pequeña sección de baja resistencia así como grandes componentes en estado normalizado. En general para fabricación de repuestos para máquinas, motores y automóviles, tales como ejes, partes de acople, árboles, partes para troqueles, bielas y cremalleras.

### Instrucciones para el tratamiento térmico

**Forjar:** 1100-850°C. Enfriamiento lento en el horno o en material termoaislante.

**Normalizado:** 840-870°C. Enfriamiento al aire.



**Recocido:** 650-700°C. Enfriamiento regulado en el horno. Dureza después del recocido: máx 190 Brinell.

**Relevo de tensiones:** En estado bonificado aprox. 30-50°C por debajo de la temperatura

## ACERO PARA CONSTRUCCIÓN MECÁNICA, C45 - AISI 1045

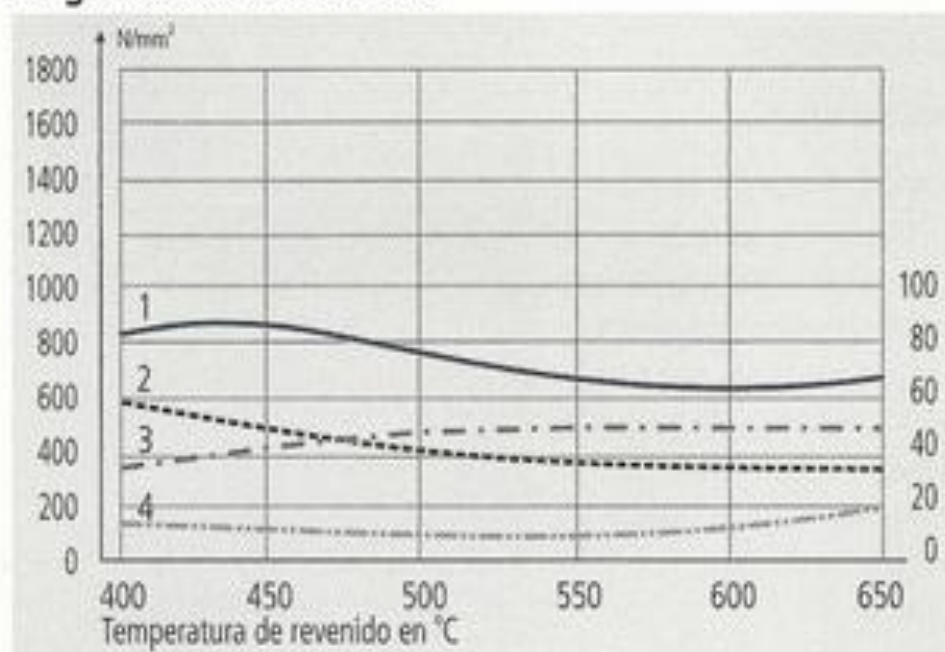
de revenido. En estado recocido aprox. 600-650°C. Mantenimiento a temperatura mínimo 1 hora.

**Temple:** 820-850°C. Enfriamiento en agua.

830-860°C. Enfriamiento en aceite para piezas delgadas y complicadas.

**Revenido:** 550-660°C. Enfriamiento al aire. El revenido se debe efectuar inmediatamente después del temple. Tiempo de mantenimiento a temperatura mínimo 1 hora. Véase diagrama de bonificación.

### Diagrama de bonificación



Temperatura de temple 850°C.

Sección de probeta redondo 60 mm.

- 1) Resistencia a la tracción N/mm<sup>2</sup>
- 2) Límite de elongación N/mm<sup>2</sup>
- 3) Estricción en %
- 4) Dilatación (Lo = 5do) %
- 5) Resistencia DVM en J.

ANEXO A3 TEMPERATURA DE TEMPLE Y NORMALIZADO

Table 1 Typical hardnesses of various carbon and alloy steels after tempering

Grade	Carbon content, %	Hardness, HRC, after tempering for 2 h at									Heat treatment
		205	260	315	370	425	480	540	595	650	

		°C (400 °F)	°C (500 °F)	°C (600 °F)	°C (700 °F)	°C (800 °F)	°C (900 °F)	°C (1000 °F)	°C (1100 °F)	°C (1200 °F)	
<b>Carbon steels, water hardening</b>											
1030	0.30	50	45	43	39	31	28	25	22	95 <sup>(a)</sup>	Normalized at 900 °C (1650 °F) water quenched from 830-845 °C (1525-1550 °F); average dew point, 16 °C (60 °F)
1040	0.40	51	48	46	42	37	30	27	22	94 <sup>(a)</sup>	
1050	0.50	52	50	46	44	40	37	31	29	22	

Fuente ASTM Metals Handbook Vol, 4 pg 291

ANEXO A4 PROPIEDADES DEL AIRE

Temperatura $T$ (°C)	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Peso específico $\gamma$ (N/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica $\eta$ (Pa·s)	Viscosidad cinemática $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)
-40	1.514	14.85	$1.51 \times 10^{-5}$	$9.98 \times 10^{-6}$
-30	1.452	14.24	$1.56 \times 10^{-5}$	$1.08 \times 10^{-5}$
-20	1.394	13.67	$1.62 \times 10^{-5}$	$1.16 \times 10^{-5}$
-10	1.341	13.15	$1.67 \times 10^{-5}$	$1.24 \times 10^{-5}$
0	1.292	12.67	$1.72 \times 10^{-5}$	$1.33 \times 10^{-5}$
10	1.247	12.23	$1.77 \times 10^{-5}$	$1.42 \times 10^{-5}$
20	1.204	11.81	$1.81 \times 10^{-5}$	$1.51 \times 10^{-5}$
30	1.164	11.42	$1.86 \times 10^{-5}$	$1.60 \times 10^{-5}$
40	1.127	11.05	$1.91 \times 10^{-5}$	$1.69 \times 10^{-5}$
50	1.092	10.71	$1.95 \times 10^{-5}$	$1.79 \times 10^{-5}$
60	1.060	10.39	$1.99 \times 10^{-5}$	$1.89 \times 10^{-5}$
70	1.029	10.09	$2.04 \times 10^{-5}$	$1.99 \times 10^{-5}$
80	0.9995	9.802	$2.09 \times 10^{-5}$	$2.09 \times 10^{-5}$
90	0.9720	9.532	$2.13 \times 10^{-5}$	$2.19 \times 10^{-5}$
100	0.9459	9.277	$2.17 \times 10^{-5}$	$2.30 \times 10^{-5}$
110	0.9213	9.034	$2.22 \times 10^{-5}$	$2.40 \times 10^{-5}$
120	0.8978	8.805	$2.26 \times 10^{-5}$	$2.51 \times 10^{-5}$

Nota: Las propiedades del aire en condiciones estándar a nivel del mar son las siguientes:

Temperatura	15 °C
Presión	101.325 kPa
Densidad	1.225 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico	12.01 N/m <sup>3</sup>
Viscosidad dinámica	$1.789 \times 10^{-5}$ Pa·s
Viscosidad cinemática	$1.46 \times 10^{-5}$ m <sup>2</sup> /s

**Fuente:** MOTT, Robert, (2006). Mecánica de Fluidos. Pearson. México,

México. Pág. 597

ANEXO A5 PROPIEDADES DEL AGUA.

Temperatura (°C)	Peso específico $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica $\eta$ (Pa·s)	Viscosidad cinemática $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)
0	9.81	1000	$1.75 \times 10^{-3}$	$1.75 \times 10^{-6}$
5	9.81	1000	$1.52 \times 10^{-3}$	$1.52 \times 10^{-6}$
10	9.81	1000	$1.30 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-6}$
15	9.81	1000	$1.15 \times 10^{-3}$	$1.15 \times 10^{-6}$
20	9.79	998	$1.02 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-6}$
25	9.78	997	$8.91 \times 10^{-4}$	$8.94 \times 10^{-7}$
30	9.77	996	$8.00 \times 10^{-4}$	$8.03 \times 10^{-7}$
35	9.75	994	$7.18 \times 10^{-4}$	$7.22 \times 10^{-7}$
40	9.73	992	$6.51 \times 10^{-4}$	$6.56 \times 10^{-7}$
45	9.71	990	$5.94 \times 10^{-4}$	$6.00 \times 10^{-7}$
50	9.69	988	$5.41 \times 10^{-4}$	$5.48 \times 10^{-7}$
55	9.67	986	$4.98 \times 10^{-4}$	$5.05 \times 10^{-7}$
60	9.65	984	$4.60 \times 10^{-4}$	$4.67 \times 10^{-7}$
65	9.62	981	$4.31 \times 10^{-4}$	$4.39 \times 10^{-7}$
70	9.59	978	$4.02 \times 10^{-4}$	$4.11 \times 10^{-7}$
75	9.56	975	$3.73 \times 10^{-4}$	$3.83 \times 10^{-7}$
80	9.53	971	$3.50 \times 10^{-4}$	$3.60 \times 10^{-7}$
85	9.50	968	$3.30 \times 10^{-4}$	$3.41 \times 10^{-7}$
90	9.47	965	$3.11 \times 10^{-4}$	$3.22 \times 10^{-7}$
95	9.44	962	$2.92 \times 10^{-4}$	$3.04 \times 10^{-7}$
100	9.40	958	$2.82 \times 10^{-4}$	$2.94 \times 10^{-7}$

**Fuente:** MOTT, Robert, (2006). Mecánica de Fluidos. Pearson. México,

México. Pág. 589



ANEXO A6 TABLA DE CONVERSIONES DE DUREZAS.

HRC 150kg	Rockwell		Vickers HV kg/mm <sup>2</sup>	Dureza Brinell kg/mm <sup>2</sup>	Shore	Resistencia a la tracción kg/mm <sup>2</sup>	
	HR 62,5	HRA 60 kg				acero al carbono ≈0,36 HB	acero aleado ≈0,34 HB
67	84		900	775	108	267	264
66	-	83,8	870	752	101	275	256
65	83	83,4	840	735	99	284	249
64	-	82,8	815	710	96	255	241
63	82	82,3	790	690	93	248	235
62	-	81,8	769	670	91	240	228
61	81	81,3	750	652	88	234	221
60	-	80,7	730	635	85	227	214
59	80	80,2	699	620	83	220	208
58	-	79,6	670	600	80	215	205
57	79	79,1	650	580	78	210	198
56	-	78,6	630	571	75	205	194
55	78	78,1	610	555	73	200	188
54	-	77,6	590	540	72	195	184
53	77	77,1	575	530	71	188	180
52	-	76,5	560	515	69	178	175
51	76	76,0	540	500	68	174	170
50	-	75,4	525	487	67	170	165
49	75	74,9	510	475	65,5	165	160
48	-	74,4	499	462	64	161	156
47	74	73,8	489	447	62	157	152
46	-	73,3	465	435	60	153	148
45	73	72,8	459	424	59	148	144
44	72	72,3	449	413	57	145	141
43	-	71,7	425	406	55	141	137
42	-	71,2	415	396	54	137	133
41	-	70,7	402	382	53	134	130
40	70	70,2	390	377	52	131	127
39	-	69,7	380	369	50	127	125
38	69	69,1	370	355	49	125	120
37	-	68,6	360	345	48	122	118
36	68	68,1	350	339	47	119	115
35	-	67,6	345	331	46	118	113
34	67	67,0	330	323	45	114	110
33	-	66,5	320	316	45,5	111	108
32	-	66,0	315	310	44	109	105
31	65	65,6	310	305	43	107	103
30	-	65,0	305	299	42	103,5	100
29			295	290	41	101,5	98
28			285	282	40	99	96
27			279	276	39	96,5	93,5
26			270	268	38	94	91
25		HRC b	265	262	37	92,5	89
24			260	257	36,5	90,5	87
23		100 kg	255	252	36	87,5	85,5
22			245	245	35,5	86,5	83
21		100	240	240	35	84,5	81,5
20		90	235	234	34	82,5	79,5
19		99	230	229	33,5	80,5	78
18		97	225	223	33	78,5	76
17		96	220	218	32	76,5	74
16		95	215	213	31	75	72,5
15		94	210	209	30,5	73,5	71
14		93,5	205	204	30	71,5	69,5
13		93	200	199	29,5	70	67,5
12		92	195	195	29	69	66
11		91	191	191	28	67,5	65
10		90	187,5	187	28,5	66	63,5
9		89,5	185	184	28	65	62
8		89	180	181	27,5	64	61,5
7		88	177,5	178	27		60,5

Estos factores de conversión representan el promedio de los ensayos de varios institutos con diferentes materiales y equipos de ensayo. Por lo cual no deben ser considerados más que como valores aproximados de comparación.

**Fuente:** Manual de Aceros Especiales Bohler. (2011). Segunda edición.

Quito.

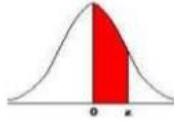
# ANEXO A7 TABLA DE VALORES DE Z

## USO DE LA TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD NORMAL ESTÁNDAR

### DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD NORMAL ESTÁNDAR

Áreas bajo la distribución de probabilidad Normal Estándar entre la media y valores positivos de Z.

$$\mu = 0 \text{ y } \sigma^2 = 1$$





Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	0.00000	0.00399	0.00798	0.01197	0.01595	0.01994	0.02392	0.02790	0.03188	0.03586
0.1	0.03983	0.04380	0.04776	0.05172	0.05567	0.05962	0.06356	0.06749	0.07142	0.07535
0.2	0.07926	0.08317	0.08706	0.09095	0.09483	0.09871	0.10257	0.10642	0.11026	0.11409
0.3	0.11791	0.12172	0.12552	0.12930	0.13307	0.13683	0.14058	0.14431	0.14803	0.15173
0.4	0.15542	0.15910	0.16276	0.16640	0.17003	0.17364	0.17724	0.18082	0.18439	0.18793
0.5	0.19146	0.19497	0.19847	0.20194	0.20540	0.20884	0.21226	0.21566	0.21904	0.22240
0.6	0.22575	0.22907	0.23237	0.23565	0.23891	0.24215	0.24537	0.24857	0.25175	0.25490
0.7	0.25804	0.26115	0.26424	0.26730	0.27035	0.27337	0.27637	0.27935	0.28230	0.28524
0.8	0.28814	0.29103	0.29389	0.29673	0.29955	0.30234	0.30511	0.30785	0.31057	0.31327
0.9	0.31594	0.31859	0.32121	0.32381	0.32639	0.32894	0.33147	0.33398	0.33646	0.33891
1.0	0.34134	0.34375	0.34614	0.34849	0.35083	0.35314	0.35543	0.35769	0.35993	0.36214
1.1	0.36433	0.36650	0.36864	0.37076	0.37286	0.37493	0.37698	0.37900	0.38100	0.38298
1.2	0.38493	0.38686	0.38877	0.39065	0.39251	0.39435	0.39617	0.39796	0.39973	0.40147
1.3	0.40320	0.40490	0.40658	0.40824	0.40988	0.41149	0.41308	0.41466	0.41621	0.41774
1.4	0.41924	0.42073	0.42220	0.42364	0.42507	0.42647	0.42785	0.42922	0.43056	0.43189
1.5	0.43319	0.43448	0.43574	0.43699	0.43822	0.43943	0.44062	0.44179	0.44295	0.44408
1.6	0.44520	0.44630	0.44738	0.44845	0.44950	0.45053	0.45154	0.45254	0.45352	0.45449
1.7	0.45543	0.45637	0.45728	0.45818	0.45907	0.45994	0.46080	0.46164	0.46246	0.46327
1.8	0.46407	0.46485	0.46562	0.46638	0.46712	0.46784	0.46856	0.46926	0.46995	0.47062
1.9	0.47128	0.47193	0.47257	0.47320	0.47381	0.47441	0.47500	0.47558	0.47615	0.47670
2.0	0.47725	0.47778	0.47831	0.47882	0.47932	0.47982	0.48030	0.48077	0.48124	0.48169
2.1	0.48214	0.48257	0.48300	0.48341	0.48382	0.48422	0.48461	0.48500	0.48537	0.48574
2.2	0.48610	0.48645	0.48679	0.48713	0.48745	0.48778	0.48809	0.48840	0.48870	0.48899
2.3	0.48928	0.48956	0.48983	0.49010	0.49036	0.49061	0.49086	0.49111	0.49134	0.49158
2.4	0.49180	0.49202	0.49224	0.49245	0.49266	0.49286	0.49305	0.49324	0.49343	0.49361
2.5	0.49379	0.49396	0.49413	0.49430	0.49446	0.49461	0.49477	0.49492	0.49506	0.49520
2.6	0.49534	0.49547	0.49560	0.49573	0.49585	0.49598	0.49609	0.49621	0.49632	0.49643
2.7	0.49653	0.49664	0.49674	0.49683	0.49693	0.49702	0.49711	0.49720	0.49728	0.49736
2.8	0.49744	0.49752	0.49760	0.49767	0.49774	0.49781	0.49788	0.49795	0.49801	0.49807
2.9	0.49813	0.49819	0.49825	0.49831	0.49836	0.49841	0.49846	0.49851	0.49856	0.49861
3.0	0.49865	0.49869	0.49874	0.49878	0.49882	0.49886	0.49889	0.49893	0.49896	0.49900
3.1	0.49903	0.49906	0.49910	0.49913	0.49916	0.49918	0.49921	0.49924	0.49926	0.49929
3.2	0.49931	0.49934	0.49936	0.49938	0.49940	0.49942	0.49944	0.49946	0.49948	0.49950
3.3	0.49952	0.49953	0.49955	0.49957	0.49958	0.49960	0.49961	0.49962	0.49964	0.49965
3.4	0.49966	0.49968	0.49969	0.49970	0.49971	0.49972	0.49973	0.49974	0.49975	0.49976
3.5	0.49977	0.49978	0.49978	0.49979	0.49980	0.49981	0.49981	0.49982	0.49983	0.49983
3.6	0.49984	0.49985	0.49985	0.49986	0.49986	0.49987	0.49987	0.49988	0.49988	0.49989
3.7	0.49989	0.49990	0.49990	0.49990	0.49991	0.49991	0.49992	0.49992	0.49992	0.49992
3.8	0.49993	0.49993	0.49993	0.49994	0.49994	0.49994	0.49994	0.49995	0.49995	0.49995
3.9	0.49995	0.49995	0.49996	0.49996	0.49996	0.49996	0.49996	0.49996	0.49997	0.49997
4.0	0.49997	0.49997	0.49997	0.49997	0.49997	0.49997	0.49998	0.49998	0.49998	0.49998





# ANEXO B



ANEXO B1 FORMATO PARA RECOLECCIÓN ANÁLISIS DEL MATERIAL.

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE ING. ENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 					
DATOS INFORMATIVOS:					
Probetas		Autorizado por		Realizado por	
Lugar de estudio y análisis				Fecha	
Tipo de estudio		Aprobado por			
Normas aplicadas					
ESPECIFICACIONES					
Especificación del material		Tipo o grado		Densidad	
Ancho		Resistencia a la tracción		Elongación	
Largo		Dureza		Reducción de área	
Características		Modulo de elasticidad		Máquinabilidad	
Tratamiento térmico		Temp ambiente		Medio de enfriamiento	
COMPOSICION QUIMICA					
Elaborado por :		Verificado por :			
Revisado por :		Validado por :			
Observaciones :					



ANEXO B2 FORMATO PARA EL ENSAYO METALOGRÁFICO.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>					
<b>Probetas</b>		<b>Autorizado por</b>		<b>Realizado por</b>	
<b>Lugar de estudio y análisis</b>			<b>Fecha</b>		
<b>Tipo de estudio</b>			<b>Aprobado por</b>		
<b>Normas aplicadas</b>					
<b>PARAMETROS PARA EL ENSAYO METALOGRAFICO</b>					
<b>Preparación de la superficie</b>		<b>Ataque químico</b>			
<b>Temperatura de pulido</b>		<b>Tiempo de ataque químico</b>			
<b>Tiempo de Preparación</b>		<b>Lente de observación</b>			
<div style="text-align: right; margin-right: 50px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px; margin-bottom: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> </div>					
<b>Observaciones :</b>					



ANEXO B3 FORMATO PARA EL ENSAYO DUREZA.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>					
<b>Probetas</b>		<b>Autorizado por</b>		<b>Realizado por</b>	
<b>Lugar de estudio y análisis</b>				<b>Fecha</b>	
<b>Tipo de estudio</b>			<b>Aprobado por</b>		
<b>Normas aplicadas</b>					
<b>PARAMETROS PARA EL ENSAYO DE DUREZA</b>					
<b>Método utilizado</b>			<b>Norma aplicada</b>		
<b>Carga aplicada</b>			<b>Tiempo de ensayo</b>		
<b>Tipo de indentador</b>					
<b>RESULTADO</b>					
<b>N°-</b>	<b>Dureza</b>				
<b>Promedio</b>					
<b>INTERPRETACION DE RESULTADOS</b>					
<b>Observaciones :</b>					



ANEXO B4 FORMATO PARA EVALUACIÓN MICROESTRUCTURAL.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>					
<b>Probetas</b>		<b>Autorizado por</b>		<b>Realizado por</b>	
<b>Lugar de estudio y análisis</b>				<b>Fecha</b>	
<b>Tipo de estudio</b>			<b>Aprobado por</b>		
<b>Normas aplicadas</b>					
<b>Evaluación micro estructural</b>					
<b>Tamaño de grano Metodo ASTM E112 Planimetria</b>					
<b>Componentes del Acero =</b>			<b>Porcentajes</b>		
<b>Observaciones :</b>					


ANEXO B5 REGISTRAR EL PESO INICIAL DE LAS PROBETAS.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 				
DATOS INFORMATIVOS:				
Probetas		Autorizado por		Realizado por
Lugar de medicion				Temp Amb
Tipo de estudio			Aprobado por	
Norma aplicada			Procedimiento Shore	
ACERO AISI				
Probetas	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Peso inicial
1,1				
1,2				
1,3				
1,4				
1,5				
1,6				
1,7				
1,8				
ACERO AISI				
2,1				
2,2				
2,3				
2,4				
2,5				
2,6				
2,7				
2,8				
ACERO AISI				
3,1				
3,2				
3,3				
3,4				
3,5				
3,6				
3,7				
3,8				
<b>Observaciones:</b>				

ANEXO B6 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE DESGASTE ABRASIVO.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> </div>  </div>						
DATOS INFORMATIVOS:						
Probeta		Autorizado por		Realizado por		
Lugar de estudio y análisis				Fecha		
Tipo de estudio		Aprobado por				
Normas aplicadas						
DATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO						
Características de la probeta			Características de la máquina			
Acero AISI 1045			Velocidad del disco			
Medio de enfriamiento			Dureza del disco			
Temperatura ambiente			Fuerza aplicada en la probeta y disco			
Ancho			Tamaño de grano de arena sílica			
Largo			Cantidad de arena			
Espesor			Cantidad de agua			
Peso inicial de la probeta						
RESULTADOS						
Despl L (m)	Pérdida de peso	$\Delta P$ (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)
1117						
2234						
3351						
4468						
5585						
VELOCIDAD DE DESGASTE mm <sup>3</sup> /s					PROBETA	
Elaborado por :					Verificado por :	
Revisado por :					Validado por :	
Observaciones :						

ANEXO B7 FORMATO PARA TABULAR LOS DATOS DEL DESGASTE ABRASIVO.

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 									
RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE ABRASIVO EN EL ACERO									
PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DETERMINADOS POR LA NORMA G105-89									
Dureza del neopreno			Cantidad de agua			Fuerza Aplicada			
Tipo de abrasivo			Cantidad de arena			RPM			
Diámetro de la rueda			Ancho de la rueda			Motoreductor			
Probetas	Peso inicial (gr)	Peso 1 (gr)	Desgaste ΔP (gr)	Volumen perdido (mm <sup>3</sup> )	Desplazamiento (m)	Tasa de desgaste (mg/m)	Coefficiente de desgaste (mg/mN)	Velocidad de desgaste (mm <sup>3</sup> /s)	
1,1									
1,2									
1,3									
1,4									
1,5									
1,6									
1,7									
1,8									
Σ									
Promedio									
Promedio del volumen en mm <sup>3</sup> $\bar{X}$ : Desviación estándar S : mm <sup>3</sup> Coeficiente de variación V:			Observaciones:						



# **ANEXO C**

## ANEXO C1 DUREZA DE NEOPRENOS.



Quito, 13 de Enero del 2014

Vikingo GRUPO

000110

### CERTIFICADO CALIDAD DE NEOPRENOS

Señor.  
Santiago Guerrero

Presente.-

PROYECTO:  
*Investigación de Tesis*

De mi consideración:

La empresa CAUCHOS VIKINGO garantiza que las 3 Ruedas de Neopreno vulcanizada por nosotros, con la factura 004-.001-000859 con fecha del 7 de enero del 2014. Fueron elaboradas en caucho NEOPRENO marca Showa Denko de procedencia Japonesa, según consta en factura (Invoice Number 103679) con fecha 2 de abril 2013. Cumpliendo las normas del MTOP 823-9 del Ecuador (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador). Las siguientes medidas

Ø Diam del alma metálica 6"

Ø Diam del terminado 7"

Rueda 1: Dureza shore A 55 ± 5

Rueda 2: Dureza shore A 65 ± 5

Rueda 3: Dureza shore A 71 ± 5

Cumplen con la norma ASTM D 2240. Las especificaciones, dimensiones fueron suministradas por el Cliente (medidas, grosor y dureza).

Adjunto Especificaciones Técnicas Generales.

*El Señor Santiago Guerrero puede dar uso a este certificado como bien tuviere.*

Atentamente,  
  
Ing. Francisco Fuentes

GERENTE DE CAUCHOS VIKINGO

### **CARACTERÍSTICAS DEL POLICLOROPRENO (NEOPRENO) EXCLUSIVAS DE CAUCHOS VIKINGO**

- Resistencia a la intemperie, tanto en climas secos y húmedos.
- Excelente comportamiento contra la combustión y llama.
- Resistencia al envejecimiento y al calor.
- Buena resistencia a la tracción, desgarro y resistencia al desgaste.
- Alta resistencia a la fatiga dinámica.
- Resistencia al agua y un gran número de productos químicos sobre un largo período.
- Muy buena resistencia al agua salada.
- Buena adhesión de refuerzos adecuadamente pretratados, como: textiles, Metales o fibras de vidrio.
- Resistencia a hongos y bacterias del suelo.
- Baja permeabilidad al gas.
- Propiedades eléctricas suficientes para un gran número de aplicaciones.

Los artículos de Neopreno vulcanizados por Cauchos Vikingo muestran excelente resistencia al envejecimiento, especialmente aquellos con un contenido de antioxidante optimizado. No se ablandan ni endurecen a altas temperaturas y durante largos períodos de pretensado permanecen elásticos y útiles. La resistencia al calor es considerablemente mejor que la de caucho natural. Es correspondiente aproximadamente a la resistencia al calor del caucho de nitrilo (110°C.).

### **EL DESGASTE Y LA RESISTENCIA AL OZONO**

Mientras otros productos de caucho NATURAL vulcanizados, tienden a agrietarse y se endurecen de forma relativamente rápida y se degradan cuando se exponen al ozono e intemperie, perdiendo sus propiedades físicas y características técnicas. Formular adecuadamente es una prioridad de Cauchos Vikingo y nuestros productos no presentan ningún deterioro significativo, incluso después de muchos años de la exposición a las inclemencias atmosféricas tales como la luz, la lluvia, gases industriales y oxígeno. Gracias a nuestra tecnología y desarrollo, se puede concluir, que nuestro Caucho Neopreno se mantiene y se mantendrá con sus buenas propiedades físicas para 30 años o más.

### **RESISTENCIA A LA ABRASION**

El Neopreno de Cauchos Vikingo es altamente resistente al desgaste. Su resistencia a la abrasión es similar a la del caucho nitrilo.



#### **PROPIEDADES DE DEFORMACIÓN**

Los Neoprenos de Cauchos Vikingo tienen una baja deformación por compresión, trabaja muy bien en un rango de temperatura de -10 a +145 °C. Las curvas de deformación permanente por compresión son menores que los de un gran número de otros elastómeros.

#### **COMPORTAMIENTO COMBUSTIÓN**

El Neopreno de Cauchos Vikingo cumple requisitos de retardo de la llama sin que se propague.

**OBSERVACION:** Se detalla el informe de los resultados de análisis realizados al policloropreno de Cauchos Vikingo realizados en laboratorios reconocidos, serios y garantizados como son los de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, del CIAP (Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros) y también de los Laboratorios de Ingeniería Mecánica; actualizados al 08/11/2012.

#### **ESTO ES NEOPRENO NO ES CAUCHO NATURAL.**

Nosotros **GARANTIZAMOS** QUE usted puede enviar cualquiera de nuestros productos **ALEATORIAMENTE** a realizar ensayos y los pasaremos.

**CUMPLIMOS CON LAS NORMAS 806-3 Y 839-9 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES del MTOP**

**ELASTOMETRO EN NEOPRENO**

Prueba	Valor	Unidades	Método de ensayo
Dureza de indentación		Shore A	ASTM D 2240
Carga de rotura	≥176	Kgs /cm <sup>2</sup>	ASTM D 412
Alargamiento a rotura	≥425	%	ASTM D 412
Adherencia caucho- acero	≥11.8	N/mm	ASTM D429 Método B
Resistencia a baja temperatura	-30	°C	ASTM D 1329
Resistencia al ozono	Sin grietas		ASTM D 1149 Método B 25 ppm (48 horas a 38°C)
Deformación remanente	35	% de. máxima	ASTM D 365 Método B (24 horas a 70° C)
Envejecimiento térmico	5 -15 -25	Shore A % inicial de carga %Inicial de alargamiento	ASTM D573 POR AIRE CALIENTE (70 HORAS 70° C)

#### ACERO A36 – NORMA ASTM

Limite Elástico (MPA)	≥ 235
Resistencia a la tracción (MPA)	≥360
Alargamiento (%)	≥ 26

#### PRODUCTO TERMINADO

ESTADO Machihembrado	Sin deformaciones
Análisis dimensional	Variación
Ancho (mm)	<5%
Alto (mm)	<5%
Longitud (mm)	<5%

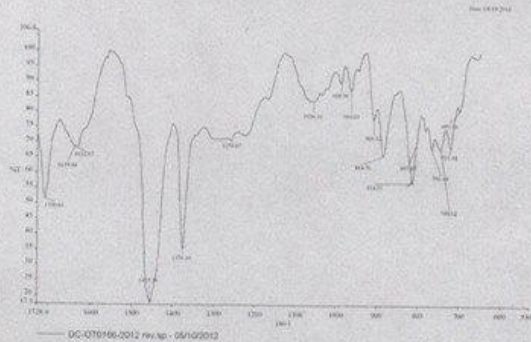


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)  
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS  
C I A P

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Direc.: Ladrón de Guevara E11-253  
Personas de Contacto: Tlga. Elisabeth Venegas  
Telf.: 255 8369. Troncal: 2507 144 ext. 2272. E-mail: [lizvenegas4@yahoo.es](mailto:lizvenegas4@yahoo.es)  
Quito- Ecuador



Espectro ampliado desde los 1728 a los 600  $\text{cm}^{-1}$



**Identificación:** El espectro de la muestra pirolizada, presenta las bandas características de una del **caucho cloropreno**<sup>1</sup> a: 814, 744, 766, 885 y 699  $\text{cm}^{-1}$ , la presencia del caucho clorado se confirmó por el pH ácido del vapor de la muestra pirolizada.

Además se observa la presencia de **caucho isopreno (caucho natural)**, cuyas bandas características se encuentran a: 885, 1376, 803, 1640, 909  $\text{cm}^{-1}$  (hombro).

PROFESIONAL RESPONSABLE  
DEL ANÁLISIS

Dr. Ivan Chango V

AUTORIDAD AUTÉNTICADORA  
(DIRECTOR CIA P)

Ing. Francisco Quiroz

<sup>1</sup> ASTM D 3677-00 (reapproved 2004) "Standard Test Method for Rubber-Identification by Infrared Spectrophotometry", pp 5.





## INFORME TÉCNICO

LAEV - NOV.07

Quito, 08 de noviembre de 2012

TRABAJO SOLICITADO POR: CAUCHOS VIKINGO

ORDEN DE TRABAJO N° 0000160

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de neopreno pertenecientes a CAUCHOS VIKINGO. Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

### RESULTADOS

1. MUESTRA: Cinco (5) probetas de neopreno para ensayo de tracción bajo norma ASTM D412-06
2. ENSAYO DE TRACCIÓN BAJO NORMA ASTM D412-06

Tabla 1. Resultados del ensayo de tracción

Probeta	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Elongación en 30 mm
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	%
T1	9,63	3,10	127	565	2,7	19	486
T2	9,59	2,99	127	565	2,9	20	520
T3	9,37	2,92	128	569	3,0	21	400
T4	9,47	2,99	128	569	2,9	20	420
T5	9,37	2,85	121	538	2,9	20	367

Resistencia a la tracción promedio: 20 MPa [2,9 ksi] desviación estándar: 0,7 MPa [0,1 ksi]  
Porcentaje de elongación promedio: 438,6% desviación estándar: 63%

Las curvas de esfuerzo vs. elongación de las probetas ensayadas se encuentran en el anexo.

  
Victor Hugo Guerrero, Ph.D.  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
  
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**ANEXO C2 DATOS TÉCNICOS DEL ACERO INOXIDABLE 304, PARA CONSTRUCCION DEL TRIBÓMETRO DE DESGASTE ABRASIVO, BAJO NORMA ASTM G105-89.**

**EL ACERO**

IVAN BOHMAN C.A. maneja las siguientes calidades de acero inoxidable:

**COMPOSICIÓN QUÍMICA**

AISI	% C	% Si	% Mn	% P Max.	% S	% Cr	% Ni	% Mo
304	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.045	≤ 0.015	18.0-20.0	8.0-10.5	—
316 L	≤ 0.03	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.045	≤ 0.015	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0
430	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 1.00	≤ 0.040	≤ 0.015	16.0-18.0	—	—

**EQUIVALENCIAS Y PROPIEDADES**

AISI	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (ksi)	Alargamiento %	Dureza HB (max)	Mn	AISI	Equivalencia	SAE
304	54-75	23	40-50	190	1.4301	Z7C N18-09	X5CrNi18-10	2332
316 L	53-68	24	40-50	200	1.4404	Z3CND17-11-02	X2CrNiMo17-12-2	2343
430	45-60	26	20	180	1.4016	Z8C17	X6Cr17	2320

**Aceros con L:** 304-L y 316-L tienen ventajas sobre los aceros inoxidables 304 y 316, en cuanto a su mejor soldabilidad. Al tener los aceros con L menor contenido de carbono, disminuye su capacidad de precipitación de carburos al ser soldados, por lo que las zonas afectadas por el calor tienen mejor resistencia a la corrosión que los aceros convencionales 304 y 316. Esto es sumamente importante, cuando el medio corrosivo es crítico, como en el caso de alimentos y ácidos.

**TABLAS DE CORROSIÓN**

Tabla de corrosión del acero inoxidable Tipo 304 y 316 frente a diferentes actores.

SUSTANCIA	Temperatura		Condición	Tipo		
	°C	°F		304	316	
Acetato de etilo	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente	
Acetato	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente	
Acetato	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente	
Acido acético	Inclusión 10%	21	70	Agitado	Muy resistente	Muy resistente
		21	70	-	Mediano	Resistente
		21	70	-	No resistente	Mediano
Acido benzoico	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente	
			-	Muy resistente	Muy resistente	
			-	Muy resistente	Muy resistente	
Acido carbónico seco	-	-	-	Muy resistente	Muy resistente	
			-	Muy resistente	Muy resistente	
			-	Muy resistente	Muy resistente	
			-	Muy resistente	Muy resistente	
Acido fosfórico	10%	-	-	Uso limitado	Resistente	
			20%	-	Resistente	Resistente
			60%	-	Uso limitado	Resistente
Acido hidroclórico	21	70	-	No resistente	No resistente	
			-	Muy resistente	Muy resistente	
			-	Muy resistente	Muy resistente	
Acido láctico	1%	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
				-	Muy resistente	Muy resistente
				-	Muy resistente	Muy resistente
Acido málico	Comercio	-	-	Uso limitado	Resistente	
			-	Mediano	Resistente	
			-	Resistente	Resistente	
Acido nítrico	1%	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
				-	Muy resistente	Muy resistente
				-	Muy resistente	Muy resistente
Comercio	-	-	-	Uso limitado	Resistente	
			-	Resistente	Resistente	
			-	Resistente	Resistente	
Acido nítrico al 1%	10%	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
				-	Muy resistente	Muy resistente
				-	Muy resistente	Muy resistente
Acido oxalico	10%	-	-	Uso limitado	Muy resistente	
			-	Poco resistente	Mediano	
			-	Mediano	Resistente	
Acido sulfúrico	1%	21	70	-	Mediano	Resistente
				-	No resistente	Mediano
				-	Mediano	Resistente
10%	21	70	-	Uso limitado	Poco resistente	
			-	Poco resistente	Mediano	
			-	Mediano	Resistente	
Comercio	21	70	-	Uso limitado	Muy resistente	
			-	Muy resistente	Muy resistente	
			-	Muy resistente	Muy resistente	
Comercio	-	-	-	Poco resistente	Poco resistente	
			-	Mediano	Resistente	
			-	Mediano	Resistente	
Aqua destilada saturada	21	70	-	Mediano	Resistente	
Aqua de mar	21	70	-	Resistente	Resistente	
Aqua oxigenada	21	70	-	Muy resistente	Resistente	
Azúcar refinado	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente	
Alcohol metílico	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente	
			-	Muy resistente	Muy resistente	
			-	Muy resistente	Muy resistente	
Amoníaco	En general	21 - 100	70 - 212	Uso limitado	Muy resistente	Muy resistente
				Verificado	No resistente	No resistente
				Uso limitado	Muy resistente	Muy resistente
Anilino azul	10% a 100%	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
				-	Muy resistente	Muy resistente
				-	Poco resistente	Mediano



**PLANCHAS DE ACERO INOXIDABLE**  
**ASTM A240/A480**

ESPESOR mm	ANCHO X LONGITUD mm	PESO APROX. (kg)	304	316-L	430	ACABADO
0.4	1220x2440	9.4	*		*	2B o Nº 4
0.5	1220x2440	11.8	*		*	2B o Nº 4
0.6	1220x2440	14.2	*		*	2B
0.7	1220x2440	17.0	*		*	2B o Nº 4
0.8	1220x2440	18.7	*		*	2B
0.9	1220x2440	21.03	*		*	2B
1.0	1220x2440	24.0	*		*	2B o Nº 4
1.2	1220x2440	28.2	*		*	2B o Nº 4
1.5	1220x2440	35.0	*		*	2B o Nº 4
2.0	1220x2440	48.0	*	*	*	2B o Nº 4
2.5	1220x2440	60.0	*	*	*	2B
3.0	1220x2440	71.0	*	*	*	2B
4.0	1220x2440	97.0	*	*	*	Nº1
5.0	1220x2440	118.0	*	*	*	Nº1
6.0	1220x2440	144.0	*	*	*	Nº1
8.0	1220x2440	187.0	*	*	*	Nº1
10.0	1220x2440	234.0	*	*	*	Nº1
12.0	1220x2440	282.0	*	*	*	Nº1

**Acabado 2B:** Planchas laminadas en frío, tratadas térmicamente, decapadas químicamente y luego paso final en cilindros brillantes. Para acero 430, acabado 2B es brillante.

**Acabado Nº 1:** Planchas laminadas en caliente, tratadas térmicamente, decapadas química y mecánicamente.

**Acabado Nº 4:** Planchas esmeriladas con gril 180-220 por una cara, la otra cara en acabado 2B. LA cara esmerilada viene protegida con film de PVC.

**BARRAS DE ACERO INOXIDABLE**
**Barras trelladas, torneadas o pulidas. Tolerancia h9-h11**
**BARRAS 304**
**REDONDO**

Dímetro pulg.	Peso (kg/m)	Dímetro pulg.	Peso (kg/m)
3/16	0.1	2	13.8
1/8	0.2	2 1/16	20.1
5/16	0.3	2 1/8	25.8
3/8	0.6	2 3/16	30.1
1/2	1.0	3	35.8
5/8	1.6	3 1/2	46.7
3/4	2.2	4	62.8
7/8	3.0	4 1/2	80.3
1	4.0	5	99.9
1 1/8	5.0	5 1/2	120.3
1 1/4	6.2	6	152.2
1 1/2	8.8	8	235.8
1 3/4	12.2		

**BARRAS 316-L**
**REDONDO**

Dímetro pulg.	Peso (kg/m)
2 1/2	25.8
3	35.8
3 1/2	46.7
4	62.8

## ANEXO C3 ACERO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURAL DEL TRIBÓMETRO.



D-SERVICIOS

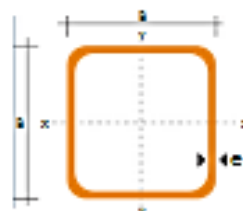
### TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

#### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A500
<b>Recubrimiento</b>	Negro galvanizado
<b>Largo normal</b>	6mts.
<b>Otros largos</b>	Por consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 20mm a 100mm
<b>Espesor</b>	Desde 2.0mm a 5.0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-X: Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,55	0,77
20	1,5	0,90	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,15	0,92
30	1,2	1,08	1,38	1,91	1,28	1,15
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,48	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,55
40	2,0	2,41	2,94	8,93	3,48	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,25	2,85	11,08	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,39	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,08	11,89	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,48	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,99	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,29	24,80	3,69
100	3,0	9,17	11,41	176,95	38,39	3,54
100	4,0	12,13	14,38	226,09	48,32	3,59
100	5,0	14,40	18,38	270,57	54,11	3,54



**ANEXO C4 ANEXO ACRILICOS.**

<b>TIPOS DE PLANCHAS ACRILICAS NORGLAS</b>				
<b>Espesor (mm)</b>	<b>Peso (kg) Planchas de 2.40 x 1.80 mts.</b>	<b>Peso (kg) Planchas de 2.00 x 1.40 mts.</b>	<b>Peso (kg) Planchas de 1.80 x 1.20 mts.</b>	<b>Peso (kg) Planchas de 1.68 x 1.68 mts.</b>
2		7.00	5.50	
3	16.00	10.00	8.00	10.50
4	22.40	13.50	11.20	13.80
5	27.80	16.80	13.90	17.00
6	32.00	20.00	16.00	20.80
8	44.80	27.00	22.40	27.70
10	55.60	33.60	27.80	34.00
12	62.20	40.00	32.00	
15	77.80	50.40	38.90	
20	104.00	67.00	52.00	
25	130.00	84.00	65.00	
30	136.00	101.00	78.00	
	1.08 x 1.20 mts.	200 x 300 cms.		
40	62.00	3	22.3	
50	78.00	4	29.8	
76	118.00	5	37.5	
101	157.00	6	45.1	
127	198.00			