

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:

“ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE DESGASTE ADHESIVO EN
DIFERENTES MATERIALES ANTIFRICCIÓN SOBRE EL
ACERO AISI 4340 BAJO NORMA ASTM G83-96 Y SU EFECTO
EN LAS PROPIEDADES TRIBOLÓGICAS”

AUTOR: Neris Leodán Zambonino Hernández

TUTOR: Ing. Mg. Henry Vaca

AMBATO-ECUADOR

2013

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema “ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE DESGASTE ADHESIVO EN DIFERENTES MATERIALES ANTIFRICCIÓN SOBRE EL ACERO AISI 4340 BAJO NORMA ASTM G83-96 Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES TRIBOLÓGICAS” presentado por: *Neris Leodán Zambonino Hernández*, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el Consejo Directivo de esta facultad.

Ambato, 28 de Noviembre del 2013

EL TUTOR

Ing. Mg. Henry Vaca

AUTORÍA DE LA TESIS

Declaro que el contenido del trabajo investigativo “ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE DESGASTE ADHESIVO EN DIFERENTES MATERIALES ANTIFRICCIÓN SOBRE EL ACERO AISI 4340 BAJO NORMA ASTM G83-96 Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES TRIBOLÓGICAS”, así como sus ideas, opiniones, resultados, análisis, conclusiones y propuesta son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

Ambato, 28 de Noviembre del 2013

EL AUTOR

Neris Leodán Zambonino Hernández

C.C. 050297601-2

DEDICATORIA

A mi madre, que a través de sus sabios consejos, me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar, y bajo el amparo de sus benditas manos brindarme todo su apoyo.

A mi Abuelita María Elvira, mis hermanos Dalí y Rubén, mi prima Silvana, porque cada uno con sus valiosas aportaciones hicieron posible este proyecto y por la gran calidad humana que me han demostrado con su cariño y afecto.

A la Dra. Angélica Holguín, quien con su gran amor, sincero y leal, ha sabido brindarme el apoyo necesario para salir adelante y superar cualquier adversidad .

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por brindarme su amparo y protección durante todo mi camino y darme las fuerzas suficientes para superar obstáculos y dificultades y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida profesional.

A la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, porque en sus aulas, recibimos el conocimiento intelectual y humano de cada uno de los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

Especial agradecimiento al Ing. Mg. Henry Vaca, Tutor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento.

Gracias a todas aquellas personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

TÍTULO	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE LA TESIS	iii
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
SIMBOLOGÍA.....	xx
RESUMEN EJECUTIVO	xxii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.1.1 Macro	1
1.2.1.2 Meso.....	2
1.2.1.3 Micro	2
1.2.2 Análisis Crítico	2
1.2.3 Prognosis	3
1.2.4 Formulación del Problema	4
1.2.5 Interrogantes.....	4
1.2.6 Delimitación del objeto de investigación.....	4

1.2.6.1	Espacial	4
1.2.6.2	Temporal	5
1.2.6.3	De contenido	5
1.3	Justificación	5
1.3.1	Justificación Teórica	6
1.3.2	Justificación Metodológica	6
1.3.3	Justificación Práctica.....	7
1.4	Objetivos	7
1.4.1	General	7
1.4.2	Específicos	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes Investigativos.....	8
2.2	Fundamentación Teórica.....	10
2.2.1	Ingeniería de Materiales	10
2.2.1.1	Clasificación de los materiales.....	10
2.2.2	Resistencia Mecánica de los Materiales.....	14
2.2.2.1	Fuerza de tensión.....	14
2.2.2.2	Compresión	14
2.2.2.3	Cíclicas o de fatiga	14
2.2.2.4	Temperatura	14
2.2.2.5	Análisis metalúrgico.....	15
2.2.3	Contacto entre sólidos	15
2.2.3.1	Contacto entre sólidos y desgaste por fatiga.....	15
2.2.3.2	Fundamentos del contacto entre sólidos	16
2.2.4	Factores de Desgaste	18

2.2.4.1	Característica de la superficie	18
2.2.4.2	Ubicación del desgaste	19
2.2.4.3	Rugosidad de los sólidos	20
2.2.4.4	Fenómenos de fricción y desgaste.....	20
2.2.4.5	. Consecuencias de la fricción.....	21
2.2.5	Tribología.....	21
2.2.5.1	La Tribología a través de la historia.....	21
2.2.5.2	Definición de Tribología	21
2.2.5.3	Aplicaciones de las máquinas tribológicas	22
2.2.5.4	Tribosistemas	22
2.2.6	Desgaste de materiales	25
2.2.7	Adherencia	26
2.2.7.1	Desgaste por adherencia.....	27
2.2.8	Propiedades Tribológicas (Fricción y Desgaste).....	27
2.2.8.1	Fricción	27
2.2.8.2	Leyes de la fricción	28
2.2.8.3	Causas de la fricción	30
2.2.8.4	Características de las superficies.....	30
2.2.8.5	Tipos de fricción externa.....	32
2.2.8.6	Estados de fricción	33
2.2.8.7	Fricción adhesiva	35
2.2.8.8	Desgaste	36
2.2.8.9	Tipos de desgaste.	36
2.2.8.10	Proceso de desgaste adhesivo	40
2.2.8.11	Desgaste adhesivo suave.....	41
2.2.8.12	Desgaste adhesivo severo.....	42

2.2.8.13 Soldadura microscópica	42
2.2.8.14 Condiciones que hacen posible el desgaste adhesivo	42
2.2.8.15 Topografía de las superficies.....	45
2.2.8.16 Asperezas	46
2.2.8.17 Método de prueba del desgaste o medición del desgaste.....	46
2.3 Fundamentación Filosófica	48
2.4 Fundamentación legal	49
2.5 Categorización de Variables	49
2.6 Hipótesis.....	49
2.7 Señalamiento de Variables.....	49

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque	50
3.2 Modalidad básica de la información	51
3.2.1 Investigación de Campo	51
3.2.2 Investigación Bibliográfica	51
3.2.3 Investigación Experimental.....	51
3.3 Niveles de investigación	51
3.3.1 Investigación Exploratoria	51
3.3.2 Investigación Descriptiva.....	52
3.3.3 Investigación Correlacional	52
3.3.4 Investigación Explicativa	52
3.3.4.1 Estudio de casos	52
3.3.4.2 Materiales empleados para el ensayo.....	52
3.3.4.3 Condiciones de revoluciones con relación al tiempo.....	52
3.4 Población y Muestra.....	53

3.4.1	Población.....	53
3.4.2	Muestra.....	53
3.5	Operacionalización de Variables	54
3.5.1	Operacionalización de la Variable Independiente.....	55
3.5.2	Operacionalización de la Variable Dependiente	56
3.6	Plan de recolección de la información	56
3.6.1	Observación Directa.....	56
3.6.2	Datos Bibliográficos.....	57
3.7	Plan de procesamiento de información	57
3.7.1	Plan que se empleara para procesar la información recogida:	57
3.7.2	Plan de análisis e interpretación de resultados	57

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Análisis de los resultados	58
4.1.1	Proceso de obtención y análisis de resultados.....	58
4.1.2	Presentación de los resultados.....	61
4.1.2.1	Análisis del Acero AISI 4340, como viene de fábrica.....	64
4.1.2.2	Análisis del Bronce Dulce, como viene de fábrica	67
4.1.2.3	Análisis del Nylon 6-A, como viene de fábrica	70
4.1.2.4	Análisis del Bronce Fosfórico, como viene de fábrica	71
4.1.2.5	Análisis del Bronce al Aluminio, como viene de fábrica.....	74
4.1.2.6	Análisis del Hierro Gris 2P, como viene de fábrica.....	77
4.1.2.7	Ensayo de Desgaste Adhesivo del Bronce Dulce, sobre el Acero AISI 4340	80
4.1.2.8	Ensayo de Desgaste Adhesivo del Nylon 6-A, sobre el Acero AISI 4340	95

4.1.2.9	Ensayo de Desgaste Adhesivo del Bronce Fosfórico SAE-65, sobre el Acero AISI 4340.....	110
4.1.2.10	Ensayo de Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio, sobre el Acero AISI 4340.....	125
4.1.2.11	Ensayo de Desgaste Adhesivo del Hierro Gris 2P, sobre el Acero AISI 4340.	140
4.2	Interpretación de resultados	151
4.2.1	Interpretación de los ensayos Metalográficos.....	151
4.2.1.1	Interpretación del Ensayo Metalográfico del Acero AISI 4340..	151
4.2.1.2	Interpretación del Ensayo Metalográfico del Bronce Dulce	152
4.2.1.3	Interpretación del Ensayo Metalográfico del Bronce Fosfórico .	153
4.2.1.4	Interpretación del Ensayo Metalográfico del Bronce al Aluminio	154
4.2.1.5	Interpretación del Ensayo Metalográfico del Hierro Gris 2P.....	155
4.2.2	Interpretación de los ensayos de Dureza.....	156
4.2.3	Interpretación de los resultados de los ensayos de Desgaste Adhesivo....	158
4.2.3.1	Resultados del Procedimiento “A”.....	158
4.2.3.2	Resultados del Procedimiento “B”.....	160
4.2.3.3	Resultados del Procedimiento “C”.....	162
4.2.4	Interpretación de resultados de los materiales antifricción, (Procedimiento “A”)	164
4.2.5	Interpretación de resultados de los materiales antifricción, (Procedimiento “B”).....	170
4.2.6	Interpretación de resultados del Acero AISI 4340, (Procedimiento “B”).	173
4.2.7	Interpretación de resultados de los materiales antifricción, (Procedimiento “C”).....	176
4.2.8	Interpretación de resultados del Acero AISI 4340, (Procedimiento “C”).	179

4.2.8.1	Resumen de valores del Desgaste (mg) para Materiales Antifricción	182
4.2.8.2	Resumen de valores del Desgaste (mg) para el Acero AISI 4340	183
4.2.8.3	Resumen de valores del Desgaste Total (mg) para los tres procedimientos	184
4.2.8.4	Resumen de valores del Volumen de Material Perdido (mm ³), para Materiales Antifricción.....	185
4.2.8.5	Resumen de valores del Volumen de Material Perdido (mm ³), para el Acero AISI 4340.....	186
4.2.8.6	Resumen de valores del Volumen de Desgaste (mm ³ /min), para Materiales Antifricción.....	187
4.2.8.7	Resumen de valores del Volumen de Desgaste (mm ³ /min), para el Acero AISI 4340.....	188
4.2.8.8	Resumen de valores del Coeficiente de Fricción K, para Materiales Antifricción.....	189
4.2.8.9	Resumen de valores del Coeficiente de Fricción K, para el Acero AISI 4340	190
4.3	Verificación de la Hipótesis.....	191
4.3.1	Verificación de la hipótesis por selección estadístico.....	192
4.3.1.1	Demostración de la hipótesis mediante Chi-Cuadrado, para el Ensayo de desgaste adhesivo del Bronce Dulce (Latón) con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B").....	194
4.3.1.2	Demostración de la hipótesis mediante Chi-Cuadrado, para el Ensayo de desgaste adhesivo del Nylon 6-A con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	196
4.3.1.3	Demostración de la hipótesis mediante Chi-Cuadrado, para el Ensayo de desgaste adhesivo del Bronce Fosfórico con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	198
4.3.1.4	Demostración de la hipótesis mediante Chi-Cuadrado, para el Ensayo de desgaste adhesivo del Bronce al Aluminio con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	200
4.3.1.5	Demostración de la hipótesis mediante Chi-Cuadrado, para el Ensayo de desgaste adhesivo del Hierro Gris 2P con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	202

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones	204
5.2 Recomendaciones.....	206

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos Informativos.....	209
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	210
6.3 Justificación	211
6.4 Objetivos	212
6.4.1 General	212
6.4.2 Específicos	212
6.5 Análisis de Factibilidad.....	212
6.5.1 Análisis Económico	213
6.5.2 Análisis Tecnológico.....	213
6.6 Fundamentación	214
6.7 Metodología	214
6.7.1 Adquisición del material	214
6.7.2 Ejecución del análisis Metalográfico	215
6.7.3 Ejecución del ensayo de Dureza	222
6.7.4 Ejecución del ensayo de Desgaste Adhesivo Procedimiento “B”	228
6.7.5 Procedimiento para el cálculo de desgaste adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340.	239
6.7.5.1 Datos para el Ensayo.....	239
6.7.5.2 Cálculo de la Densidad del Acero AISI 4340	240
6.7.5.3 Cálculo de la Densidad del Bronce al Aluminio	240

6.7.5.4	Datos de las Masas Iniciales:	241
6.7.5.5	Cálculo del Desgaste en miligramos (mg), para el Bronce al Aluminio.....	241
6.7.5.6	Cálculo del Desgaste en miligramos (mg), para el Acero AISI 4340	242
6.7.5.7	Cálculo del Volumen de Material Perdido en mm ³ , para el Bronce al Aluminio.....	242
6.7.5.8	Cálculo del Volumen de Material Perdido en mm ³ , para el Acero AISI 4340.	243
6.7.5.9	Cálculo de la Distancia Total Deslizada del Bronce al Aluminio.....	243
6.7.5.10	Cálculo de la Distancia Total Deslizada del Acero AISI 4340... ..	243
6.7.5.11	Cálculo del Volumen de Desgaste del Bronce al Aluminio.....	244
6.7.5.12	Cálculo del Volumen de Desgaste del Acero AISI 4340.....	244
6.7.5.13	Cálculo del Coeficiente de Fricción (K Experimental) para el Bronce al Aluminio.	245
6.7.5.14	Cálculo del Coeficiente de Fricción (K Experimental), para el Acero AISI 4340.....	245
6.7.5.15	Cálculo del Coeficiente de Variación de los resultados del Bronce al Aluminio, (Procedimiento “B”).....	246
6.7.5.16	Cálculo del Coeficiente de Variación de los resultados del, Acero AISI 4340, (Procedimiento “B”)	247
6.8	Administración.....	248
6.8.1	Costos Directos	248
6.8.2	Costos Directos	250
6.9	Previsión de la evaluación.....	250
	BIBLIOGRAFÍA:	252

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Área de Contacto Nominal.	16
Figura 2.2 Diagrama de un Tribosistema.....	23
Figura 2.3 Área de contacto magnificada	24
Figura 2.4 Deformación elástica de una esfera de radio r , presionada contra una superficie plana con carga W	24
Figura 2.5 Ilustración de algunos aspectos de las leyes de Amontons:	28
Figura 2.6 Esquema que ilustra la fricción de deslizamiento.....	29
Figura 2.7 Representación esquemática de una superficie metálica pulida.	32
Figura 2.8 Micrografía que muestra el daño dominante por fractura típica de Desgaste Adhesivo Severo.	37
Figura 2.9 Micrografía que muestra la formación de virutas por una partícula abrasiva.	38
Figura 2.10 Micrografía que muestra la fractura por fatiga de un Acero para Herramienta.	38
Figura 2.11 Micrografía que muestra el daño por corrosión y por deformación plástica.	39
Figura 2.12 Micrografía que muestra fractura frágil por erosión de partículas sólidas en una superficie de Al_2O_3 ,	40
Figura 2.13 Aluminio expuesto a cavitación vibratoria durante 40 seg.	40
Figura 2.14 Curva típica de Desgaste vs Tiempo.	45
Figura 2.15 Trazos idealizados de las asperezas de una superficie que muestran la misma altura entre crestas y valles, pero diferentes longitudes de onda.	46
Figura 2.16 Métodos comunes para medir razones de Desgaste Abrasivo	47
Figura 4.1 Acero AISI 4340 sin ataque químico (zoom 200x).....	151
Figura 4.2 Acero AISI 4340 atacado químicamente con Nital 4 durante 16 segundos (zoom 200x)	151
Figura 4.3 Optical micrograph of AISI 4340 steel specimens before impact test.	152

Figura 4.4 Bronce Dulce (Latón), Designación C 38-500, Sin ataque químico (zoom 200x)	152
Figura 4.5 Bronce Dulce (Latón), Designación-500, Atacado químicamente con Químico para Aleaciones de Cobre durante 13 segundos (zoom 200x)	152
Figura 4.6 Microestructura del bronce Dulce, campo claro. Ataque con dicromato, 200x.....	153
Figura 4.7 Bronce Fosfórico SAE 65, Designación C 90-700 sin ataque químico (zoom 200x)	153
Figura 4.8 Bronce Fosfórico SAE 65, Designación C 90-700, atacado químicamente con Químico para Aleaciones de Cobre durante 13 segundos (zoom 200x)	153
Figura 4.9 Microestructura del latón 65/35, técnica de interfe-rometría de Nomarski, 200x.....	154
Figura 4.10 Bronce al Aluminio SAE 68 Designación C 95-400 sin ataque químico (zoom 200x)	154
Figura 4.11 Bronce al Aluminio SAE 68, Designación C 95-400, Atacado químicamente con Químico para Aleaciones de Cobre durante 14 segundos (zoom 200x)	154
Figura 4.12 Metalografía para el Bronce al Aluminio SAE 68	155
Figura 4.13 Hierro Gris 2P , ASTM A48 CLASE 35-40 ,sin ataque químico (zoom 200x)	155
Figura 4.14 Hierro Gris 2P, ASTM A48 CLASE 35-40, Atacado químicamente con NITAL 2, durante 3 segundos (zoom 200x).....	155
Figura 4.15 Metalografía para el hierro Gris 2P ASTM A48 CLASE 35-40	156
Figura 4.16 Gráfico de Durezas Brinell en materiales utilizados para los Ensayos de Desgaste Adhesivo.	157
Figura 4.17 Gráfico de comparación, Desgaste (mg) con relación al tiempo de duración del ensayo en materiales antifricción, (Procedimiento “A”)	164
Figura 4.18 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido, en materiales antifricción, (Procedimiento “A”).....	165
Figura 4.19 Gráfico de comparación, Volumen de Desgaste con relación al tiempo, en materiales antifricción, (Procedimiento “A”).....	165

Figura 4.20 Gráfico de comparación, del Coeficiente de Fricción K, ensayado en materiales antifricción, (Procedimiento “A”)	166
Figura 4.21 Gráfico de comparación, del Desgaste (mg) del Acero AISI 4340, en relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento “A”).....	167
Figura 4.22 Gráfico de la suma del Desgaste del par tribológico expresado en miligramos, (Procedimiento “A”)	168
Figura 4.23 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido (mm^3) del Acero AISI 4340, con relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento “A”)	168
Figura 4.24 Gráfico del Volumen de Desgaste (mm^3/min) del Acero AISI 4340, (Procedimiento “A”)	169
Figura 4.25 Gráfico del Coeficiente de Fricción K, del Acero AISI 4340, (Procedimiento “A”)	169
Figura 4.26 Gráfico de comparación, Desgaste (mg) con relación al tiempo de duración del ensayo en materiales antifricción, (Procedimiento “B”)	170
Figura 4.27 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido, en materiales antifricción, (Procedimiento “B”)	171
Figura 4.28 Gráfico de comparación, Volumen de Desgaste con relación al tiempo, en materiales antifricción, (Procedimiento “B”).....	171
Figura 4.29 Gráfico de comparación, del Coeficiente de Fricción K, ensayado en materiales antifricción, (Procedimiento “B”).....	172
Figura 4.30 Gráfico de comparación, del Desgaste (mg) del Acero AISI 4340, en relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento “B”).....	173
Figura 4.31 Gráfico de la suma del Desgaste (mg) del par tribológico expresado en miligramos, (Procedimiento “A”)	173
Figura 4.32 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido (mm^3) del Acero AISI 4340, con relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento “A”)	174
Figura 4.33 Gráfico del Volumen de Desgaste (mm^3/min) del Acero AISI 4340, (Procedimiento “B”).....	175
Figura 4.34 Gráfico del Coeficiente de Fricción K, del Acero AISI 4340, (Procedimiento “B”).....	175

Figura 4.35 Gráfico de comparación, Desgaste (mg) con relación al tiempo de duración del ensayo en materiales antifricción, (Procedimiento “A”)	176
Figura 4.36 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido, en materiales antifricción, (Procedimiento “A”)	177
Figura 4.37 Gráfico de comparación, Volumen de Desgaste con relación al tiempo, en materiales antifricción, (Procedimiento “A”)	177
Figura 4.38 Gráfico de comparación, del Coeficiente de Fricción K, en materiales antifricción, (Procedimiento “C”)	178
Figura 4.39 Gráfico de comparación, del Desgaste (mg) del Acero AISI 4340, en relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento “C”)	179
Figura 4.40 Gráfico de la suma del Desgaste del par tribológico expresado en miligramos, (Procedimiento “C”)	179
Figura 4.41 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido (mm ³) del Acero AISI 4340, con relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento “C”)	180
Figura 4.42 Gráfico del Volumen de Desgaste (mm ³ /min) del Acero AISI 4340, (Procedimiento “C”)	180
Figura 4.43 Gráfico del Coeficiente de Fricción K, del Acero AISI 4340, (Procedimiento “C”)	181
Figura 4.44 Gráfico de valores de Desgaste en miligramos (mg), para materiales antifricción durante tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96	182
Figura 4.45 Gráfico de valores de Desgaste en miligramos (mg) del Acero AISI 4340, para tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96	183
Figura 4.46 Gráfico de la suma de valores de Desgaste de cada probeta ensayada bajo tres procedimientos de la norma ASTM G83-96	184
Figura 4.47 Gráfico de resumen de los valores de Volumen de Material Perdido en materiales antifricción	185
Figura 4.48 Gráfico del resumen de valores de Volumen de Material Perdido en el Acero AISI 4340	186
Figura 4.49 Gráfico del Volumen de Desgaste de materiales antifricción sometidos a tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96	187

Figura 4.50 Gráfico del Volumen de Desgaste de Acero AISI 4340 sometido a tres procedimientos establecidos en la norma ASTM G83-96	188
Figura 4.51 Gráfico del Coeficiente de Fricción K, en materiales antifricción sometidos a tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96.....	189
Figura 4.52 Gráfico del Coeficiente de Fricción K, en el Acero AISI 4340, sometido a tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96.....	190
Figura 4.53 Prueba de hipótesis, $\alpha= 0.3$, con 5 grados de libertad para el Bronce Dulce (Latón) con el Acero AISI 4340	195
Figura 4.54 Gráfico del Coeficiente de Fricción calculado vs Coeficiente de Fricción esperado para el Bronce Dulce (Latón) con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B").....	195
Figura 4.55 Prueba de hipótesis, $\alpha= 0.3$, con 5 grados de libertad para el Nylon 6-A con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B").....	197
Figura 4.56 Gráfico del Coeficiente de Fricción calculado vs Coeficiente de Fricción esperado para el Nylon 6-A con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B").....	197
Figura 4.57 Prueba de hipótesis, $\alpha= 0.3$, con 5 grados de libertad para el Bronce Fosfórico con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	199
Figura 4.58 Gráfico del Coeficiente de Fricción calculado vs Coeficiente de Fricción esperado para el Bronce Fosfórico con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B").....	199
Figura 4.59 Prueba de hipótesis, $\alpha= 0.3$, con 5 grados de libertad para el Bronce al Aluminio con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	201
Figura 4.60 Grafico del Coeficiente de Fricción calculado vs Coeficiente de Fricción esperado para el Bronce al Aluminio con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B").....	201
Figura 4.61 Prueba de hipótesis, $\alpha= 0.3$, con 5 grados de libertad para el Hierro Gris 2P con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B").....	203
Figura 6.1 Adquisición del Acero AISI 4340	214
Figura 6.2 Adquisición del Bronce al Aluminio	214
Figura 6.3 Lijado de las probetas para el Ensayo Metalográfico.....	217
Figura 6.4 Pulido de la superficie de las probetas para el Ensayo Metalográfico	218

Figura 6.5 Probetas pulidas, superficie tipo espejo.....	218
Figura 6.6 Lavado de las probetas para el Ensayo Metalográfico	219
Figura 6.7 Químicos utilizados en el Ensayo Metalográfico.....	219
Figura 6.8 Aplicación del Químico empleado en el Ensayo Metalográfico	220
Figura 6.9 Obtención de datos para el Ensayo Metalográfico	221
Figura 6.10 Lijado de las probetas para el Ensayo de Dureza	224
Figura 6.11 Pulido de las probetas para el Ensayo de Dureza	225
Figura 6.12 Superficie tipo espejo para el Ensayo de Dureza.....	225
Figura 6.13 Calibración del Durómetro	226
Figura 6.14 Colocación de la probeta en el Durómetro	226
Figura 6.15 Ejecución del Ensayo de Dureza	227
Figura 6.16 Distancias recomendadas para los Ensayos de Dureza.....	227
Figura 6.17 Mecanizado de las probetas para el Ensayo de Desgaste Adhesivo	230
Figura 6.18 Probetas de Bronce al Aluminio sin pulir.....	231
Figura 6.19 Probetas de Acero AISI 4340 sin pulir	231
Figura 6.20 Pulido de las probetas para el Ensayo de Desgaste Adhesivo	231
Figura 6.21 Probetas pulidas del Bronce al Aluminio	232
Figura 6.22 Probetas pulidas del Acero AISI 4340.....	232
Figura 6.23 Balanza Analítica de Precisión	233
Figura 6.24 Medición de las masas de las probetas	233
Figura 6.25 Identificación de las probetas para el Ensayo de Desgaste Adhesivo	233
Figura 6.26 Calibración del parámetro de velocidad, (Hz del Motor).....	234
Figura 6.27 Montaje de la probeta fija.....	235
Figura 6.28 Sujeción de la probeta fija	235
Figura 6.29 Montaje de la probeta móvil.....	236

Figura 6.30 Aplicación de la Carga.....	236
Figura 6.31 Verificación del ángulo entre probetas	237
Figura 6.32 Cronometración del tiempo de duración del ensayo.....	237
Figura 6.33 Obtención de las masas finales de cada una de las probetas luego del ensayo.....	238
Figura 6.34 Huellas del Desgaste de cada probeta.....	238

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Coeficientes de rozamiento de algunos metales.	35
Tabla 2.2 Coeficientes de rozamiento de algunos metales (Continuación)	36
Tabla 2.3 Normas ASTM para pruebas de Desgaste Severo.	48
Tabla 3.1 N° de combinaciones de pares tribológicos	54
Tabla 3.2 Operacionalización de la Variable Independiente	55
Tabla 3.3 Operacionalización de la Variable Dependiente.....	56
Tabla 4.1 Pares tribológicos para el Ensayo de Desgaste Adhesivo bajo Norma ASTM G83-96.	61
Tabla 4.2 Probetas para el Ensayo Metalográfico de los materiales como viene de fábrica:	61
Tabla 4.3 Probetas para el Ensayo de Dureza de los materiales como viene de fábrica:	62
Tabla 4.4 Probetas para el ensayo de Desgaste Adhesivo bajo norma ASTM G83-96.....	62
Tabla 4.5 Ensayo N° 1.- Bronce Dulce (Latón), sobre el Acero AISI 4340.	62
Tabla 4.6 Ensayo N° 2.- Nylon 6-A, sobre el Acero AISI 4340.	62
Tabla 4.7 Ensayo N° 3.- Bronce Fosfórico SAE-65, sobre el Acero AISI 4340. .	63
Tabla 4.8 Ensayo N° 4.- Bronce al Aluminio, sobre el Acero AISI 4340.	63
Tabla 4.9 Ensayo N° 5.- Hierro Gris 2P, sobre el Acero AISI 4340.....	63
Tabla 4.10 Durezas obtenidas en el Laboratorio de Ingeniería de Materiales de la F.I.C.M.	156

Tabla 4.11 Resultados de los ensayos de Desgaste Adhesivo en materiales antifricción (Probetas Estáticas, Procedimiento “A”).....	158
Tabla 4.12 Resultados de los Ensayos de Desgaste Adhesivo del Acero AISI 4340 (Probetas Móviles, Procedimiento “A”)	159
Tabla 4.13 Resultados de los Ensayos de Desgaste Adhesivo en materiales antifricción (Probetas Estáticas, Procedimiento “B”)	160
Tabla 4.14 Resultados de los ensayos de Desgaste Adhesivo del material base Acero AISI 4340 (Probetas Móviles, Procedimiento “B”).....	161
Tabla 4.15 Resultados de los ensayos de Desgaste Adhesivo en materiales antifricción (Probetas Estáticas, Procedimiento “C”)	162
Tabla 4.16 Resultados de los ensayos de Desgaste Adhesivo del material base Acero AISI 4340 (Probetas Móviles, Procedimiento “C”).....	163
Tabla 4.17 Valores observados del coeficiente de desgaste K para un número de pares tribológicos con deslizamiento en seco.	193
Tabla 4.18 Valores de K para desgaste adhesivo.	193
Tabla 4.19 Datos obtenidos del Coeficiente de Fricción del Bronce Dulce (Latón) con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	194
Tabla 4.20 Chi-Cuadrado calculado para ensayo de desgaste adhesivo del Bronce Dulce (Latón) con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B").....	194
Tabla 4.21 Datos obtenidos del Coeficiente de Fricción del Nylon 6-A con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	196
Tabla 4.22 Chi-Cuadrado calculado para ensayo de desgaste adhesivo del Nylon 6-A con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	196
Tabla 4.23 Datos obtenidos del Coeficiente de Fricción del Bronce Fosfórico con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	198
Tabla 4.24 Chi-Cuadrado calculado para ensayo de desgaste adhesivo del Bronce Fosfórico con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	198
Tabla 4.25 Datos obtenidos del Coeficiente de Fricción del Bronce al Aluminio con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	200
Tabla 4.26 Chi-Cuadrado calculado para ensayo de desgaste adhesivo del Bronce al Aluminio con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	200
Tabla 4.27 Datos obtenidos del Coeficiente de Fricción del Hierro Gris 2P con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")	202

Tabla 4.28 Chi-Cuadrado calculado para ensayo de desgaste adhesivo para el Hierro Gris 2P con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B").....	202
Tabla 6.1 Procedimientos que especifica la norma ASTM G83-96.....	211
Tabla 6.2 Número de lijas para desbaste fino.	217
Tabla 6.3 Número de lijas para desbaste fino	223
Tabla 6.4 Datos para en ensayo de desgaste adhesivo (Procedimiento "B")..	239
Tabla 6.5 Pesos iniciales de las probetas obtenidas en el Laboratorio de la F.I.C.A.L.	241
Tabla 6.6 Pesos finales de las probetas	241
Tabla 6.7 Costos Directos para la evaluación del Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340.	248
Tabla 6.8 Costos Indirectos del Análisis para la Evaluación del Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340.....	250
Tabla 6.9 Valor Total de la Propuesta.....	250

SIMBOLOGÍA.

- An = Área de contacto nominal
- Ar = Área real de contacto
- W = Carga aplicada.
- P = Carga normal a la superficie de desgaste.
- μ = Coeficiente de fricción.
- μe = Coeficiente de fricción estático.
- μd = Coeficiente de fricción dinámico.
- μ_{adh} = Coeficiente de fricción adhesiva.
- K = Coeficiente adimensional de fricción estándar.
- δ = Densidad del material
- s = Desviación Estándar para tamaño pequeño de la muestra, (2 a 10)
- H = Dureza.
- **HRD** = Dureza Rowell D
- **HRB** = Dureza Rowell B
- **Logos** = Estudio o tratado.
- **E** = Error de muestreo
- **L** = Distancia de deslizamiento
- d_2 = Factor de desviación que varía con el tamaño de la muestra
- F_s = Fuerza de fricción.
- f = Fuerza friccionante específica
- f_{fc} = Fuerza friccionante requerida
- l = Longitud
- m = Masa
- m_i = masa inicial
- m_f = masa final
- \bar{x} = Media o la media aritmética para n pruebas
- E = Módulo elástico

- **G83-96** = El número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción original o, en el caso de revisión, el año de la última revisión.
- **n** = Número de repeticiones del ensayo.
- **V** = Pérdida volumétrica del material después del deslizamiento a una distancia L.
- **P** = Presión producida.
- **P_c** = Presión de cedencia del material más blando.
- **N** = Población.
- **PVD** = (Physical Vapour Deposition; Deposición en Fase Vapor) es una tecnología avanzada y sofisticada para la aplicación de recubrimiento de piezas en alto vacío.
- **r** = Radio en milímetros.
- **R** = Revoluciones a las cuales gira la máquina
- **Tribos** = Rozamiento o fricción.
- **n** = Tamaño de la muestra
- **t (min)** = Tiempo real del ensayo
- **v** = Variabilidad del procedimiento de ensayo se expresa en %
- **V (mm³)** = Volumen perdido (mm³)

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

**Análisis de los Factores de Desgaste Adhesivo en Diferentes Materiales
Antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 y su Efecto
en las Propiedades Tribológicas.**

Autor: Neris Leodán Zambonino Hernández.

Tutor: Ing. Mg. Henry Vaca

Fecha: 28-12- 2013

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de investigación se realizó el análisis de los factores de Desgaste Adhesivo (carga, velocidad, tiempo y número de revoluciones), bajo Norma ASTM G83-96, en cinco materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340, con la finalidad de evaluar las Propiedades Tribológicas de cada material y de esta manera poder determinar el par tribológico aplicable para este método, que presente mayor resistencia al desgaste.

Para lograr dicho objetivo, se realizaron ensayos, para cada material antifricción tomando como material base el Acero AISI 4340, sometidos a tres procedimientos establecidos por la Norma ASTM G83-96, en una máquina de cilindros cruzados que se diseñó, construyó y se puso en marcha bajo los parámetros establecidos en dicha Norma, el ensayo consta de dos probetas cilíndricas (una estática y una giratoria), que fueron maquinadas y pulidas, hasta obtener una superficie sumamente lisa, y de esta manera poder obtener valores de Desgaste para cada material, posteriormente se calculó el Volumen de Material Perdido (mm^3), con el cual se evaluó el Volumen de Desgaste y se determinó el Coeficiente de Fricción (K).

Además, para dar validez a los datos obtenidos se emplearon las ecuaciones que establece la Norma ASTM G83-96 en la página 5, con lo cual se obtuvo un coeficiente de variación aceptable dentro de la literatura.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

“Análisis de los Factores de Desgaste Adhesivo en Diferentes Materiales Antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 y su Efecto en las Propiedades Tribológicas”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

1.2.1.1 Macro

El estudio de la Tribología en Ecuador, no es un tema de mayor interés, a pesar de ser un país en gran mayoría dependiente de tecnología de países industrializados, es de mucha importancia tomar en consideración que la Tribología debe ser considerada entre una de las ramas más importantes dentro del ámbito de nuevas tecnologías.

La sociedad actual en nuestro país debe tener muy en cuenta, que la educación científica, técnica y práctica sobre el estudio de desgaste de materiales , debe ser uno de los aspectos más importantes, por tal motivo en las universidades de nuestro país, existe la ciencia de la Tribología como materia de investigación, y con esto establecer el compromiso de desarrollar la tecnología necesaria para lograr una mayor confiabilidad y seguridad de las características tribológicas, de esta manera extender el periodo de vida útil de las máquinas, equipos, automóviles, maquinaria etc., mejorando así sus procesos productivos dentro de la industria Ecuatoriana, logrando evitar grandes pérdidas económicas, por horas muertas de maquinaria, a causa de refacciones.

1.2.1.2 Meso

El desarrollo del estudio de la Tribología a nivel provincial es muy escaso, a pesar que Tungurahua es una de las provincias con el mayor número de micro, pequeñas y medianas empresas, las cuales no presentan las posibilidades económicas para realizar estudios de este tipo, lo cual impide la evolución tecnológica en el ámbito de la industria.

Desconociendo que el desarrollo de la Tribología, nos permite comprender mejor los fenómenos de Fricción y Desgaste en los materiales, y así lograr un adecuado uso de la lubricación, teniendo como resultado beneficios de gran transcendencia como son, menores costos de producción y el ahorro considerable de energía.

Entonces debemos concientizar que cuando se aplica adecuadamente, el conocimiento científico y técnico de esta ciencia, se traduce en beneficios económicos para el sector productivo y la sociedad en general, pues se crea productos de mayor calidad, los cuales proporcionan mayor confiabilidad y seguridad de los clientes.

1.2.1.3 Micro

En los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de la Universidad Técnica de Ambato, es notable la falta de instrumentos especializados para el estudio de fricción y desgaste por contacto superficial entre diferentes tipos de materiales que se encuentran interactuando en movimiento relativo, generando así gran interés por el estudio de las propiedades tribológicas bajo Norma ASTM G83-96, y con datos experimentales que se puedan obtener de este ensayo lograr comprender de mejor manera el desgaste adhesivo.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

El desgaste de los materiales ha sido un fenómeno que se ha evidenciado por siempre, por lo que se ha buscado combatirlo y prevenirlo de muchas maneras, una de las formas de evitar que se presente este problema, es la determinación de las características mecánicas y tribológicas del material (resistencia al desgaste, resistencia mecánica, resistencia a la fricción, etc.) y su comportamiento en el

momento en que entra en contacto con otro material, esto debido a que no solo basta con que un material cumpla con los requerimientos de resistencia , sino que pueda cumplir con su función durante un periodo de tiempo razonable.

El tiempo de vida útil y confiabilidad de los productos manufacturados están íntimamente relacionados con sus propiedades tribológicas (resistencia a la fricción y al desgaste) del par o pares mecánicos que están en contacto y su movimiento relativo, por lo cual el sistema debe ser diseñado de tal forma que se pueda obtener un alto rendimiento.

El estudio del desgaste y de la fricción, constituyen unos de los últimos aspectos de la mecánica clásica que presentan interrogantes que no se han solucionado. Bajo la óptica de la ingeniería, su importancia está en aumento en función de las cargas impuestas a los componentes mecánicos y la disminución constante de las tolerancias permitidas en los procesos de fabricación que generan grandes desafíos para la tribología.

En general, existen pocas investigaciones sobre la resistencia al desgaste de materiales antifricción, en este trabajo de investigación se pretende realizar estudios de las propiedades tribológicas de los materiales antifricción con un acero común empleado en la industria debido a sus características mecánicas.

1.2.3 PROGNOSIS

La carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato consiente de la gran variedad de situaciones donde dispositivos sometidos a desgaste no se pueden inspeccionar con facilidad, por su disposición y ubicación de los mismos, motivo por el cual se propone el estudio de los factores de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 y su efecto en las propiedades tribológicas.

Al no poder determinar los factores de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96, sería muy complicado comprender las propiedades tribológicas y poder así determinar la vida útil de los elementos de máquinas que se encuentran en movimiento relativo,

lo que conllevaría a grandes pérdidas económicas por paros innecesarios de las máquinas dentro del sector industrial.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los factores de desgaste adhesivo bajo Norma ASTM G83-96 que permitan determinar las propiedades tribológicas de los diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340?

1.2.5 INTERROGANTES

Con el fin de dar respuesta a la premisa anteriormente planteada, se formulan las siguientes preguntas, que servirán de guía para la presente investigación.

- ¿Cuál es la carga aplicada para el ensayo de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83, que permita determinar el comportamiento de las propiedades tribológicas?
- ¿Cómo influenciara la velocidad en el ensayo de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83, que permita determinar el comportamiento de las propiedades tribológicas?
- ¿Cómo afectara el tiempo sobre la velocidad durante el ensayo de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83, que permita determinar el comportamiento de las propiedades tribológicas?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.2.6.1 Espacial

Análisis de los factores de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83, realizadas en los laboratorios de Ciencias de los Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, que permitirá determinar el efecto en las Propiedades Tribológicas.

1.2.6.2 Temporal

En el periodo Marzo – Noviembre del 2013.

1.2.6.3 De contenido

Problema:

Factores de desgaste adhesivo bajo Norma ASTM G83-96 que afectan las propiedades tribológicas en materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340.

Tema:

Análisis de los factores de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 y su efecto en las propiedades tribológicas.

Aspecto: Ingeniería de Materiales.

Área: Laboratorio de materiales.

Campo: Ingeniería Mecánica.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Es evidente la importancia del estudio de diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 con el fin de poder determinar la vida útil de diferentes elementos mecánicos, pues estos están íntimamente ligados con el desgaste adhesivo. Conociendo los materiales y las superficies de desgaste se podrá determinar que materiales conforman el mejor par tribológico que se pueda aplicar en el diseño de elementos de máquinas para así evitar el desgaste adhesivo.

Existen gran variedad de situaciones donde dispositivos sometidos a desgaste no se pueden inspeccionar de manera directa, y una característica propia de este tipo de acción mecánica es el análisis en laboratorios mediante pruebas de desgaste simuladas en diferentes tipos de tribómetros.

En el presente trabajo se efectuara un Análisis de los factores de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 que afectan las propiedades tribológicas, (resistencia a la fricción y resistencia al desgaste), el estudio de estas propiedades se evaluara

mediante pruebas y ensayos de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340. Y con esto elaborar tablas de comparación de los coeficientes de fricción y desgaste, ayudando de esta manera a empezar un estudio más profundo en el tema de la tribología.

1.3.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El fenómeno del desgaste, que por su importancia en el funcionamiento de las máquinas y que en sus diversas formas como: el abrasivo, adhesivo, por fatiga, corrosión y otros, que se presentan en diversas industrias, donde se encuentran superficies metálicas en contacto y en movimiento relativo, son actividades que para su análisis se realizan en equipos llamados tribómetros. Siendo el desgaste adhesivo uno de los que se presentan con más regularidad en la industria, ya que toda la maquinaria lo sufre, por tener superficies en contacto. Por tal motivo, al ser uno de los fenómenos más frecuentes, justifica y resalta la trascendencia de su estudio.

La industria, en general, se ha visto afectada enormemente por los fenómenos de fricción y desgaste, ocasionando pérdidas severas. Por lo que para la tribología, es de vital importancia el estudio de los factores de desgaste los cuales juegan un papel crítico en los sistemas mecánicos. Debido, a que tanto la fricción como el desgaste y una pobre lubricación, provocan un severo deterioro superficial de los cuerpos que se encuentran en contacto.

1.3.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Este método de ensayo consistirá en una prueba de laboratorio para determinar los coeficientes de fricción y desgaste entre dos materiales. Durante la prueba la fricción ocurre entre un cilindro rotativo y otro estático cuyos ejes están dispuestos perpendicularmente. El ensayo se puede realizarse a diferentes materiales, siempre y cuando las dimensiones específicas puedan lograrse y que soporten los esfuerzos producidos durante la prueba sin fallar y sin mostrar flexión excesiva, además deberá conocer su composición química, tratamientos térmicos y su dureza, al que se halla sometidos.

1.3.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La norma técnica ASTM G83 – 96 estandariza el Ensayo de Desgaste Adhesivo con un equipo de cilindros cruzados (ASTM Standards G83, 1996)

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 GENERAL

- Analizar los Factores de Desgaste Adhesivo en Diferentes Materiales Antifricción Sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G-83-96, para determinar el comportamiento de las propiedades tribológicas.

1.4.2 ESPECÍFICOS

- Determinar la carga aplicada durante el ensayo de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340, para determinar el comportamiento de las propiedades tribológicas.
- Estudiar la velocidad para el ensayo de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340, para determinar el comportamiento de las propiedades tribológicas.
- Determinar el efecto del tiempo sobre la velocidad del ensayo de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340, bajo Norma ASTM G83-96, para determinar el comportamiento de las propiedades tribológicas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

- **Fuente:** Sistema de Información Científicas
Autor: Báez P. Sandro; Peña B. Darío Yesid
Año de Publicación: 2004
Lugar: Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia.
Tema: Construcción y puesta en funcionamiento de una máquina de cilindros cruzados para la evaluación del desgaste adhesivo.
Repositorio Digital: <http://www.doaj.org/doaj?func=abstract&id=209439>

- **Fuente:** Tesis Para Obtener El Grado De: Maestro En Ciencias Con Especialidad En Ingeniería Mecánica.
Autor: Ing. Miguel Bautista Santiago
Año de Publicación: Diciembre 2005
Lugar: México, D.F. Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica sección de estudios de posgrado e investigación
Tema: Diseño de una maquina tribológica de configuración geométrica de cilindros cruzados para análisis de Desgaste por deslizamiento
Repositorio Digital: <http://www.koreanpopnews.com/pdf/pdf/tribologia-6-2006.html>

- **Fuente:** Tesis Doctoral
Autores: Gómez Botero, Maryory Astrid
Correo electrónico: mgomezb@udea.edu.co
Director/a: Esteve Pujol, Joan
Departamento/Instituto: Universidad de Barcelona. Departamento de Física Aplicada y Óptica

Resumen: En este trabajo se presenta de forma muy detallada los procedimientos realizados y los resultados obtenidos en la evaluación de las propiedades tribológicas y mecánicas de cuatro grupos de recubrimientos duros obtenidos por técnicas PVD, además, se describen los procedimientos de depósito de los recubrimientos. Con un sistema de bola sobre disco se estudió el coeficiente de fricción y el desgaste en deslizamiento de los recubrimientos, además, se evaluó la tasa de desgaste abrasivo mediante un disco abrasivo.

Fecha de defensa: 02-02-2006

Área de conocimiento: Ciencias Experimentales y Matemáticas

Repositorio Digital: <http://www.tdx.cat/handle/10803/1774>

➤ **Fuente:** Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, Scientia Et Technica, /vol. XIII, número 036

Autores: Trisancho Reyes, José Luís; Higuera Cobos, Oscar Fabián; Flórez García, Luís Carlos; Grupo de Investigaciones en Materiales Avanzados.

Resumen: En el momento en que se da inicio a la construcción de los primeros mecanismos mecánicos se presenta el desgaste de los materiales que los conforman; la tribología, que no es más que la evaluación del desgaste de los materiales, cobra importancia tanto a nivel industrial como académico. En esta investigación se evaluó el comportamiento del Acero AISI –SAE 1020 al ser sometido a desgaste adhesivo en un tribómetro de cilindros cruzados, el ensayo se realizó bajo norma ASTM G83 – 96.

Año de Publicación: Septiembre 2007

Lugar: Colombia Universidad Tecnológica de Pereira

Correo: scientia@utp.edu.co

Tema: Evaluación del Desgaste Adhesivo del Acero AISI –SAE 1020.

Repositorio Digital: <http://repositorio.utp.edu.co/xml/handle/11059/699>

➤ **Fuente:** Sistema de Información Científica

Autor: José Luis; Cañas M., Luz Adriana

Año de Publicación: 2008

Lugar: Universidad Tecnológica de Pereira Colombia Scientia Et Technica ISSN (Versión impresa): 0122-1701

Correo: scientia@utp.edu.co

Tema: Diseño y Construcción de un Tribómetro de Cilindros Cruzados, bajo Norma Técnica ASTM G83 – 96.

Repositorio Digital:

<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/3729/2045>.

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 INGENIERÍA DE MATERIALES

La Ingeniería de materiales es un campo multidisciplinario que estudia conocimientos fundamentales sobre las propiedades físicas macroscópicas de los materiales y los aplica en varias áreas de la ciencia y la ingeniería, consiguiendo que éstos puedan ser utilizados en obras, máquinas y diversas herramientas, o convertidos en productos necesarios o requeridos por la sociedad.

A pesar de los espectaculares progresos en el conocimiento y en el desarrollo de los materiales en los últimos años, el permanente desafío tecnológico requiere materiales cada vez más sofisticados y especializados. Los avances radicales en los materiales pueden conducir a la creación de nuevos productos o nuevas industrias, pero las industrias actuales también necesitan científicos de materiales para incrementar las mejoras y localizar las posibles averías de los materiales que están en uso.

2.2.1.1 Clasificación de los materiales

Dentro de la Ingeniería de Materiales se pueden distinguir cinco grandes grupos de compuestos muy útiles y que se producen en enormes cantidades: Metales, polímeros, cerámicas, vidrios y materiales compuestos.

a) Materiales metálicos y aleaciones

Los Metales

Son materiales de origen mineral que están compuestos por uno o más elementos metálicos, pudiendo contener elementos no metálicos en pequeñas proporciones. Si está formado por un solo elemento químico se trata de un material metálico puro, si está formado por más de un elemento químico se trata de una aleación.

Metales puros

Rara vez pueden obtenerse directamente de la naturaleza, para aislarlos a partir de los minerales que los contienen, para lo cual se necesitan procesos de transformación complejos.

Propiedades de los metales puros:

- Tienen una gran dureza.
- Se pueden trabajar mediante procesos de fundición.
- Son buenos conductores del calor y de la electricidad.
- Su resistencia mecánica permite utilizarlos en aplicaciones estructurales sometidas a grandes esfuerzos.
- Se pueden reciclar con facilidad.
- Destacan el cobre, el hierro, el aluminio, el oro y la plata.

Aleaciones

Una aleación es una combinación de varios metales, en la que también pueden participar pequeñas cantidades de algunos elementos no metálicos las cuales se elaboran para mejorar las propiedades de los componentes originales.

Se pueden clasificar en:

- ***Aleaciones Ferrosas***

Los metales ferrosos como su nombre lo indica su principal componente es el hierro, sus principales características son su gran resistencia a la tracción y dureza.

Las principales aleaciones se logran con el estaño, plata, platino, manganeso, vanadio y titanio.

La principal aleación es el acero, obtenido al añadir al hierro un porcentaje de carbono siempre inferior al 2%.

Casi el 90% de los aceros usados en industria son aceros al carbono. Los más resistentes se utilizan para la fabricación de piezas sometidas a esfuerzos constantes. En los aceros aleados intervienen otros elementos como el acero inoxidable, que incorpora cromo.

Los principales productos representativos de los materiales metálicos son:

- Fundición de hierro
- Aceros
- Aceros inoxidables

Su temperatura de fusión va desde los 1360 °C hasta los 1541 °C y uno de sus principales problemas es la corrosión.

b) Materiales Polímeros

Un polímero puede definirse como un material constituido por moléculas formadas por unidades constitucionales que se repiten de una manera más o menos ordenada. Dado el gran tamaño de estas moléculas, reciben el nombre de macromoléculas. Es decir, que los polímeros son compuestos químicos cuyas moléculas están formadas por la unión de otras moléculas más pequeñas llamadas monómeros, las cuales se enlazan entre sí como si fueran los eslabones de una cadena. Estas cadenas, que en ocasiones presentan también ramificaciones o entrecruzamientos, pueden llegar a alcanzar un gran tamaño, razón por la cual son también conocidas con el nombre de macromoléculas. Habitualmente los polímeros reciben, de forma incorrecta, el nombre de plásticos, que en realidad corresponde tan sólo a un tipo específico de polímeros, concretamente son los que presentan propiedades plásticas (blandas, deformables y maleables con el calor).

El significado de polímeros viene del griego poli (mucho) y meros (partes), reciben también el nombre de macromoléculas, debido al enorme tamaño de las moléculas que los componen. Estas moléculas gigantes tienen pesos moleculares más de cien veces mayores que los de moléculas pequeñas como el agua.

La mayor parte de los polímeros están formados por estructuras de carbón y por tanto se consideran compuestos orgánicos. Aunque existen polímeros naturales de gran valor comercial, la mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria, son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas.

Clasificación de los polímeros

Los polímeros pueden clasificarse de diferentes maneras, y a su vez, esas clasificaciones, pueden subdividirse en otras. Partiremos de lo más básico a lo más complejo:

- De acuerdo a su origen:
 - Naturales
 - Sintéticos
- Según sus propiedades Físicas
- Según su proceso de obtención
- Según sus monómeros
- Según la orientación de sus monómeros

c) Materiales Cerámicos

Son principalmente iónicos, los materiales poliméricos tienen enlaces covalentes dentro de las macromoléculas o polímeros y en los materiales metálicos el enlace es metálico. Los vidrios son materiales iónico-covalentes pero amorfos, es decir, no presentan orden de sus constituyentes (átomos e iones) a larga distancia. Como ejemplos de materiales vítreos derivados de la sílice son las ventanas, pantallas de ordenador y TV, etc. También hay otros tipos.

c) Materiales Compuestos

Son aquellos que contienen dos tipos de materiales diferentes, generalmente una parte covalente y otra iónica. Por ejemplo podemos destacar materiales compuestos formados por una parte cerámica (generalmente óxidos) con uniones covalentes a un polímero o radical orgánico. Se suelen utilizar mucho en la industria electrónica como recubrimiento de materiales sensibles por una capa orgánica hidrofóbica que impide el ataque.

2.2.2 RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS MATERIALES

Es la forma en que un material soporta fuerzas aplicadas, incluyendo fuerzas de tensión, compresión, de impacto, cíclicas o de fatiga, o fuerzas a elevadas temperaturas [1].

2.2.2.1 Fuerza de tensión

Es la fuerza por unidad de área en el entorno de un punto material sobre una superficie real o imaginaria de un medio continuo. La definición anterior se aplica tanto a fuerzas localizadas como fuerzas distribuidas, uniformemente, que actúan sobre una superficie.

2.2.2.2 Compresión

El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección.

2.2.2.3 Cíclicas o de fatiga

Es el fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas cíclicas (fuerzas repetidas aplicadas sobre el material) se produce ante cargas inferiores a las cargas estáticas que producirían la rotura. Por ejemplo un alambre flexionándolo repetidamente se rompe con facilidad, pero la fuerza que hay que hacer para romperlo en una sola flexión es muy grande. La fatiga es una forma de rotura que ocurre en estructuras sometidas a tensiones dinámicas y fluctuantes (puentes, automóviles, etc.).

2.2.2.4 Temperatura

En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como "energía sensible", que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida de que sea mayor la energía

sensible de un sistema, se observa que éste se encuentra más "caliente"; es decir, que su temperatura es mayor.

2.2.2.5 Análisis metalúrgico

“La textura de la superficie es un parámetro importante, pues la topografía de las superficies se mide con ayuda de un perfilómetro para registrar las colinas y los valles de la misma. Sin embargo, la superficie previa de un metal continúa cambiando como resultado de la deformación y el desgaste y esto se puede observar por medio de un microscopio óptico, electrónico o de barrido (SEM). Es importante observar la naturaleza de la superficie además de la observación microscópica, las técnicas de microdureza o difracción de electrones proporcionan valiosa información. Los metales diferentes que están en contacto bajo frotamiento pueden formar compuestas intermetálicos produciéndose un cambio en la composición de la superficie o inmediatamente debajo de ésta [2].

2.2.3 CONTACTO ENTRE SÓLIDOS

2.2.3.1 Contacto entre sólidos y desgaste por fatiga

Los conceptos de fricción y desgaste, pueden ser abordados de mejor manera si se comprenden los fundamentos del contacto entre sólidos.

Hoy en día es un requisito normal al analizar el contacto entre dos superficies ingenieriles, que hay que tener en cuenta, la distribución al azar de las alturas de las asperezas así como la parte deformada elásticamente o plásticamente, producida por la carga normal aplicada.

La suma de todos los micros contactos creada por las asperezas individuales constituye el área real de contacto, que es normalmente sólo un fragmento pequeño del área geométrica de contacto mostrado en la figura 2.1. Hay dos grupos de propiedades que son: la deformación de los materiales en el contacto y las características topográficas de la superficie que definen la magnitud del área del contacto real bajo una carga normal W dada.

La primera, incluye propiedades tales como: el módulo elástico E , presión producida, P_y y la dureza H .

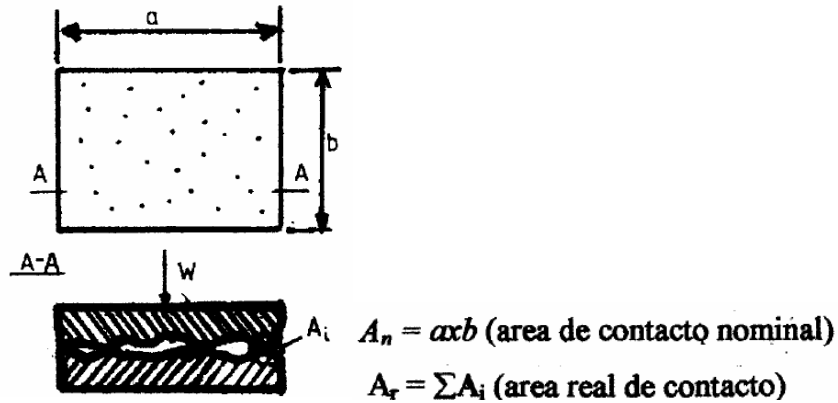


Figura 2.1 Área de Contacto Nominal.

Fuente: Gallardo E., 2002 Pág. 55

El contacto elástico que ocurre entre sólidos, fue investigado primeramente por Hertz en 1881, conociéndose como contacto Hertziano [3].

Estos al ser sometidos a cargas, se deforman elásticamente hasta que el esfuerzo alcanza un valor límite, llamado esfuerzo de fluencia σ_y [3]. En la mayoría de los casos, algunas asperezas son deformadas elásticamente y otras plásticamente.

Se presenta una breve descripción referente al contacto entre sólidos, como el que ocurre sin fricción (contacto de Hertz), contacto puntual, contacto lineal y contacto friccionante; así como también, los temas relacionados con el desgaste por fatiga, atendiendo, primordialmente, al ocurrido tanto por el rodamiento como por el deslizamiento entre sólidos interactuantes.

2.2.3.2 Fundamentos del contacto entre sólidos

Se llama contacto mecánico a la situación en que dos cuerpos se tocan físicamente en un área determinada. Los problemas referidos entre cuerpos deformables, es un tema de actualidad en mecánica de sólidos, con importantes aplicaciones en el diseño mecánico. Dicha situación es, frecuentemente encontrada, en muchos sistemas mecánicos, tales como, levas, engranes, cojinetes, embragues, rueda-riel, etc. Para el diseño de estos elementos, se requiere realizar un análisis de esfuerzos y deformaciones generadas entre las superficies de los cuerpos en contacto [4].

Las superficies de los sólidos resultan ser más complejas al ser observadas con detalle. Existen diferentes factores que dificultan su estudio, tales como:

distorsiones, defectos, deformaciones, entre otros. Si a ello se le adiciona la geometría y las condiciones ambientales, la situación se torna aún más compleja.

Por otra parte, el estudio de las superficies se ha incrementado a partir de la incesante búsqueda a soluciones de problemas que afectan comúnmente a los mecánicos, los cuales en su mayoría comprenden interacciones entre superficies, donde puede generarse un contacto tipo Hertziano, o de otro tipo, donde esté presente el fenómeno de la fricción, ya sea en movimientos deslizantes, rodantes o una combinación de ambos.

Aquellas situaciones de contacto entre cuerpos elásticos son consideradas como Hertzianas solo si cumplen las siguientes condiciones:

- Los cuerpos son homogéneos, isotrópicos y satisfacen la Ley de Hooke.
- Los contactos ocurren sin fricción y las deformaciones causadas son pequeñas.
- El análisis de esfuerzo en la zona de contacto, se realiza aplicando la teoría lineal de la elasticidad.
- Las superficies o fronteras de los cuerpos en contacto por la acción de una fuerza, se presentan ya sea en regiones separadas o en aquellas que se encuentran en contacto.

Cuando dos superficies se encuentran en contacto debido a la acción de una carga, se origina entre ellas una deformación, que puede ser elástica o elastoplástica. En esta última, se genera un cambio permanente en la superficie.

Las bases fundamentales para el análisis del contacto mecánico sin deformación permanente están en la teoría clásica de la elasticidad.

El esfuerzo de contacto a diferencia del esfuerzo de compresión, que existe en el interior de los cuerpos sometidos a la acción de cargas externas, es el que se produce en la superficie de contacto de los mismos. Cuando el esfuerzo es excesivo, el material puede alcanzar su fluencia.

La clasificación del contacto entre dos cuerpos elásticos, está en función de los contactos inicial y final. El primero puede ser sobre un punto, una línea, una

superficie o una posible combinación de las mismas. Mientras el segundo depende de la naturaleza de las fuerzas aplicadas y de las propiedades de los materiales.

En general, los contactos con fricción o sin fricción, pueden clasificarse como [5, 6,7]

Contacto avanzado: En éste, la zona de interacción inicial es menor que la zona de contacto final, encontrándose en función de la fuerza que mantiene juntos a los cuerpos. Cuando se aumenta la carga, se incrementa el área de contacto, debido a la deformación que experimentan los materiales de los cuerpos correspondientes.

Contacto conformado: Donde existe inicialmente una interfase de las dos superficies sin deformación de ninguna de ellas, cambiando solo cuando se aplica una carga.

Contacto recesivo por carga: Donde existe una región de contacto causada por una carga inicial y cuando se aplica cualquier otra carga adicional sobre el sistema, se presenta una disminución de esta región.

2.2.4 FACTORES DE DESGASTE

2.2.4.1 Característica de la superficie

Entre las características de la superficie del desgaste adhesivo se encuentran:

a) Pulido

En las fases iniciales de desgaste adhesivo, habrá pulido de las superficies y un aumento en la reflexión de la luz. A medida que las asperezas frotan unas contra otras, se calientan, se funden microscópicamente y se separan de la superficie original, las superficies se hacen más lisas.

Algo de pulido ocurre normalmente durante el uso inicial de productos nuevos. En la mayoría de los casos, las piezas no se dañan en esta fase inicial porque lo único que ocurre debido al desgaste adhesivo es que las superficies se hacen más lisas.

b) Decoloración y adhesión

En las fases intermedias del desgaste adhesivo, se observan raspaduras, ralladuras, decoloración y adhesión. Al continuar el desgaste adhesivo, toda la superficie de contacto puede recalentarse y secciones grandes de la superficie pueden alcanzar la temperatura de fusión, adherirse y separarse de la superficie original.

c) Deformación plástica

En las fases más avanzadas del desgaste adhesivo, se observa deformación plástica. Esto ocurre cuando se alcanzan temperaturas muy altas. Estas temperaturas son tan altas que el metal se ablanda, pierde resistencia y se deforma. Se observará un color negro de revenido, indicio de temperaturas elevadas.

Colores de revenido

Cuando se alcanzan temperaturas muy altas en piezas de acero, se ven con frecuencia colores de revenido. Los colores de revenido son causados por óxidos metálicos que producen una gama de colores desde amarillo dorado a azul claro, azul oscuro, gris y negro.

d) Fracturas

Fracturas ocurren frecuentemente como resultado del desgaste adhesivo por que la pieza ha sido debilitada por las elevadas temperaturas. Los elementos mecánicos pierden sus dimensiones debido al desgaste, debilitando el elemento de tal forma que la carga a la cual está sometido comienza a incrementarse, hasta que finalmente llegar a fracturarlo.

2.2.4.2 Ubicación del desgaste

La ubicación del desgaste adhesivo puede dar información útil acerca de por qué ha ocurrido este tipo de desgaste. El desgaste adhesivo ocurre en las zonas de mayor contacto friccional.

Pueden ser zonas de encaje muy ajustado, contacto mal alineado, cargas altas, lubricación marginal o altas temperaturas. En estas zonas las piezas se expanden cuando sube la temperatura, se reducen los espacios libres y zonas más amplias de la pieza sufren desgaste adhesivo.

2.2.4.3 Rugosidad de los sólidos

A simple vista, la superficie de los sólidos, por muy lisas y pulidas que sean, presenta ondulaciones donde existen varios picos de asperezas por unidad de área en mm^2 . Uno de los problemas de gran interés en la tribología, es el análisis de las interacciones idealizadas de las asperezas, cuando las superficies que están juntas, sometidas a cargas normales y tangenciales, con movimiento relativo.

El grado o la evaluación de la rugosidad deseable en una pieza debe ser objeto de un estudio especial; se tienen en cuenta factores tales como el trabajo de la pieza, el lubricante a usar, carga y temperatura de régimen, material tanto de la pieza como el de la parte con la cual interactúan, tipo de ajuste, etc.

La rugosidad de una pieza es sensible a cambios tanto en el proceso de elaboración como en el funcionamiento del equipo. Un mal afilado de la herramienta de corte, vibraciones en la máquina herramienta, refrigeración defectuosa en el proceso y cambios en la velocidad de avance confirman lo primero. Mientras para lo segundo, si el desarrollo en la fabricación de una pieza es normal, la rugosidad de la misma se va modificando en el proceso.

2.2.4.4 Fenómenos de fricción y desgaste

Los fenómenos de fricción y desgaste, son unos de los problemas a los que se enfrentan las máquinas, por ello, es de suma importancia el estudio de las características de las superficies, el contacto de estas, el significado de fricción, las leyes que lo rigen, los tipos identificados, como son la fricción adhesiva y la abrasiva. Por otra parte, el desgaste como actividad de pérdida de material, conlleva a cambios de dimensiones de los elementos de las máquinas, que para disminuirlo, es importante conocer su concepto, los tipos desgaste que existen y sus mediciones, así como, la obtención semiempírica propuesta por el Profesor Archard, además la explicación de los mapas de desgaste desarrollados por los Profesores Lim, Ashby y colaboradores.

2.2.4.5 . Consecuencias de la fricción

“La fricción que ocurre entre dos superficies que están en movimiento relativo genera desgaste por las asperezas que entran en contacto y a su vez producen un incremento considerable en la temperatura .El desgaste producido se refleja como pequeñas partículas metálicas desprendidas que a su vez generan un desgaste mayor ,modificando las tolerancias de los elementos de la máquina. Lo anterior se traduce en ruido, deterioro de los equipos, gastos de mantenimiento y reducción en la producción [8].

2.2.5 TRIBOLOGÍA

2.2.5.1 La Tribología a través de la historia

"En sí, la Tribología podría parecer algo nuevo, pero solamente el término como tal lo es, ya que el interés en temas relacionados con esta ciencia existe desde antes de que la historia se escribiera.

Al surgir la Revolución Industrial y el desarrollo tecnológico de la maquinaria la producción avanzó rápidamente. 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 [9].

2.2.5.2 Definición de Tribología

“La tribología, es la ciencia que se encarga del estudio de las superficies que se encuentran en contacto y movimiento relativo, así como de los fenómenos que se producen por la interacción de las mismas” [9].

Tribología, se deriva del griego, de la palabra *tribos* que significa rozamiento o fricción y *logos* que es el estudio o tratado, de esta manera su traducción literal es “*La ciencia del frotamiento*” o el estudio de los fenómenos de la frotación o fricción. Sin embargo, este concepto ha sido modificado, por el profesor Peter Jost [10], quien la definió, en 1966 como “la ciencia y tecnología que estudia a las superficies que se encuentran en contacto y movimiento relativo, así como los fenómenos que de ello se derivan”. En consecuencia, la fricción, el desgaste y la lubricación son tópicos de estudio de la misma [11].

2.2.5.3 Aplicaciones de las máquinas tribológicas

La fricción, desgaste y lubricación, son fenómenos que se presentan en las máquinas y que por los efectos de los mismos, producen pérdidas cuantiosas, que muchas veces no son valoradas para su prevención. Cuando estas características se observan en los equipos, su evaluación directa en el lugar de trabajo, resulta un tanto difícil, por tal motivo, se hace indispensable el control de las variables que interviene en el proceso. Estos efectos, solo pueden ser valorados y examinados por equipos diseñados exclusivamente para tal actividad. Estos equipos son conocidos como máquinas tribológicas.

2.2.5.4 Tribosistemas

a) Sistema Tribológico

“Es un sistema natural o artificial de elementos materiales, por lo menos dos, donde se presenta la fricción y en casos extremos, el desgaste [12].

b) Sistema Tribotécnico

“Sistema particular o grupo funcional, donde existen varios puntos de fricción, los cuales tienen la función de transmitir energía o movimiento.

Las características físicas así como las condiciones ambientales en que se llevan a cabo las interacciones de las superficies de los pares mecánicos que se encuentran en contacto y movimiento relativo, se conocen con el nombre de tribosistema. Este, está integrado por los siguientes elementos:

La base, que es un cuerpo primario de fricción, en condición de desgaste [13].

El contracuerpo, cuerpo secundario de fricción en condiciones de desgaste.

La sustancia intermedia, que existe en la interface de los mismos como puede ser el aceite lubricante, polvo, óxidos de vapor, agua, gases, etc.

El medio ambiente que es el entorno donde se encuentra el sistema y puede estar constituido por gases y/o líquidos en diferentes condiciones de presión; ya sean muy elevadas o al vacío; a temperaturas extremas, etc. En la figura 2.2 se

muestran los cuatro elementos básicos que lo conforman. Base, contra-cuerpo, sustancia intermedia y el medio ambiente.

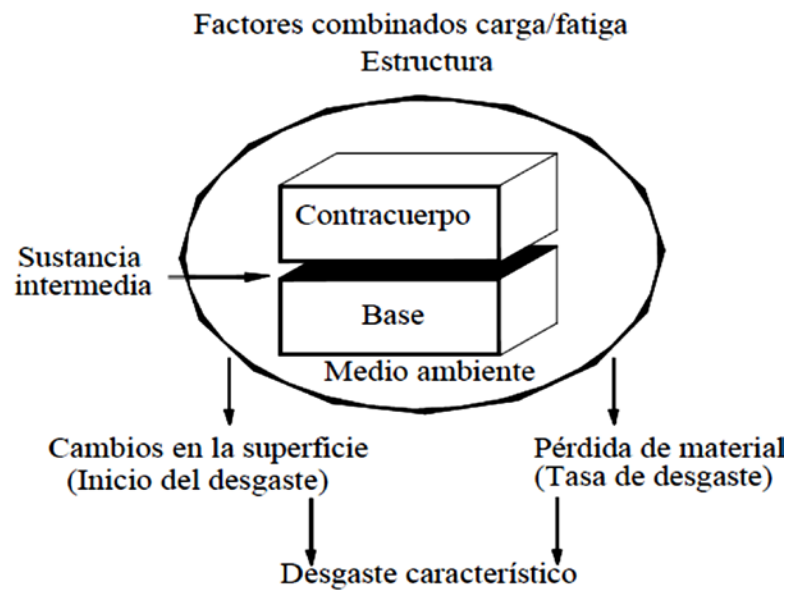


Figura 2.2 Diagrama de un Tribosistema.

Fuente: Scientia et Technica, 2009, pp. 84

Cuando dos superficies de un par cinemático, se encuentran en contacto y movimiento relativo, se presenta en ellos una pérdida progresiva de material, causando daño superficial en una o en ambas piezas. Esto significa que la holgura entre las piezas aumenta, por consecuencia disminuye la eficiencia de los pares cinemáticos o los equipos.

“Cuando dos planos en movimiento con superficies paralelas tienen acercamiento entre ellos, comienza el contacto, inicialmente solo en algunos puntos. En ellos, un gran número de esperezas de diferentes tamaños y formas se presionan unas en contra de otras.

Al analizar el contacto entre dos superficies debe considerarse como requisito la presencia de asperezas, con distribuciones de alturas al azar. Cuando una de las superficies transmite un esfuerzo hacia la otra, dichas asperezas pueden sufrir deformaciones elásticas o plásticas. La suma de todos los microcontactos que forman las asperezas individuales constituyen el área real de contacto, que representa solamente un fragmento diminuto del área geométrica visible; en la figura 2.3 se muestra el Área de contacto magnificada, se destacan los puntos de

contacto reales con la letra A_i , que sumados representarán el área real de contacto y es sólo un fragmento diminuto del área geométrica visible [14].

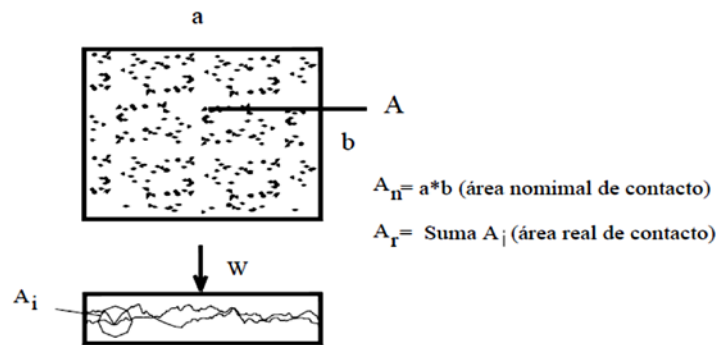


Figura 2.3 Área de contacto magnificada

Fuente: Gallardo E. 2002, pp. 23

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 [15].

Se pueden 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 2.4 a). Además, se deforman de manera independiente, cargan una parte de la carga y contribuyen con una fracción al área total de contacto. En b) Aspereza cónica de semiángulo α , que penetra y se desliza a lo largo de una superficie ocasionándole deformación plástica al material.

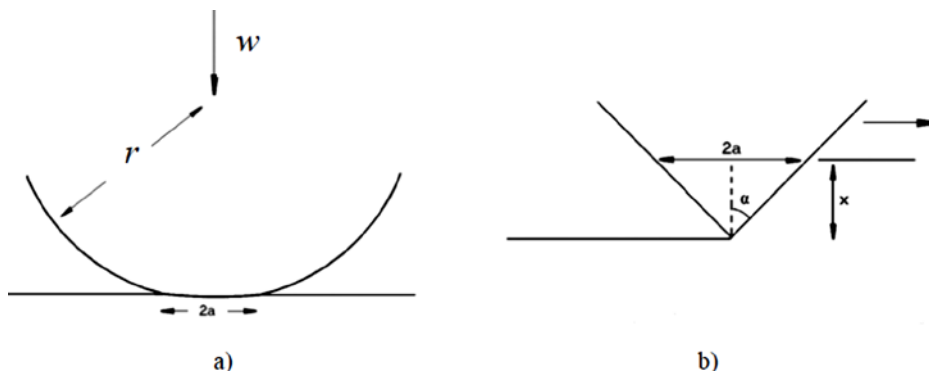


Figura 2.4 Deformación elástica de una esfera de radio r , presionada contra una superficie plana con carga W .

Fuente: Edward Arnold, UK, 1992.

2.2.6 DESGASTE DE MATERIALES

El desgaste de materiales es el arranque de partículas sólidas pequeñas de las superficies en contacto, pertenecientes a órganos en movimiento relativo, como consecuencia de acciones mecánicas motivadas por el rozamiento. Según la hipótesis formulada por Reye, el volumen de material arrancado por desgaste es proporcional al trabajo desarrollado por las fuerzas de rozamiento y, debido a que éste es proporcional a la velocidad relativa de deslizamiento, el volumen de material arrancado por unidad de tiempo es proporcional a dicha velocidad relativa.

El desgaste es un efecto no deseado que, además de disipar parte de la energía mecánica producida, a lo largo del tiempo deteriora un órgano mecánico sin que éste llegue necesariamente a la rotura. Sin embargo, existen numerosos casos en los que el desgaste es necesario. Por ejemplo, no se conseguiría escribir con un lápiz si la mina no se desgastase al deslizarse sobre el papel; en ausencia de desgaste, resultarían imposibles el rodaje, el rectificado y el lapeado de los órganos mecánicos.

Los principales tipos de desgaste son:

Abrasión, por parte de partículas metálicas o silíceas transportadas por el lubricante o por el aire aspirado.

Rayado de las superficies en movimiento relativo, es el tipo de desgaste más perjudicial y lo origina el contacto directo entre las superficies, como consecuencia de una lubricación imperfecta o de la rotura de la película de aceite.

Gripado de las superficies, que se produce en presencia de fuertes cargas y un calentamiento localizado muy elevado, capaces de determinar micro-soldaduras e, inmediatamente, arranques de material debido al alejamiento de ambas superficies.

Pitting, como consecuencia de fracturas superficiales por fatiga, debidas, sobre todo, a sollicitaciones tangenciales y presiones específicas elevadas; es el desgaste típico de los engranajes y cojinetes.

Corrosión, es decir, desgaste de tipo químico; en los motores de combustión interna es imputable a algunas sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en los combustibles que, al combinarse con el vapor de agua, dan lugar a condensaciones acidas.

En un automóvil están sujetos a desgaste todos los órganos en movimiento relativo. Se tiene así el desgaste de los aros del pistón y de las camisas, a causa de su movimiento relativo de deslizamiento (para un mismo número de revoluciones por minuto, se desgasta menos un motor con carrera menor, ya que se caracteriza por una menor velocidad media del pistón), el de los engranajes, levas, gorriones y cojinetes.

Para reducir el desgaste es preciso, en el momento del proyecto: poner atención especial en la elección de los metales que se van a acoplar; mejorar el grado de acabado superficial, de forma que aumente el área de contacto entre las superficies y se reduzca así la presión específica; comprobar que las condiciones de funcionamiento no determinen presiones, temperaturas y velocidades de deslizamiento excesivas, y llevar a cabo una cuidadosa selección del lubricante.

Por su parte, el automovilista debe procurar que siempre se cumplan las condiciones de funcionamiento previstas por el fabricante, procediendo a los rellenados y a los cambios periódicos del aceite lubricante, a la substitución periódica (cada vez que se cambie el aceite) del cartucho del filtro de aceite, a la substitución periódica del cartucho del filtro de aire (para evitar el rayado de las camisas) y a mantener totalmente eficiente el sistema de refrigeración (para evitar sobrecalentamientos).

2.2.7 ADHERENCIA

“Las superficies ingenieriles son rugosas y tienen colinas y valles, de manera que el contacto entre dos sólidos sólo ocurre en unos cuantos puntos aislados, por ello el área de contacto real se localiza únicamente en una fracción del área aparente. De este modo, el esfuerzo normal aplicado es muy alto en los puntos de contacto y puede exceder el punto de fluencia de uno de los sólidos o de ambos. En cuyo caso, las áreas de contacto se soldarán entre sí formando uniones o

juntas, las cuales deben romperse para iniciar y sostener el movimiento relativo. La fuerza necesaria para romper estas uniones es una medida de la fricción [16].

2.2.7.1 Desgaste por adherencia

“Dos superficies que interactúan sólo tienen contacto en unos cuantos puntos aislados, lo que hace que aparezcan esfuerzos elevados en estas áreas. Esto produce flujo plástico en la interface, la resistencia al deslizamiento equivale a la suma de las fuerzas cortantes necesarias para romper todas estas uniones, suponiendo que no existe un factor de hundimiento. Si bien en esta forma se toma en cuenta la fricción aún no existen todos los elementos para establecer una ley general del desgaste que pueda ser utilizada por los ingenieros de diseño, posiblemente porque el desgaste es un proceso complejo que depende, entre otras cosas de la carga normal, la estructura cristalina y las propiedades mecánicas de los materiales. Sin embargo, se han formulado leyes para el desgaste y se ha estudiado el desgaste por adherencia. El desgaste por este mecanismo es severo y puede presentarse en la cadena cinemática de una máquina siempre que no existe lubricación adecuada en la interface de dos cuerpos en contacto [17].

El desgaste por adherencia se produce cuando dos superficies se deslizan una sobre otra, estableciendo fuerzas adhesivas muy fuertes que arrancan los fragmentos de una superficie que se adhieren a otra.

Este tipo de interacción metálica a menudo ocurre cuando la lubricación es inadecuada y cuando los materiales son incompatibles.

2.2.8 PROPIEDADES TRIBOLÓGICAS (FRICCIÓN Y DESGASTE)

2.2.8.1 Fricción

La fricción ocurre cuando dos cuerpos entran en contacto y movimiento relativo, los cuerpos se tocan solo en partes aisladas, es decir, solo en algunos puntos de contacto denominados, área real de contacto. Sí sobre estos puntos se aplica una fuerza normal, ésta es la responsable de la generación de la fricción. La fricción, se explica como la pérdida gradual de energía cinética en diversas situaciones, donde los cuerpos o sustancias se desplazan, relativamente el uno con respecto al

otro. En consecuencia, la fricción se puede definir como la resistencia al movimiento de un cuerpo, que se desliza tangencialmente, sobre otro con el que se encuentra en contacto. Se describe en términos de un coeficiente específico para cada par de materiales [15].

2.2.8.2 Leyes de la fricción

En 1699 el fenómeno de la fricción fue estudiado por Williams J.A. reformuló, mucho después de Leonardo da Vinci, dos leyes empíricas sobre la fricción de deslizamiento. La formulación la realizó en base a que la fricción solo se debe presentar en ciertas condiciones: en un par de materiales y en condiciones de lubricación constante en caso de que exista [18].

Las leyes establecen:

1. La fuerza de fricción es proporcional a la carga normal.
2. La fuerza de fricción es independiente del área aparente de contacto.

La segunda ley de la fricción se ha atestiguado en la mayoría de los materiales, con excepción de los polímeros. En la figura 2.5, se ilustran de manera gráfica dichas leyes.

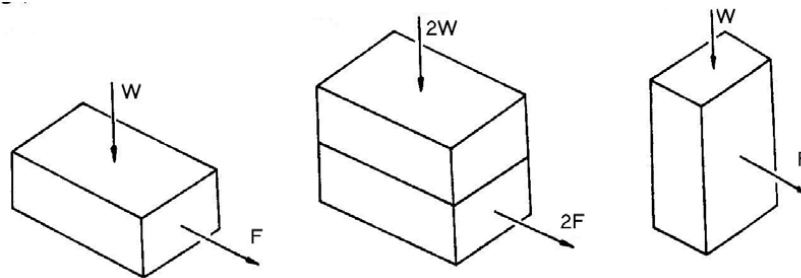


Figura 2.5 Ilustración de algunos aspectos de las leyes de Amontons:

Fuente: Williams J.A. 1994.

a) Se requiere de una fuerza tangencial para deslizar el bloque de peso W , b) Con un peso doble en el bloque, la fuerza de fricción será doblemente mayor que en el primer caso, c) El valor de F sigue siendo el mismo siempre que el área aparente o nominal de contacto cambie.

En cuanto a la tercera ley estipulada por Coulomb, en 1781 establece que; la fuerza de fricción es independiente de la velocidad de deslizamiento.

Es común observar que la fuerza requerida para iniciar el deslizamiento debe ser mucho mayor que la fuerza requerida para mantenerlo. De allí que el coeficiente de fricción estático (μe), sea frecuentemente mayor que el coeficiente de fricción dinámico (μd).

Las fuerzas de fricción surgen de interacciones mecánicas de la deformación de asperezas rígidas o elásticas.

El modelo de Coulomb, aparece en la Figura 2.6, el cual explica el fenómeno de fricción [15]. En él, se presentan las asperezas en forma de cuña, mismas que se mueven separadamente provocando una fuerza de fricción desde la posición 1 a la posición 2.

El Modelo fue elaborado por Coulomb. En esta prueba se asume que la rugosidad de la superficie tiene geometría parecida a dientes de sierra. Como el deslizamiento ocurre desde la posición 1 a la posición 2, el trabajo es realizado en contra de la carga normal W . La carga normal entonces no es igual a la cantidad de trabajo, como ocurre en el movimiento superficial de 2 a 3.

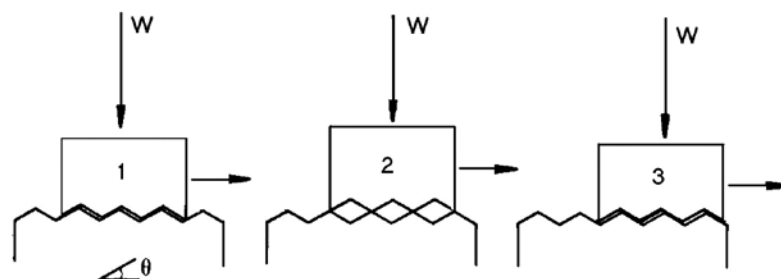


Figura 2.6 Esquema que ilustra la fricción de deslizamiento.

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

Esto, se representa como el trabajo realizado por la fuerza de fricción que realiza en contra de la carga normal, donde $\mu = \tan \theta$. Considerando el siguiente movimiento, desde la posición 2 hasta la 3, aparentemente existe un defecto en este modelo, ya que el trabajo realizado por la carga normal sobre el sistema, durante el primer movimiento, se recupera en el segundo, liberando toda la energía potencial almacenada. El trabajo que se utiliza para contrarrestar la fricción es redundante, o sea su contribución no es útil durante el proceso de los

cuerpos que toman parte en él, de modo que finalmente debe disiparse en forma de calor. No existe disipación neta de energía en el ciclo completo, concluyéndose que la fuerza de fricción no puede ser vista a escala macroscópica.

Modelos de fricción satisfactorios son claros mecanismos de disipación de energía en materiales metálicos y cerámicos. En estos casos, se presenta una deformación plástica, mientras que en los polímeros el comportamiento es visco elástico [15].

La intención generalizada en los diseños mecánicos desde el punto de vista de la tribología, es reducir al máximo, las fuerzas de fricción.

2.2.8.3 Causas de la fricción

Ninguna superficie metálica es completamente lisa; aún superficies con acabados que se aproximan a la perfección presentan asperezas cuando se examinan en un microscopio. Las diminutas protuberancias en una superficie interfieren el movimiento relativo de dos cuerpos cuando rozan entre sí dando origen a la fricción al tratar de entrelazarse y agarrarse.

2.2.8.4 Características de las superficies.

Generalmente, una superficie no es totalmente limpia, incluso en el vacío. Algunos de los fenómenos que pueden producirse en las superficies se explican brevemente a continuación:

a) La Segregación

Produce cambios en la fricción cuya naturaleza afecta las propiedades mecánicas, superficiales, la formación de películas de óxido, la adhesión, etc.

b) La Reconstrucción

Altera sustancialmente el coeficiente de fricción, debido a que la micro estructura es alterada debido a diferentes factores como por ejemplo el cambio de temperatura el cual puede producir un temple en la superficie reconstruida, otro factor puede ser el cambio dimensional del elemento reconstruido lo cual puede llevar a cambios en la tolerancia, también la deformación es otro factor que afecta

pues al momento de reconstruir un elemento se pierde la concéntrica del elemento.

c) La Absorción Química

Puede ocurrir en superficies muy limpias, este absorbe las moléculas de agua del medio ambiente, carbono o compuestos de este, también derivados de la atmósfera. La cantidad y el grado de recubrimiento superficial y la naturaleza de las moléculas absorbidas afectan mucho la adhesión entre dos superficies, con lo cual influyen en forma directa el comportamiento de la fricción.

d) La formación de compuestos químicos

Esta tiene lugar cuando una superficie entra en contacto con un sólido diferente, un gas, o una especie absorbida químicamente. En un contacto mecánico, la superficie adquiere rápidamente, una capa de óxido o hidróxido debido a reacciones con el aire o la humedad ambiente.

Cuando la superficie de un sólido es expuesta al aire, se forma una película por la absorción de moléculas de oxígeno y vapores de agua. En materiales nobles, el espesor de ésta es del orden de algunos nanómetros. Pero en metales reactivos, se producen reacciones químicas, que conducen inexorablemente una capa de óxido, la cual crece rápidamente con el incremento de la temperatura.

En virtud de que las superficies han sido maquinadas o abraidas mecánicamente y pulidas, se crea por debajo de esta una capa de óxido, una región del metal “madre”, deformada por trabajo mecánico, se le conoce como Zona Belby; la cual está constituida por una “pasta chiclosa” de metal, óxido metálico y polvo o areniscas, presentando un rompimiento, frecuente, de la estructura cristalina, siendo muy diferente del volumen o bulto del material. Debajo de ésta, descansa una franja de material, llamada zona endurecida por trabajo o zona trabajada, si bien es parte integral del componente o espécimen, ha sido severamente deformada por los esfuerzos cortantes, generados ya sea por el maquinado superficial o por la abrasión; extendiéndose varios micrones hacia volumen o bulto del sólido, como se muestra en la figura 2.7.

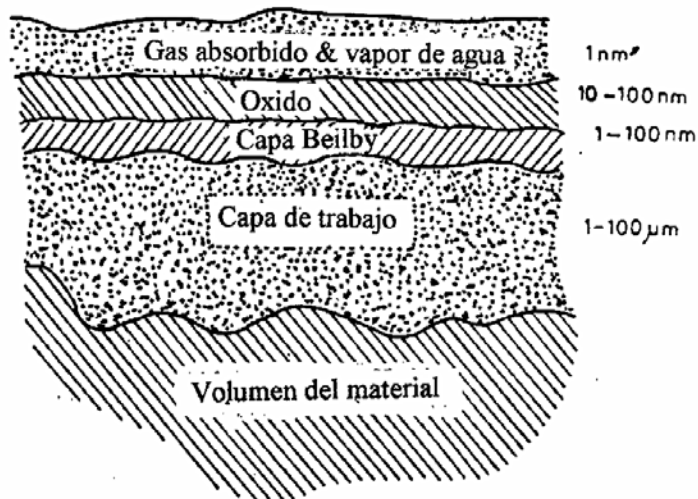


Figura 2.7 Representación esquemática de una superficie metálica pulida.

Fuente: Gallardo E., 2002, Pp. 23, 52.

2.2.8.5 Tipos de fricción externa

Dependiendo del movimiento relativo:

a) Fricción de deslizamiento

Se presenta durante el movimiento relativo tangencial de los elementos sólidos en un sistema tribológico.

b) Fricción de rodamiento

Se presenta durante el movimiento relativo de rodadura entre los elementos sólidos de un sistema tribológico.

c) Fricción de rotación

Se presenta durante el movimiento relativo de rotación entre los elementos sólidos de un sistema tribológico.

Dependiendo de las condiciones de contacto:

a.- Fricción Estática. Pérdida de energía mecánica al inicio y al final del movimiento relativo tangencial entre dos zonas materiales en contacto.

b.- Fricción Móvil. Pérdida de energía mecánica durante el movimiento relativo de zonas materiales en contacto.

c.- Fricción de Choque. Pérdida de energía mecánica al inicio y al final del movimiento relativo normal (perpendicular) entre zonas materiales en contacto.

2.2.8.6 Estados de fricción

a) Fricción metal-metal

La fricción metal-metal es un estado de fricción que se presenta en diferentes 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. La fricción metal-metal no siempre se debe evitar. Hay casos en donde es imprescindible que ocurra, como por ejemplo en las líneas de ferrocarril, en donde es necesario que las superficies estén completamente exentas de algún tipo de lubricante para poder rodar y frenar rápidamente.

b) Fricción Pura

“Es un estado de fricción en el cual el sistema tribológico está constituido por dos elementos que corresponden a los materiales base. La fricción pura raras veces se encuentra en la práctica industrial y por lo general, se obtiene 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 pura varía entre 0,8 a 10 y más [19].

c) Fricción Solida

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.

d) Fricción Fluida

Estado de fricción en el cual el sistema tribológico está constituido por tres elementos, presentando uno de ellos propiedades líquidas. La obtención de la fricción fluida está condicionada a la existencia de un lubricante líquido que separa las superficies de los elementos sólidos, que constituyen el sistema tribológico.

e) Fricción Hidrodinámica

Estado de fricción en el cual las condiciones hidrodinámicas se logran a través del movimiento relativo del par friccionante, cuando se encuentra sometido a ciertas condiciones de velocidad y de carga. En este estado de fricción juega un papel muy importante la viscosidad del lubricante empleado.

f) Fricción Hidrostática

Es un estado de fricción que se presenta en aquellos mecanismos que giran a bajas velocidades y que soportan grandes cargas y donde, para formar la película hidrodinámica, es necesario inyectar aceite a presión antes y durante el movimiento del mecanismo.

g) Fricción Gaseosa

Estado de fricción en el cual el sistema tribológico está constituido por tres elementos y uno de ellos presenta propiedades gaseosas. Dentro de la fricción gaseosa, una de las formas más difundidas es la que utiliza aire como elemento gaseoso y este separa las superficies de los elementos sólidos, que constituyen el sistema tribológico. La fricción aerodinámica se logra a través del movimiento relativo de los elementos sólidos, mientras que la aerostática se alcanza por medio de una presión exterior.

h) Fricción Mixta

Es un estado de fricción integrado por lo menos por dos estados de fricción, que se presentan simultáneamente en un sistema tribológico. La fricción mixta, formada 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 (lubricación elasto-hidrodinámica). Durante la fricción mixta, las propiedades de los materiales, que constituyen la unión, juegan un papel de primer orden.

2.2.8.7 Fricción adhesiva

Cuando dos sólidos se llevan al contacto mecánico, a través de una carga, las superficies de éstos, no son totalmente planas ni están perfectamente pulidas, existen asperezas en cuyas partes superiores se localizan sus crestas. Al realizar el contacto mecánico, tiende a unirse por soldadura en frío. La aparición de nuevos puntos de interacción permite que el área de contacto real se incremente, soportando elásticamente a la carga. En estas condiciones, para un material ideal elástico plástico [20], se tiene:

$$W = A_r P_c \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Dónde:

- W = carga normal aplicada
- A_r = área real de contacto
- P_c = presión de cedencia del material más blando.

Esta es aproximadamente similar a la dureza H del mismo, esto es:

$$W = A_r H \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Como consecuencia de la severa deformación plástica, las uniones tienden a adherirse entre sí, formando lo que se conoce como amarres adhesivos.

En la tabla 2.1 se presentan valores numéricos del Coeficiente de Fricción adhesiva (μ_{adh}), cuando un par de sólidos se deslizan en seco.

Tabla 2.1 Coeficientes de rozamiento de algunos metales.

Metal	μ
Acero suave	0.55-0.8
Aluminio	0.5
Cobre	0.8

Tabla 2.2 Coeficientes de rozamiento de algunos metales (Continuación)

Cadmio	0.4
Indio	2.0
Plomo	1.2
Fundición gris	0.4

Fuente: Bowden F. P. 1964. Pp 337

La μ_{adh} , depende únicamente de las propiedades del sólido más blando del par, es decir es independiente del material del contracuerpo. Esto es difícil de aceptar, dado que por la experiencia muestra que ambos cuerpos ejercen una influencia directa en dicho coeficiente; cuyo valor en condiciones atmosféricas normales es, frecuentemente, mayor a 0.2. Es importante observar que si el deslizamiento del par se realiza en condiciones de alto vacío, los valores de μ_{adh} se disparan, debido a que las caras se adhieren impidiendo un adecuado deslizamiento.

2.2.8.8 Desgaste

El desgaste es considerado como un fenómeno tribológico, que se presenta cuando un material es removido o indeseablemente desplazado por el efecto que se produce entre superficies interactuantes, que se encuentran sometidas a una carga, en contacto y en movimiento relativo [21]. Este movimiento puede ser en una sola dirección o de balanceo, ya sea deslizándose o de manera rodante, existiendo la posibilidad de que se presente una combinación de los dos últimos movimientos.

2.2.8.9 Tipos de desgaste.

Burnwell, J. T. 1957, clasificó el desgaste en cinco tipos, que expuso en un artículo publicado en la revista *Wear* [22]:

- Desgaste Adhesivo
- Desgaste Abrasivo
- Desgaste por Fatiga
- Desgaste Corrosivo
- Desgaste por erosión y cavitación

A continuación, se presentan las micrografías obtenidas por microscopía de barrido electrónico, de los tipos de desgaste antes mencionados en el orden respectivo.

a) **Desgaste Adhesivo**

La naturaleza del desgaste hace que el desgaste adhesivo este siempre presente en mayor o menor grado en las uniones de rozamiento. En la práctica de ingeniería se conoce también con los nombres de: desgaste por frotamiento; rayado adhesivo; gripado; agarrotamiento; agripamiento; tales denominaciones se deben a la intensidad del desgaste, estados de las superficies desgastadas y tipos de elementos de máquina. El desgaste adhesivo está presente en los siguientes elementos de máquinas: cojinetes de deslizamiento; transmisiones por engranes y tornillo sin-fin; guías de deslizamiento; levas; grupos pistón – aro -cilindro; etc. estos es mostrado en la figura 2.8.



Figura 2.8 Micrografía que muestra el daño dominante por fractura típica de Desgaste Adhesivo Severo.

Fuente: ASTM HANDBOOK, 1990. Vol. 18, Friction, Lubrication, and Wear Technology, USA

b) **Desgaste Abrasivo**

Cuando partículas o asperezas duras penetran en una de las superficies de la interface de deslizamiento; ocasionan deformación plástica severa y/o arrancan virutas o cortan la superficie, provocando daño superficial y/o desgaste severo, como el observado en la figura 2.9.

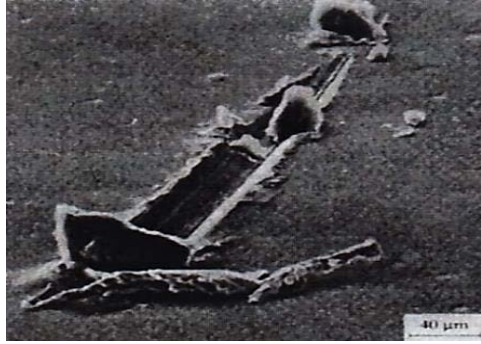


Figura 2.9 Micrografía que muestra la formación de virutas por una partícula abrasiva.

Fuente: ASTM HANDBOOK, 1990. Vol. 18, Friction, Lubrication, and Wear Technology, USA

c) **Desgaste por Fatiga**

El desgaste de la superficie por fatiga se presenta cuando el golpeteo producido por cargas y descargas constantes establecen una tensión cíclica la cual finalmente forma grietas en la superficie o debajo de la superficie.

Transcurrido el tiempo, esta superficie se llega a romper causando la pérdida de grandes fragmentos y dejando concavidades. Cabe mencionar que el desgaste por fatiga ocurre únicamente donde el desgaste abrasivo y el adhesivo no están presentes.

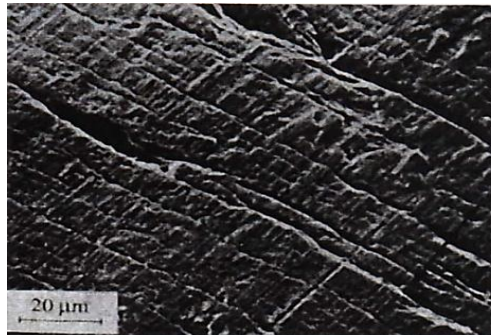


Figura 2.10 Micrografía que muestra la fractura por fatiga de un Acero para Herramienta.

Fuente: (DI). (ASTM HANDBOOK, Vol. 18, Friction, Lubrication, and Wear Technology, USA 1990.)

d) **Desgaste Corrosivo**

Se produce por el ataque químico de:

- a) Los ácidos débiles formados en el proceso de degradación química del aceite, produciendo un desgaste lento.

- b) La contaminación del aceite lubricante con agua o con ácidos del medio ambiente, producen un desgaste crítico.
- c) Los ácidos fuertes producto de la descomposición del aceite cuando está sometido a altas temperaturas.

Tanto los ácidos débiles como los fuertes dan lugar a la formación del corrosivo ácido sulfúrico. Este desgaste se puede evitar si el aceite se cambia dentro de los intervalos recomendados.

El desgaste corrosivo se manifiesta al inicio de color amarillo y luego rojizo de las superficies metálicas, seguido del desprendimiento de pequeñas partículas que cada vez aumentan su concentración hasta que finalmente causan desgaste por erosión y por abrasión.

Los pequeños cráteres que dejan las partículas que se desprenden, van formando grietas al unirse, y producen finalmente la rotura de las piezas, como se muestra en la figura 2.11.

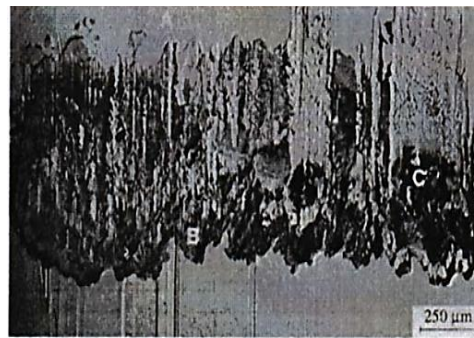


Figura 2.11 Micrografía que muestra el daño por corrosión y por deformación plástica.

Fuente: ASTM HANDBOOK, 1990. Vol. 18, Friction, Lubrication, and Wear Technology, USA

e) Desgaste por Erosión

Según [ZUM GAHR, 1978], el desgaste erosivo se presenta en la superficie de los cuerpos, resultado del impacto de partículas sólidas, líquidas o gaseosas que los impactan. Estas partículas pueden actuar solas o de manera combinada. La erosión afecta muchos materiales de ingeniería, especialmente elementos que componen maquinaria usada en la industria minera y en general toda pieza que sea impactada por cualquier tipo de partícula. Las partículas que causan el desgaste erosivo

pueden estar en ambientes secos o húmedos pudiendo actuar en forma muy variadas tal como se muestra en la figura 14. Cuando el medio de trabajo es húmedo (por ejemplo, un medio con agua y partículas de arena), la erosión y la corrosión son fenómenos que actúan en forma sinérgica, provocando la degradación acelerada de los materiales, como muestra la figura 2.12.



Figura 2.12 Micrografía que muestra fractura frágil por erosión de partículas sólidas en una superficie de Al_2O_3 ,

Fuente: ASTM HANDBOOK, 1990. Vol. 18, Friction, Lubrication, and Wear Technology, USA

f) **Desgaste por Cavitación**

Es la repetida formación, crecimiento y colapso violento de cavidades o burbujas de aire en un líquido, como se observa en la figura 2.13.



Figura 2.13 Aluminio expuesto a cavitación vibratoria durante 40 seg.

Fuente: ASTM HANDBOOK, 1990. Vol. 18, Friction, Lubrication, and Wear Technology, USA

2.2.8.10 Proceso de desgaste adhesivo

“El desgaste adhesivo comienza cuando asperezas o puntos elevados muy pequeños en superficies móviles hacen contacto entre ellos y generan calor de

fricción hasta que uno de los puntos elevados se adhiere al otro y se separa de la superficie en la que estaba originalmente.

El desgaste adhesivo, es comúnmente el primer mecanismo que actúa en los casos prácticos de desgaste, donde se crean partículas de alta dureza, que rápidamente son oxidadas y por ello, de gran poder abrasivo.

La magnitud del desgaste es directamente proporcional a la carga y a la distancia recorrida por las superficies, e inversamente proporcional a la dureza de la superficie del material donde se genera el desgaste. De igual forma, el material que es transferido de una superficie a otra, puede ser removido, posteriormente como residuo de desgaste. Existen dos tipos de desgaste adhesivo:

1. Desgaste adhesivo suave.
2. Desgaste adhesivo severo.

2.2.8.11 Desgaste adhesivo suave.

El desgaste adhesivo suave se presenta en superficies metálicas limpias, que permiten la adhesión o la fusión de las mismas. Bajo condiciones atmosféricas normales, todas las superficies metálicas son cubiertas por una capa de gases absorbentes de vapores o de productos de reacciones químicas, que se fijan en la superficie de estos; por lo que la oxidación que se forma, es generalmente muy delgada, fácilmente penetrable por las asperezas de la contra cara, lo que permite que estas se adhieran fuertemente a la superficie opuesta.

Por otra parte, una película delgada de óxido de pobre adhesión, se presenta produciendo residuos formados de óxidos. Esto, frecuentemente ocurre como resultado de las cargas moderadas a las que se someten los materiales. El desgaste suave, puede iniciarse cuando los materiales tienen pobre adhesión, independientemente si las películas de óxidos son formadas, como sucede con aceros endurecidos en materiales no metálicos o superficies con tratamientos térmicos.

2.2.8.12 Desgaste adhesivo severo

El desgaste severo se origina como consecuencia de las grandes cargas y/o velocidades a las que son sometidas las superficies que se deslizan. Este, se caracteriza porque no forma ninguna capa de óxido fino en la superficie desgastada, por el contrario aparecen residuos de desgaste un tanto densos. A medida que se incrementa la carga, la razón de ambos (suave y severo) también se incrementa.

Por otra parte, cuando las superficies se someten a elevadas cargas o a grandes velocidades, la temperatura tiende a incrementarse, por lo que la película de óxido puede nuevamente predominar y generar un efecto de transición inverso, de desgaste severo a suave.

Como se trata solamente de puntos muy pequeños, este proceso se llama soldadura microscópica. Si se continúa la operación de ese componente, el contacto entre las superficies aumenta y áreas más amplias pueden fundirse y adherirse. Las temperaturas de adhesión pueden elevarse en cuestión de segundos cuando las superficies están muy cargadas.

2.2.8.13 Soldadura microscópica

Durante el desgaste adhesivo, las superficies entran físicamente en contacto y puntos elevados muy pequeños hacen contacto, generan calor y se sueldan microscópicamente. Debido a que con mucha frecuencia falta lubricante, se sigue acumulando calor hasta que se produce un fundido y una adhesión más generalizada, si se permite que continúe la operación bajo condiciones severas de desgaste adhesivo, aumenta el contacto y áreas más amplias pueden fundirse y adherirse.

2.2.8.14 Condiciones que hacen posible el desgaste adhesivo

La naturaleza del desgaste hace que el desgaste adhesivo este siempre presente en mayor o menor grado en las uniones de rozamiento. En la práctica de ingeniería se conoce también con los nombres de: desgaste por frotamiento; rayado adhesivo; gripado; agarrotamiento; agripamiento; tales denominaciones se deben a la

intensidad del desgaste, estados de las superficies desgastadas y tipos de elementos de máquina. El desgaste adhesivo está presente en los siguientes elementos de máquinas: cojinetes de deslizamiento; transmisiones por engranes y tornillo sin-fin; guías de deslizamiento; levas; grupos pistón – aro -cilindro; etc.

Las condiciones que hacen posible el desgaste adhesivo son:

- Problemas de las piezas.
- Problemas del montaje.
- Problemas de lubricación.
- Velocidad excesiva.
- Cargas excesivas.

Para que una unión adhesiva se forme, las superficies que actúan recíprocamente deben estar en contacto íntimo. La fuerza de estas uniones depende en mayor grado de la naturaleza fisicoquímica de las superficies puestas en contacto. Se pueden identificar tres tipos de desgaste adhesivo, según su mecanismo; por fatiga, elástico y por micro corte; además, estos se pueden presentar en dos cuerpos o en tres cuerpos.

El volumen de material removido por el proceso de desgaste adhesivo puede ser estimado con el modelo propuesto por Archard [¹].

$$V = \left(\frac{KLP}{3H} \right) \qquad \text{Ecuación 2.3}$$

Dónde:

- **V** = Pérdida volumétrica del material después del deslizamiento a una distancia L.
- **P** = Carga normal a la superficie de desgaste.
- **H** = Dureza del material
- **K** = Coeficiente adimensional de desgaste estándar.

¹ Archard, J.F. 1953, Contact and Rubbing of Flat Surfaces. Journal Applications Physics Vol. 24. The Archard wear equation is a simple model used to describe sliding wear and is based around the theory of asperity contact.

La distancia de deslizamiento puede ser calculada según la expresión:

$$L = 2 * \pi * r * R \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Dónde:

- **R** = Revoluciones a las cuales gira la máquina
- **r** = el radio de la probeta en milímetros.

Para valores conocidos de *V*, *L*, *P* y *H*, el coeficiente de fricción *K* se puede calcular según la ecuación (2.3). Para un material en particular puede apreciarse que *V* puede ser calculado con la pérdida de masa en gramos y la densidad en gramos por centímetro cúbico. El coeficiente de fricción es una función de varias propiedades de los materiales en el contacto. La ecuación (2.3) es válida para contactos secos únicamente.

La pérdida por desgaste puede ser determinada midiendo el cambio de pesos o el cambio dimensional. Es necesario que un espécimen en estado de suministro u original sea pesado, y que el peso del objeto después de la exposición al desgaste sea determinado y restado del original para determinar la diferencia en el peso (es decir, el cambio de masas). La cantidad de desgaste puede ser descrita por la cantidad absoluta de pérdida de peso (en gramos), o por la tasa de pérdida de masas por unidad de uso (gramos). En la mayor parte de las normas ASTM, la unidad que se utiliza para describir el desgaste son los milímetros cúbicos de volumen, más que la masa, de modo que los materiales con densidades diferentes pueden ser comparados [23].

Mahallawi E. 2001, establece que la pérdida volumétrica de material puede ser calculada usando la siguiente expresión [24]:

$$\text{Volumen material perdido} = \left(\frac{\text{masa perdida (gr)}}{\text{densidad} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)} \right) \quad \text{Ecuación 2.5}$$

La velocidad a la cual se desgasta el material puede ser calculada según la siguiente expresión:

$$\text{Volumen de desgaste} = \frac{\text{masa perdida (gr)}}{\text{tiempo (min)}} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Los resultados de los cálculos anteriores se presentan en una curva típica de desgaste vs tiempo, como se observa en la figura 2.14. Según García A. 2005, Durante el deslizamiento seco de sistemas metal – metal, se distinguen tres etapas de desgaste [25].

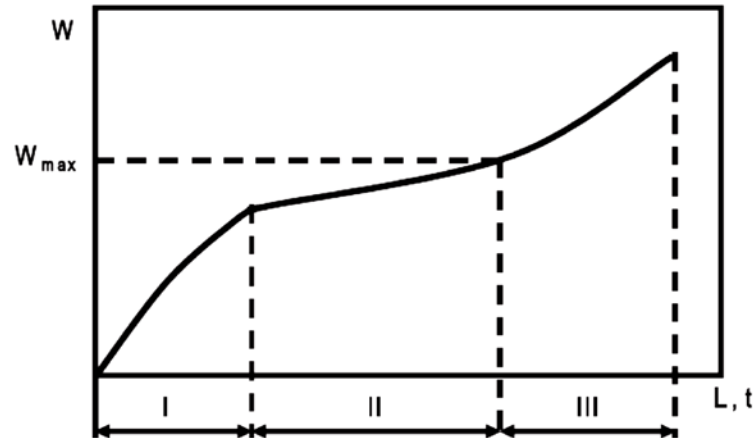


Figura 2.14 Curva típica de Desgaste vs Tiempo.

Fuente: Higuera O, Moreno C, Gutiérrez M, 2010. *Evaluación de la resistencia al desgaste adhesivo del acero austenítico al manganeso sometido a ciclos térmicos*. Universidad del Norte Colombia. pp. 151-168

Etapa I.- Mejor conocida como etapa de asentamiento; no hay equilibrio en el proceso, representa solo una pequeña porción del tiempo total de operación del par deslizante y se caracteriza por seguir una función exponencial.

Etapa II.- Es la etapa más larga y estable del proceso y se caracteriza por su régimen de desgaste lineal.

Etapa III.- Es la etapa de desgaste catastrófico; el régimen de desgaste es de incremento constante y se asume el volumen de material removido de la superficie como partículas de desgaste.

2.2.8.15 Topografía de las superficies

Es muy importante conocer la naturaleza original de las superficies a fin de comprender la interacción interfacial de las partes móviles de una maquinaria. Un aspecto importante de las superficies es saber si se encuentran libres de contaminantes u óxidos. Además, es necesario saber si una superficie es mecánicamente suave. Pero la premisa básica para comprender los mecanismos de

fricción y desgaste es saber que no existe una superficie perfectamente plana a escala microscópica.

2.2.8.16 Asperezas

“Una superficie perfectamente lisa, como la que muestra en la figura 2.15 a, nunca se obtiene mediante métodos convencionales de preparación de superficies como son el maquinado, pulido, cepillado, etc. En estos casos las superficies presentan asperezas, o sea, ondulaciones en la forma de colinas y valles.

En la figura 2.15 se puede observar que las superficies b, a, e, tienen protuberancias, todas de la misma profundidad, pero la longitud de onda es macro-geométrica como en b o micro-geométrica (figura 2.15 e). La figura 2.15 b muestra que las asperezas tienen una longitud de onda grande; este tipo de superficies se describe como lisa, pero no plana. La figura 2.15 e tiene muchas protuberancias de longitud de onda corta y esta superficie se estima plana, pero rugosa. La naturaleza de las superficies cuya rugosidad esté entre la figura 2.15 b y e se ilustra en las figuras 2.15 c y d [1].

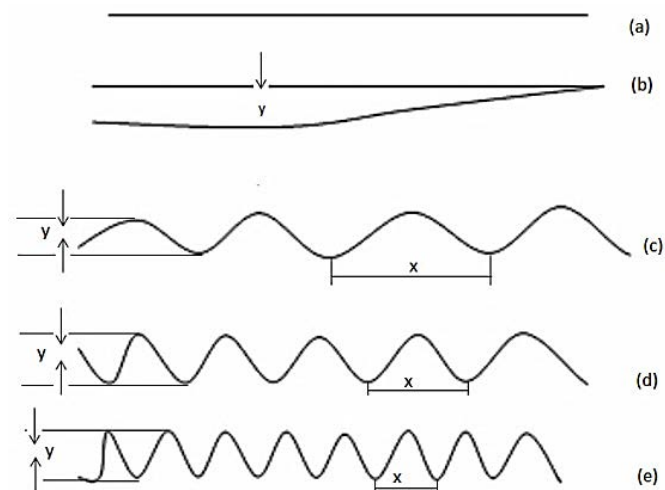


Figura 2.15 Trazos idealizados de las asperezas de una superficie que muestran la misma altura entre crestas y valles, pero diferentes longitudes de onda.

Fuente: Aguilar J. 2009

2.2.8.17 Método de prueba del desgaste o medición del desgaste

Cuando el desgaste es muy grande, el método por cambio de volumen o de masa es el apropiado, por ser sencillo y económico.

Cuando la parte desgastada es muy pequeña o insignificante, se utilizan técnicas precisas y costosas, para detectar los cambios instantáneos de volumen o de masa. Para evaluar el cambio de masa, se requiere de un equipo para la medición del peso que sea sensible, preciso y versátil, para pesar las probetas antes y después de la prueba.

La cantidad de desgaste se puede reportar como pérdida de masa (gramos) o en volumen (mm^3). Este último, se obtiene dividiendo la pérdida de masa entre la densidad del material. Una manera alterna, es la medición de los cambios de dimensiones de las partes desgastadas. Con el propósito de comparar el desgaste del material, las mediciones lineales se convierten a volumen (mm^3). Para realizar esta conversión, se emplean relaciones geométricas. La figura 2.16 muestra arreglos geométricos para la realización de pruebas de desgaste [26, 27].

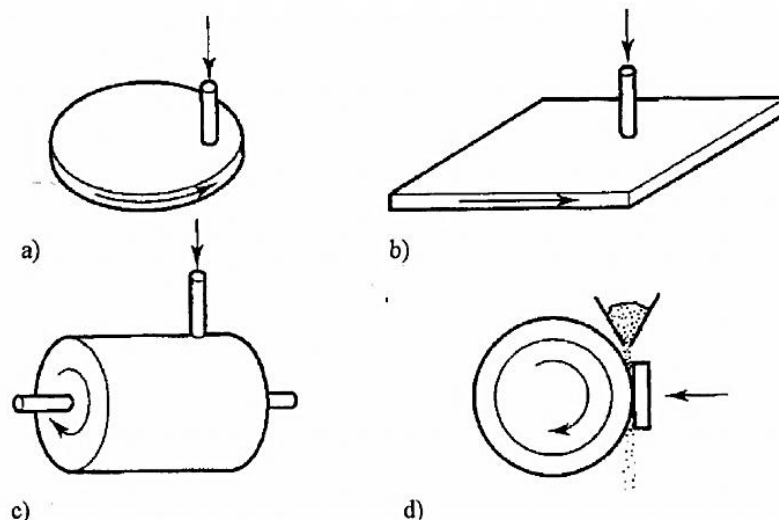


Figura 2.16 Métodos comunes para medir razones de Desgaste Abrasivo

a) Perno en disco abrasivo; b) Perno en placa abrasiva; c) Perno en cilindro abrasivo; d) Prueba de abrasión con rueda y bloque.

Fuente: Aguilar J. 2009

Existen varias normalizaciones para poder medir el desgaste mediante diferentes pruebas, como por ejemplo, ASTM, ISO, AGMA, DIN, entre otras. Pero las más usuales y que estamos familiarizados dentro de nuestro medio, e influencia de los Estados Unidos, son las ASTM; en la tabla 2.2 se muestran algunas de estas normas.

Tabla 2.3 Normas ASTM para pruebas de Desgaste Severo.

Número	Nombre
G65-94	Método estandarizado de un equipo de prueba para la medición del desgaste abrasión que usa el rueda de caucho con arena seca.
G77-97	Método estandarizado de prueba para determinar el grado de resistencia del material al desgaste por deslizamiento, en donde se utiliza el bloque sobre anillo.
G81-97	Práctica estandarizada de prueba para la abrasión con una mandíbula trituradora.
G83-96	Método de prueba normalizado para el desgaste en un aparato de cilindros cruzados.
G99-95	Método de prueba estandarizado para el desgaste, con un aparato de perno sobre disco
G117-98	Guía estandarizada para el cálculo y el reporte de medidas con precisión que usa los datos proporcionados por pruebas de desgaste y fricción de los laboratorios.
G132-96	Método estandarizado de prueba, para la comprobación de la abrasión de perno.

Fuente: www.astm.com

2.3 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

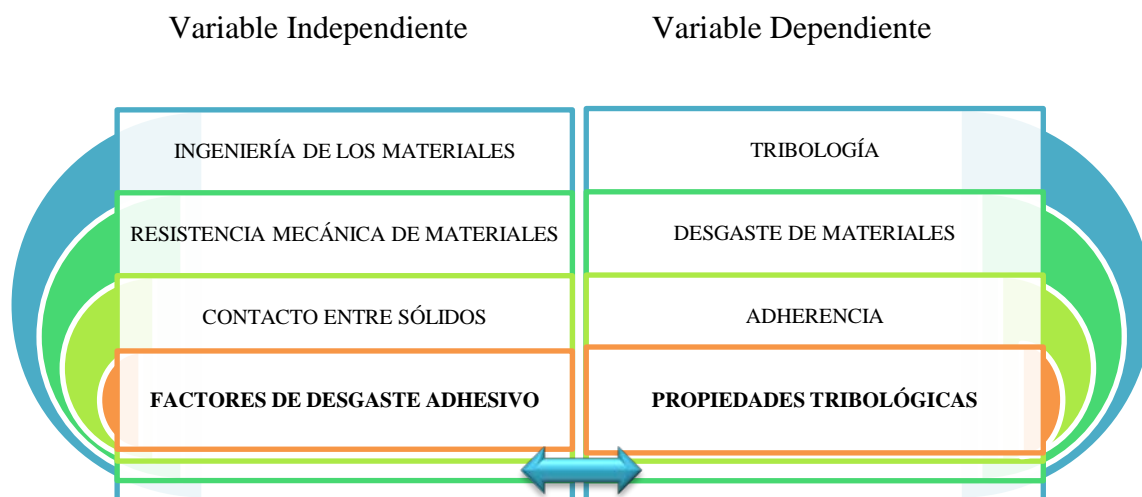
Para llevar a cabo la investigación se requiere del paradigma crítico propositivo, ya que el tema a investigar se encuentra influenciado por datos, como la determinación del desgaste adhesivo de diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340, debido a que se ha visto la necesidad de evaluar las propiedades tribológicas. Además la investigación es participativa ya que en la misma se recogerán datos de varias fuentes como textos de estudios de lubricación y desgaste, tablas de propiedades de materiales, y otros documentos como posibles alternativas de mejorar la investigación.

La investigación toma en cuenta las diferentes situaciones de desgaste adhesivo, tomando a estas como las distintas realidades a su vez para tomar acción con respecto a las mismas. La investigación es cuantitativa ya que se tomarán datos estadísticos del desgaste de los materiales con respecto al tiempo.

2.4 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Para el desarrollo de esta investigación, con el fin de evaluar el desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340, se realizara en una máquina de cilindros cruzados bajo norma técnica ASTM G83-96.

2.5 CATEGORIZACIÓN DE VARIABLES



2.6 HIPÓTESIS

La correcta evaluación de los factores de Desgaste Adhesivo de diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo norma ASTM G83, permitirá determinar las propiedades tribológicas.

2.7 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

En la presente investigación se ha identificado las siguientes variables:

Variable Independiente

Factores de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 sobre bajo Norma ASTM G83.

Variable Dependiente

Propiedades Tribológicas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

La presente investigación tiene predominantemente un enfoque Cualitativo, este método de ensayo consiste en una prueba de laboratorio para determinar el desgaste por fricción pura, entre dos materiales, durante la prueba, se va a considerar los procedimientos normalizados, donde se indica la preparación de las probetas, procedimiento de toma de lecturas, así como el análisis de los resultados.

La máquina tribológica de configuración de cilindros cruzados, cuyo procedimiento de operación se basa en la norma ASTM G 83-96, implica someter dos cuerpos cilíndricos de determinados materiales, a contacto y movimiento relativo, aplicando una carga normalizada sobre el par tribológico, al hallarse en movimiento relativo sufren desgaste, que por su naturaleza se conoce como desgaste adhesivo, también llamado desgaste deslizante que se asocia con la formación de uniones en la interface de las superficies en contacto, estas se entrelazan íntimamente y la fuerza de las uniones, depende en gran parte de la naturaleza física y química de las superficies en contacto, el mismo que es posible evaluarlo siguiendo el procedimiento de dicha norma. Los resultados dependen del grado de simulación y las características de la prueba, entre ellos está: el propósito de la misma, características de la máquina, carga aplicada, distancia de deslizamiento, velocidad de deslizamiento, propiedades de los materiales, par dinámicos de materiales, medio ambiente y habilidad del operador entre otros.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INFORMACIÓN

3.2.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizara la investigación de campo para la obtención de datos del ensayo de desgaste adhesivo bajo Norma ASTM G83-96, realizado en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica identificando las propiedades tribológicas en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340.

3.2.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se la realizo 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) que estén íntimamente ligadas con el estudio del desgaste de materiales (fuentes secundarias).

3.2.3 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

La investigación es experimental ya que se elaboraron las probetas para los ensayos de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 los que se realizaron en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

3.3 NIVELES DE INVESTIGACIÓN

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

3.3.1 INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA

Se investigó todo y cada uno de los detalles del proyecto, con el objetivo de estudiar las propiedades mecánicas como tribológicas en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96, para esto se indago cada uno de los parámetros de análisis de la hipótesis y reconociendo las variables de interés negativo que aún no han sido analizadas.

3.3.2 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Describe los pasos realizados en los ensayos en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 sobre sometidos a pruebas de desgaste adhesivo como fuente de información principal y se tubo así un respaldo de los resultados de los parámetros de desgaste adhesivo.

3.3.3 INVESTIGACIÓN CORRELACIONAL

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

3.3.4 INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA

Para poder comprobar que un análisis de los parámetros de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 que permitió determinar las propiedades tribológicas y determinar la compatibilidad de diferentes parejas de metales.

3.3.4.1 Estudio de casos

3.3.4.2 Materiales empleados para el ensayo

- Acero AISI 4340
- Bronce Dulce
- Bronce Fosfórico
- Bronce al Aluminio
- Nylon 6-A
- Hierro Fundido

3.3.4.3 Condiciones de revoluciones con relación al tiempo

- Recorrido total de prueba 1 = 80000 revoluciones.
- Recorrido total de prueba 2 = 40000 revoluciones.
- Recorrido total de prueba 3 = 20000 revoluciones.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 POBLACIÓN

Para el presente estudio, la población se tomó como el número máximo de ensayos, para para calcular un tamaño pequeño de la muestra (2-10) de acuerdo a lo establecido en la página 5, de la Norma ASTM G83-96, entonces para nuestro estudio tomamos un valor de 10 para la población.

3.4.2 MUESTRA

Para determinar el tamaño de la muestra, la Norma ASTM G83-96 en su literatura de la página 4 estable un error máximo del 30% para el valor del coeficiente de variación entre ensayos, de la misma forma de la página 5, literal (X1.4) de la Norma ASTM G83-96, establece que para un tamaño pequeño de muestras (2-10) las valores de la desviación estándar tendrán mayor precisión.

Entonces

$$n = \frac{N}{E^2(N-1)+1} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Dónde:

- n = Tamaño de la muestra
- N = Población
- E = Error de muestreo

Entonces:

$$n = \frac{10}{0.3^2(10 - 1) + 1}$$

$$n = 6$$

El número de ensayos consiste en una combinación de 5 materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 para tres procedimientos (A, B, C), como muestra la tabla 3.1

Tabla 3.1 N° de combinaciones de pares tribológicos

Par Tribológico # 1	Par Tribológico # 2	Par Tribológico # 3
Bronce Dulce Con Acero AISI 4340	Nylon 6-A con Acero AISI 4340	Bronce Fosfórico con Acero AISI 4340
Par Tribológico # 4	Par Tribológico # 5	
Bronce al Aluminio con Acero AISI 4340	Hierro Gris 2P con Acero AISI 4340	

Fuente: Autor

En total el número de ensayos serán:

DE ENSAYOS = (Condiciones de Velocidad) * (N° de combinaciones de pares tribológicos) * (Tamaño de muestra (n))

DE ENSAYOS = 3 * 5 * 6

DE ENSAYOS = 90

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Se realizó con el fin de comprobar la hipótesis, y pasar de un plano abstracto a un plano concreto mediante un proceso de deducción lógica, como podemos observar en las tablas 3.2, y 3.3.

3.5.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Factores de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83.

Tabla 3.2 Operacionalización de la Variable Independiente

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Índice	Técnicas Instrumentos
<p>Este método de ensayo describe un ensayo de laboratorio para determinar la resistencia de los materiales metálicos a desgaste metal-metal producido en un aparato de cilindro cruzado.</p> <p>La intención de este método de ensayo es producir datos reproducibles que ocupará el material a su resistencia al desgaste y evaluar la compatibilidad de las parejas de metales diferentes.</p>	Factores de desgaste adhesivo bajo norma ASTM G83-96	Velocidad	0-800 (r.p.m.) +/- 2%	<p>T: Observación</p> <p>I: Ficha de observación.</p>
		Carga	71,2 (N) +/- 3%	<p>T:Observación</p> <p>I: Ficha de observación</p>
		Duración	100 (min)	<p>T:Observación</p> <p>I: Ficha de observación</p>

Fuente: Autor

3.5.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

Propiedades Tribológicas.

Tabla 3.3 Operacionalización de la Variable Dependiente

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Índice	Técnicas Instrumentos
La tribología se refiere a las interacciones entre dos superficies en contacto que se muestran en movimiento relativo y como consecuencia se producen fenómenos como la fricción y el desgaste que se definen como las propiedades tribológicas de los materiales.	Coeficiente de Desgaste	Volumen de desgaste (V)	0,1 - 6 mm ³ /min	T: Observación I: Ficha de observación
	Coeficiente de Fricción	Coeficiente de Fricción (K)	0.2 8 E-7	T: Observación I: Ficha de observación

Fuente: Autor

3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Las técnicas empleadas para la recolección de información en el proceso de investigación son las siguientes:

3.6.1 OBSERVACIÓN DIRECTA

Debido a que se estar en contacto con el objetivo de estudio en el laboratorio de ciencias de los materiales de la faculta de ingeniería civil y mecánica de la universidad técnica de Ambato pues cuenta con los equipos necesarios para realizar la investigación

3.6.2 DATOS BIBLIOGRÁFICOS

Estos datos se obtuvieron mediante la investigación documentada ya sea en libros, documentos técnicos, internet, etc. de las propiedades tribológicas que se está investigando.

3.7 PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.7.1 PLAN QUE SE EMPLEARA PARA PROCESAR LA INFORMACIÓN RECOGIDA:

La norma técnica ASTM G83-96 estandariza el ensayo de desgaste con una máquina de cilindros cruzados. El ensayo consiste en realizar una prueba de laboratorio para determinar el desgaste por fricción de dos materiales.

El ensayo puede realizarse para materiales iguales o diferentes, cuando la probeta estática y la rotativa son del mismo material, los resultados del ensayo de desgaste, son reportados como el volumen total perdido, en mm^3 , por el cilindro rotatorio y el estático. El valor es obtenido por la adición del volumen perdido por el miembro en rotación al volumen perdido por el miembro estático. Materiales de alta resistencia al desgaste, tendrán poca pérdida de volumen.

3.7.2 PLAN DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Antes y después de realizar los ensayos se tomó los pesos individuales de cada una de las probetas, mediante el uso de una balanza analítica, y se midió la velocidad, e número de ciclos, y el tiempo total de la prueba, siendo estas variables determinantes en el cálculo del coeficiente de fricción, adicionalmente se evaluó las pérdidas parciales de masa del par tribológico después la prueba para obtener las datos de desgaste que indican el comportamiento del par tribológico.

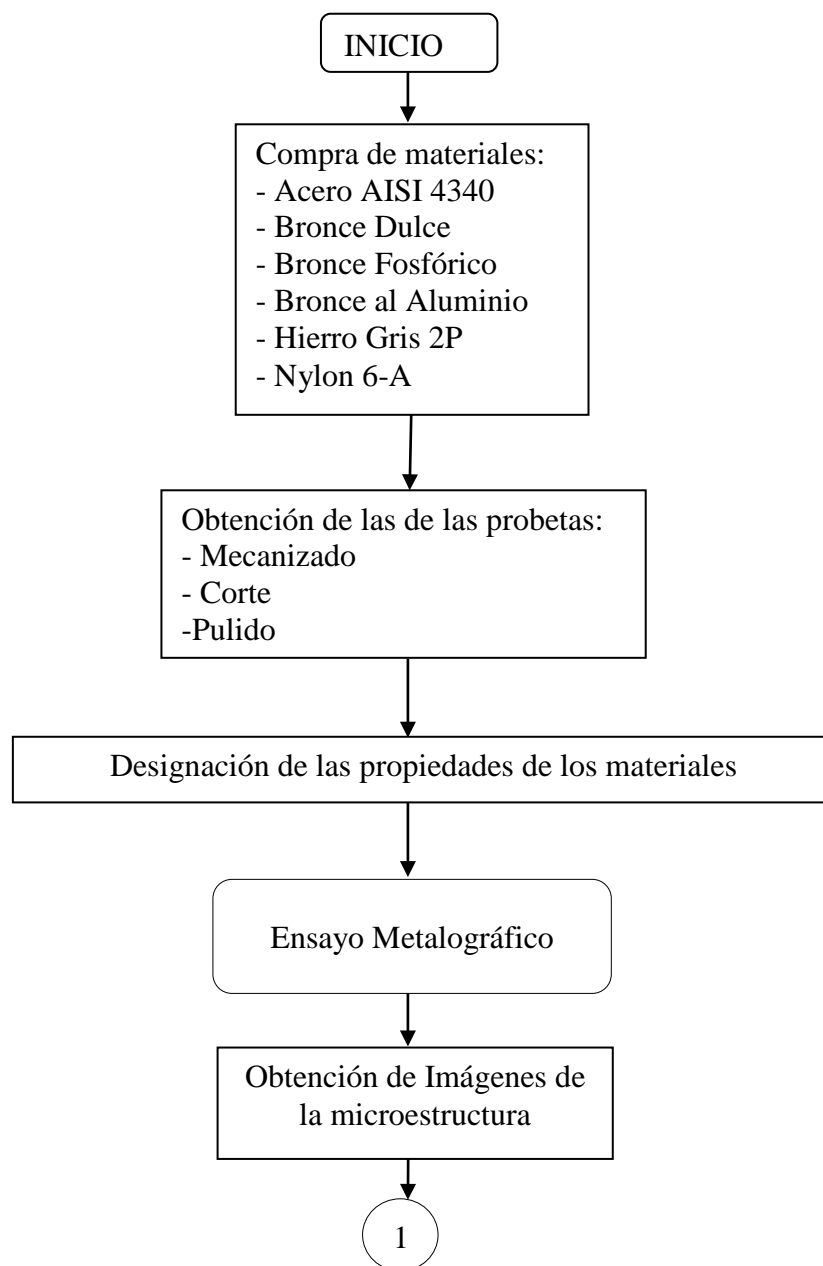
Mediante el desarrollo de las pruebas se pudo determinar el desgaste total, el tiempo real del ensayo, la distancia deslizada, el volumen de material perdido, y el coeficiente de fricción.

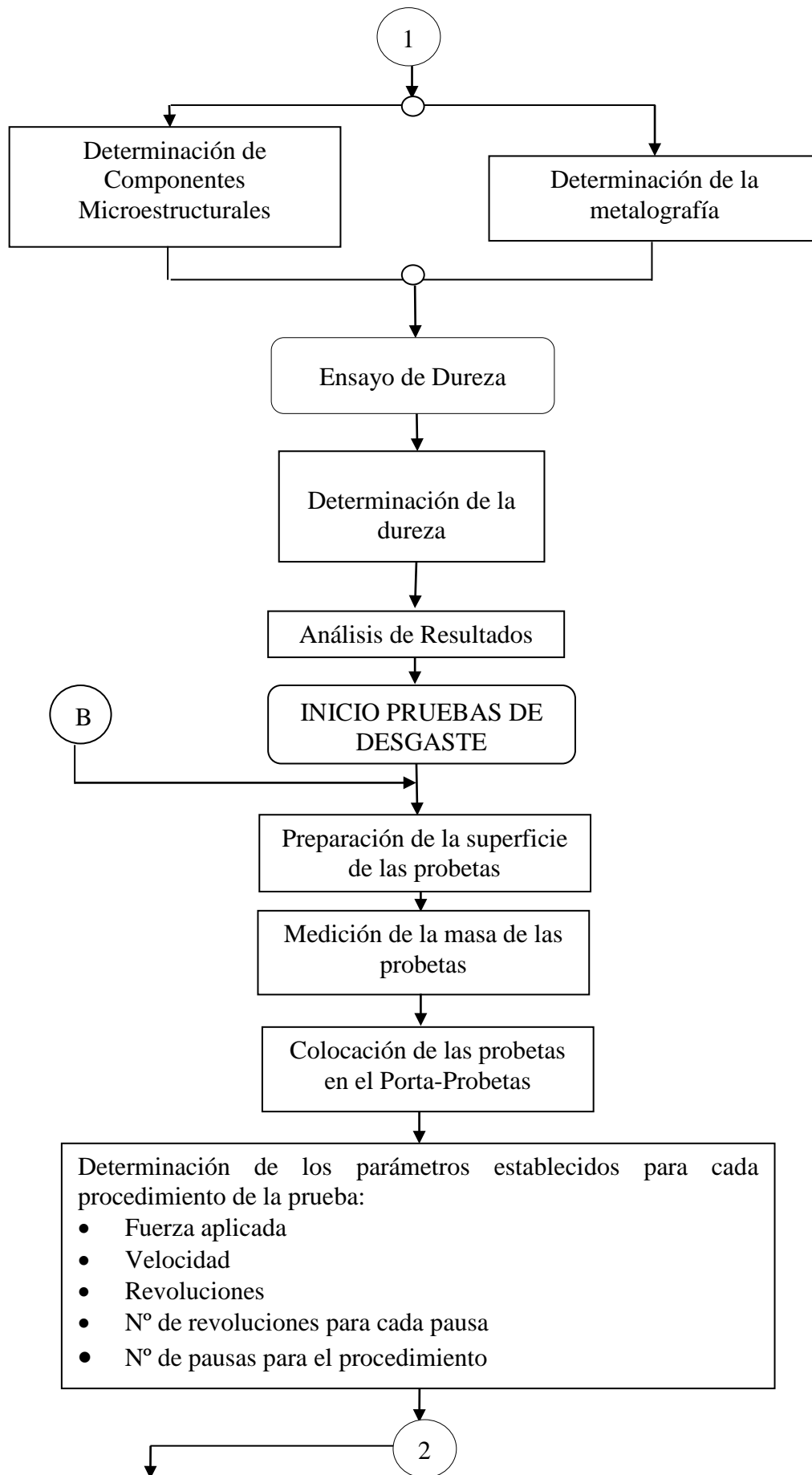
CAPÍTULO IV

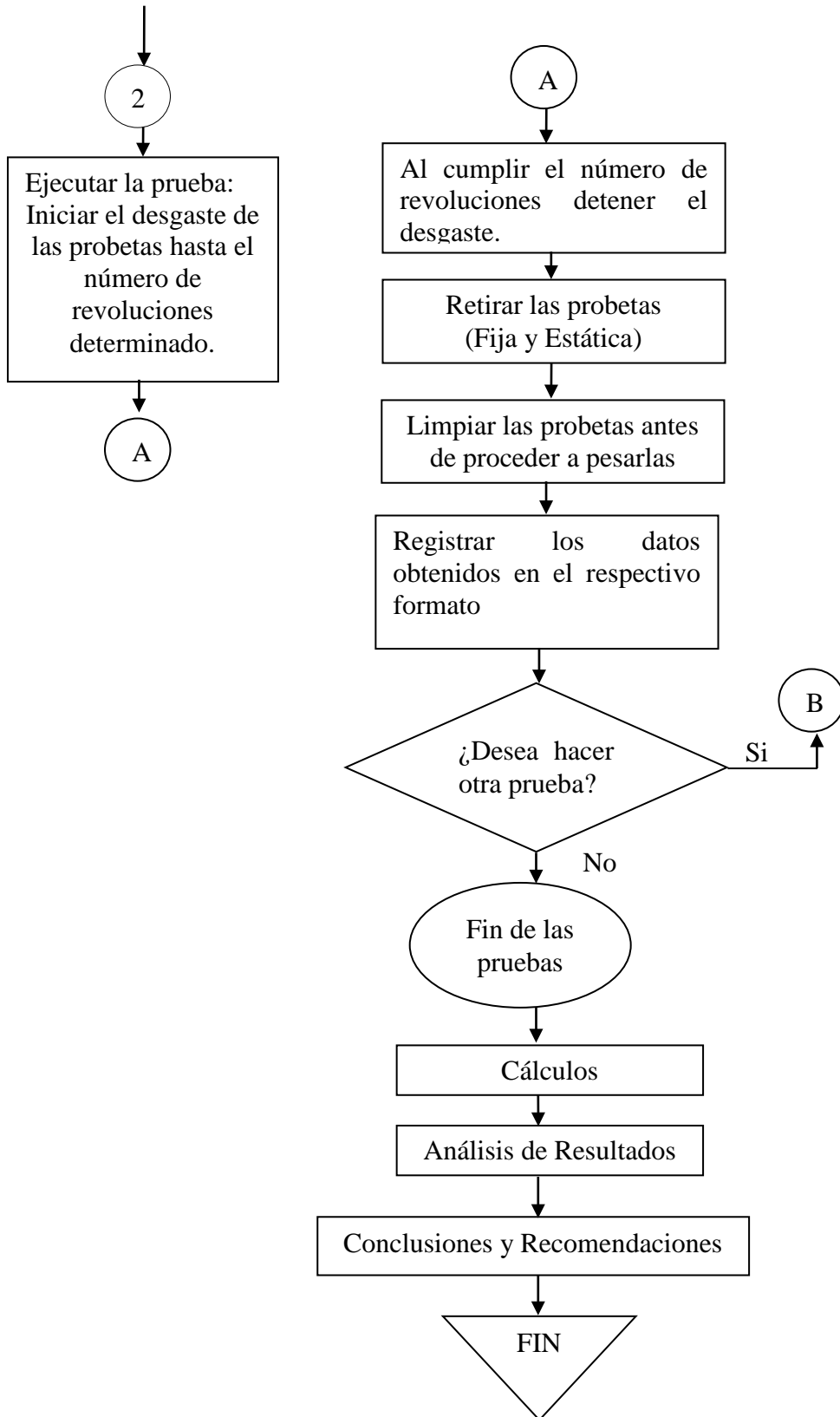
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.1 PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS







4.1.2 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados de los ensayos de desgaste adhesivo bajo Norma ASTM G83-96, realizados en Materiales Antifricción (Bronce Dulce, Nylon 6-A, Bronce Fosfórico, Bronce al Aluminio, Hierro Gris 2P) sobre el Acero AISI 4340, que se encuentran en formatos establecidos para indicar los datos y resultados de los ensayos realizados.

Se realizó los ensayos de desgaste adhesivo en pares tribológicos formados por un material antifricción con el Acero AISI 4340 de acuerdo a la Norma ASTM G83-96, como muestra la tabla (4.1) para lo cual se realizaron ensayos de Dureza y Metalográficos de cada material como viene de fábrica, como muestra la tabla 4. 2 y 4.3 respectivamente.

Tabla 4.1 Pares tribológicos para el Ensayo de Desgaste Adhesivo bajo Norma ASTM G83-96.

Pares tribológicos		
Bronce Dulce (Latón)	Sobre	Acero AISI 4340
Nylon 6-A		Acero AISI 4340
Bronce Fosfórico SAE-65		Acero AISI 4340
Bronce al Aluminio		Acero AISI 4340
Hierro Gris 2P.		Acero AISI 4340

Fuente: Autor

Tabla 4.2 Probetas para el Ensayo Metalográfico de los materiales como viene de fábrica:

Material	Nº de probeta
Acero AISI 4340	M-A-01
Bronce Dulce	M-B-02
Bronce Fosfórico	M-C-03
Bronce al Aluminio	M-D-04
Hierro Gris 2P	M-E-05
Nylon 6-A	M-F-06

Fuente: Autor

Tabla 4.3 Probetas para el Ensayo de Dureza de los materiales como viene de fábrica:

Material	Nº de probeta
Acero AISI 4340	D-A-01
Bronce Dulce	D-B-02
Bronce Fosfórico	D-C-03
Bronce al Aluminio	D-D-04
Hierro Gris 2P.	D-E-05
Nylon 6-A	D-F-06

Fuente: Autor

Tabla 4.4 Probetas para el ensayo de Desgaste Adhesivo bajo norma ASTM G83-96.

Material	Nº de probetas por cada material
Acero AISI 4340	90
Bronce Dulce	18
Nylon 6-A	18
Bronce Fosfórico	18
Bronce al Aluminio	18
Hierro Gris 2P.	18

Fuente: Autor

Tabla 4.5 Ensayo N° 1.- Bronce Dulce (Latón), sobre el Acero AISI 4340.

Material Antifricción	Procedimiento	Probetas N°					
Bronce Dulce (Latón)	A	1A-1	1A-2	1A-3	1A-4	1A-5	1A-6
	B	1B-1	1B-2	1B-3	1B-4	1B-5	1B-6
	C	1C-1	1C-2	1C-3	1C-4	1C-5	1C-6
Material Base	Procedimiento	Probetas N°					
Acero AISI 4340	A	1A-1	1A-2	1A-3	1A-4	1A-5	1A-6
	B	1B-1	1B-2	1B-3	1B-4	1B-5	1B-6
	C	1C-1	1C-2	1C-3	1C-4	1C-5	1C-6

Fuente: Autor

Tabla 4.6 Ensayo N° 2.- Nylon 6-A, sobre el Acero AISI 4340.

Material Antifricción	Procedimiento	Probetas N°					
Nylon 6-A	A	2A-1	2A-2	2A-3	2A-4	2A-5	2A-6
	B	2B-1	2B-2	2B-3	2B-4	2B-5	2B-6
	C	2C-1	2C-2	2C-3	2C-4	2C-5	2C-6
Material Base	Procedimiento	Probetas N°					
Acero AISI 4340	A	2A-1	2A-2	2A-3	2A-4	2A-5	2A-6
	B	2B-1	2B-2	2B-3	2B-4	2B-5	2B-6
	C	2C-1	2C-2	2C-3	2C-4	2C-5	2C-6

Fuente: Autor

Tabla 4.7 Ensayo N° 3.- Bronce Fosfórico SAE-65, sobre el Acero AISI 4340.

Material Antifricción	Procedimiento	Probetas N°					
Bronce Fosfórico SAE-65	A	3A-1	3A-2	3A-3	3A-4	3A-5	3A-6
	B	3B-1	3B-2	3B-3	3B-4	3B-5	3B-6
	C	3C-1	3C-2	3C-3	3C-4	3C-5	3C-6
Material Base	Procedimiento	Probetas N°					
Acero AISI 4340	A	3A-1	3A-2	3A-3	3A-4	3A-5	3A-6
	B	3B-1	3B-2	3B-3	3B-4	3B-5	3B-6
	C	3C-1	3C-2	3C-3	3C-4	3C-5	3C-6

Fuente: Autor

Tabla 4.8 Ensayo N° 4.- Bronce al Aluminio, sobre el Acero AISI 4340.

Material Antifricción	Procedimiento	Probetas N°					
Bronce al Aluminio	A	4A-1	4A-2	4A-3	4A-4	4A-5	4A-6
	B	4B-1	4B-2	4B-3	4B-4	4B-5	4B-6
	C	4C-1	4C-2	4C-3	4C-4	4C-5	4C-6
Material Base	Procedimiento	Probetas N°					
Acero AISI 4340	A	4A-1	4A-2	4A-3	4A-4	4A-5	4A-6
	B	4B-1	4B-2	4B-3	4B-4	4B-5	4B-6
	C	4C-1	4C-2	4C-3	4C-4	4C-5	4C-6



Fuente: Autor

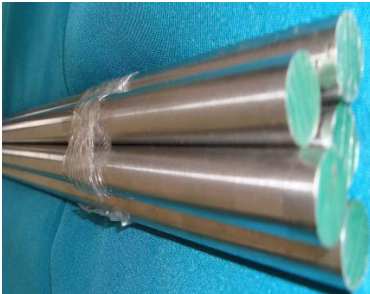
Tabla 4.9 Ensayo N° 5.- Hierro Gris 2P, sobre el Acero AISI 4340.

Material Antifricción	Procedimiento	Probetas N°					
Hierro Gris 2P.	A	5A-1	5A-2	5A-3	5A-4	5A-5	5A-6
	B	5B-1	5B-2	5B-3	5B-4	5B-5	5B-6
	C	5C-1	5C-2	5C-3	5C-4	5C-5	5C-6
Material Base	Procedimiento	Probetas N°					
Acero AISI 4340	A	5A-1	5A-2	5A-3	5A-4	5A-5	5A-6
	B	5B-1	5B-2	5B-3	5B-4	5B-5	5B-6
	C	5C-1	5C-2	5C-3	5C-4	5C-5	5C-6

Fuente: Autor



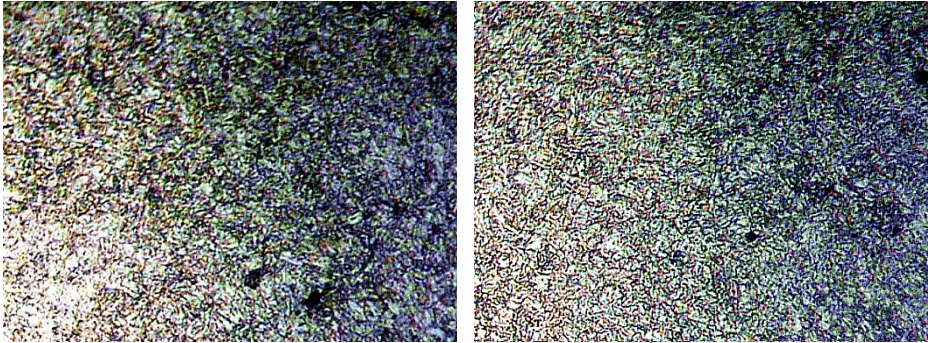
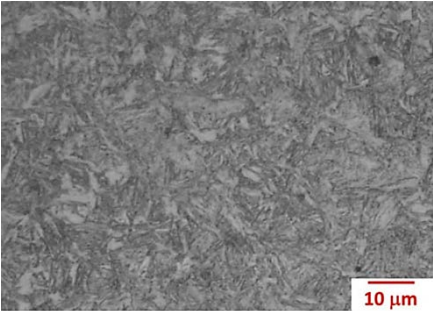
4.1.2.1 Análisis del Acero AISI 4340, como viene de fábrica.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
DATOS INFORMATIVOS						
PROBETA N°	M-A-01	Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Neris Zambonino	
Lugar de realización:		Laboratorio de Materiales F.I.C.M		Fecha de ejecución:	04/10/2013	
Temperatura ambiente del lugar:			21 °C	Flujo de aire del medio:	Estático	

ESPECIFICACIONES DEL ACERO UTILIZADO COMO MATERIAL BASE							
Material	Acero	Tipo :	AISI 4340				
Características:	Eje	Tipo de maquinado	Rectificado y Pulido				
Diámetro:	½ in	Longitud:	4 in				
Resistencia a la Tracción:	90 – 110 Kg/mm ²	Dureza:	270 – 330 HB				
Densidad:	7,85 gr/cm ³	Tratamiento Térmico:	Bonificado				
							
Composición Química (Análisis Típico %)							
AISI / SAE 4340							
% C	% Si	% Mn	% Cr	% Ni	% Mo	% S	% P
0,38	0,15	0,6	0,7	1,65	0,2	≤ 0,04	≤ 0,035
0,43	0,3	0,8	0,9	2	0,3		
Observaciones:							
<p>Las propiedades registradas fueron obtenidas del catálogo Thyssen Krupp Aceros y Servicios S.A. (ANEXO 4 Datos Técnicos del Acero AISI 4340)</p>							



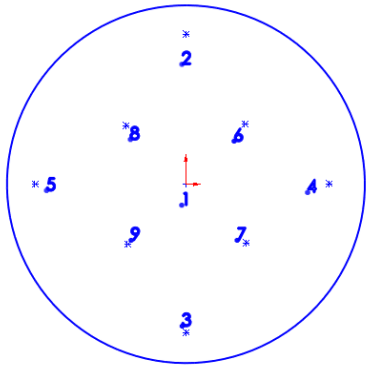
Fuente: Autor

a) Ensayo Metalográfico del Acero AISI 4340, como viene de fábrica

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
ENSAYO METALOGRAFICO			
Datos Informativos:			
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	01
Material:	Acero AISI 4340	Probeta N°	M-A-01
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M		
Realizado por:	Neris Zambonino		
Solicitado por:	UTA - F.I.C.M	Fecha:	04/10/2013
Normas Aplicables:	ASTM E 3:01, ASTM E 112:96		
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO			
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido mecánico tipo espejo		
Temperatura durante el pulido:	28°C	Superficie preparada en:	25 min.
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 4	Durante:	16 seg.
RESULTADO:			
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DEL ACERO AISI 4340 COMO VIENE DE FÁBRICA (200-X)			
 <p style="text-align: center;">ACERO AISI 4340 COMO VIENE DE FÁBRICA</p>  <p style="text-align: center;">Optical Micrograph Micrografía Óptica del Acero AISI 4340 (400x)</p>			
<p>Fuente: Occurrence of Dynamic Shear Bands in AISI 4340 Steel under Impact Loads Gbadabo Owolabi1, Daniel Odoh, Akindele Odeshi, Horace Whitworth. http://file.scirp.org/Html/5-4900182_30873.htm</p>			

Fuente: Autor

b) Ensayo de Dureza del Acero AISI 4340, como viene de fábrica.

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div> 																									
ENSAYO DE DUREZA																									
Datos Informativos:																									
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	01																						
Material:	Acero AISI 4340	Probeta N°	D-A-01																						
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Fecha:	03-10-2013																						
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Materiales – F.I.C.M																							
Realizado por:	Neris Zambonino	Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca																						
Tratamiento Térmico:	BONIFICADO																								
Tiempo de Tratamiento Térmico:	-----	Temperatura de Tratamiento Térmico	-----																						
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO																									
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico																								
Temperatura Ambiente:	20.6 °C	Velocidad del aire circundante:	0.1 m/s																						
PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA																									
DESCRIPCIÓN:																									
Método:	HRC	Norma Aplicable:	ASTM E 10:01																						
Tipo de penetrador:	Identador Cono de diamante																								
Carga aplicada:	1471 N	Tiempo de ensayo:	12 min																						
RESULTADO:																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Dureza HRC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>36</td></tr> <tr><td>2</td><td>36</td></tr> <tr><td>3</td><td>38</td></tr> <tr><td>4</td><td>39</td></tr> <tr><td>5</td><td>37.5</td></tr> <tr><td>6</td><td>36</td></tr> <tr><td>7</td><td>37</td></tr> <tr><td>8</td><td>39</td></tr> <tr><td>9</td><td>37</td></tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>37,25</td> </tr> </tbody> </table>		N°	Dureza HRC	1	36	2	36	3	38	4	39	5	37.5	6	36	7	37	8	39	9	37	Promedio	37,25		
N°	Dureza HRC																								
1	36																								
2	36																								
3	38																								
4	39																								
5	37.5																								
6	36																								
7	37																								
8	39																								
9	37																								
Promedio	37,25																								
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:																									
La dureza promedio es: 37,25 ROCKWELL C (HRC) , que equivale a 347,91 HB																									
De acuerdo al catálogo de Thyssen Krupp Aceros y Servicios S.A. la dureza del Acero AISI 4340 tenemos una dureza de 260 a 320 HB.																									
Interpolando el valor de la dureza obtenida tenemos como resultado una dureza de 346,625 HB																									
Observaciones:																									
Los datos obtenidos de dureza varían debido a que el Acero AISI 4340 es un acero importado de EE.UU. mediante los proveedores de PROMETAL (Ambato). El material posee un endurecimiento previo de acuerdo a datos del importador.																									

Fuente: Autor



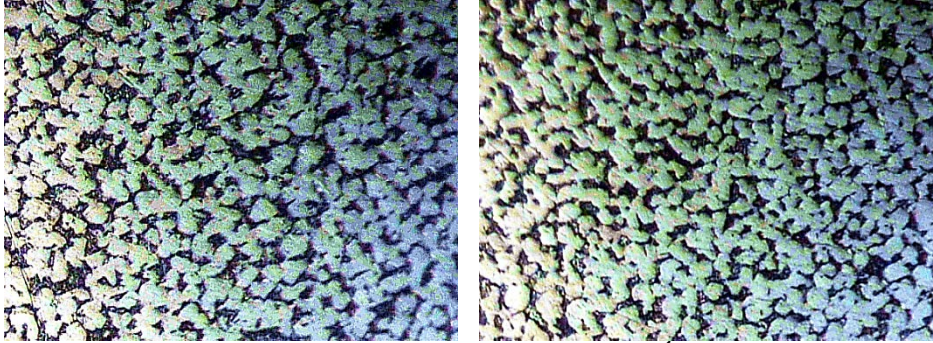

4.1.2.2 Análisis del Bronce Dulce, como viene de fábrica

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
DATOS INFORMATIVOS						
PROBETA N°	M-B-02	Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Neris Zambonino	
Lugar de realización:		Laboratorio de Materiales F.I.C.M		Fecha de ejecución:	04/10/2013	
Temperatura ambiente del lugar:			21 °C	Flujo de aire del medio:	Estático	

ESPECIFICACIONES DEL ACERO UTILIZADO COMO MATERIAL ANTIFRICCIÓN																										
Material	BRONCE DULCE (LATÓN)	Tipo :	ASTM C 38500																							
Características:	Eje	Tipo de maquinado	Pulido																							
Diámetro:	½ in	Longitud:	4 in																							
Resistencia a la tracción:	47,77 Kgf/mm ²	Dureza:	77,28 ROCKWELL B (HRB)																							
Densidad:	8,47 gr/cm ³	Tratamiento Térmico:	-----																							
Composición Química (Análisis Típico %)																										
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="background-color: #ADD8E6;">BRONCE DULCE (LATÓN) ASTM C 38500</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #FFD700;">% Cu</th> <th style="background-color: #FFD700;">% Pb</th> <th style="background-color: #FFD700;">% Fe Max.</th> <th style="background-color: #FFD700;">% Sn Max.</th> <th style="background-color: #FFD700;">% Zn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">55</td> <td style="text-align: center;">2,5</td> <td style="text-align: center;">0,35</td> <td style="text-align: center;">0,20</td> <td style="text-align: center;">36</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">59</td> <td style="text-align: center;">3,5</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">38</td> </tr> </tbody> </table>							BRONCE DULCE (LATÓN) ASTM C 38500					% Cu	% Pb	% Fe Max.	% Sn Max.	% Zn	55	2,5	0,35	0,20	36	59	3,5			38
BRONCE DULCE (LATÓN) ASTM C 38500																										
% Cu	% Pb	% Fe Max.	% Sn Max.	% Zn																						
55	2,5	0,35	0,20	36																						
59	3,5			38																						
Observaciones:																										
<p>Las propiedades registradas fueron obtenidas del catálogo de “BARRAS Y PERFILES DE LATÓN”(ANEXO 8 Datos Técnicos del Bronce Dulce (Latón) Los datos de resistencia a la tracción fueron interpolados de la “TABLA DE CONVERSIÓN DE DUREZAS (ANEXO 10 Tabla de Conversión de Durezas IBCA.)</p>																										



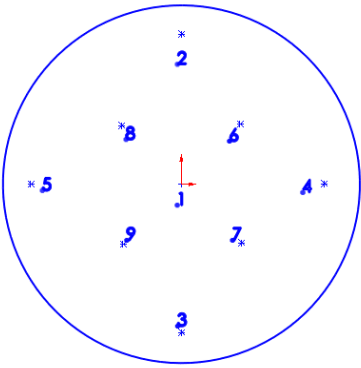
Fuente: Autor

a) Ensayo Metalográfico del Bronce Dulce, como viene de fábrica

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO METALOGRÁFICO					
Datos Informativos:					
Tipo de estudio:	De laboratorio		Ensayo N°:	02	
Material:	Bronce Dulce		Probeta N°	M-B-02	
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M			
Realizado por:		Neris Zambonino			
Solicitado por:	UTA - F.I.C.M	Fecha:	04/10/2013		
Normas Aplicables:		ASTM E 3:01, ASTM E 112:96			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO					
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido mecánico tipo espejo			
Temperatura durante el pulido:	28°C	Superficie preparada en:		30 min.	
Ataque Químico de la superficie con:		Químico para aleaciones de cobre	Durante:	13 seg.	
RESULTADO:					
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DEL BRONCE DULCE COMO VIENE DE FÁBRICA (200-X)					
					
BRONCE DULCE COMO VIENE DE FABRICA					
					
Microestructura del Bronce Dulce, campo claro. Ataque con dicromato, 200x. Fuente: http://personales.upv.es/~avicente/curso/unidad3/fundamentos2.html					



Fuente: Autor


b) Ensayo de Dureza del Bronce Dulce, como viene de fábrica

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 																									
ENSAYO DE DUREZA																									
Datos Informativos:																									
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	02																						
Material:	Bronce Dulce	Probeta N°	D-B-02																						
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Fecha:	03-10-2013																						
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Materiales – F.I.C.M																							
Realizado por:	Neris Zambonino	Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca																						
Tratamiento Térmico:	Sin tratamiento																								
Tiempo de Tratamiento Térmico:	-----	Temperatura de Tratamiento Térmico	-----																						
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO																									
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico																								
Temperatura Ambiente:	20.6 °C	Velocidad del aire circundante:	0.1 m/s																						
PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA																									
DESCRIPCIÓN:																									
Método:	HRB	Norma Aplicable:	ASTM E 10:01																						
Tipo de penetrador:	ESFERA DE ACERO DE 1/16 DE PULGADA																								
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	11 min																						
RESULTADO:																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Dureza HRB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>75</td></tr> <tr><td>2</td><td>79</td></tr> <tr><td>3</td><td>76,5</td></tr> <tr><td>4</td><td>76</td></tr> <tr><td>5</td><td>76</td></tr> <tr><td>6</td><td>80</td></tr> <tr><td>7</td><td>77</td></tr> <tr><td>8</td><td>79</td></tr> <tr><td>9</td><td>77</td></tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>77,28</td> </tr> </tbody> </table>		N°	Dureza HRB	1	75	2	79	3	76,5	4	76	5	76	6	80	7	77	8	79	9	77	Promedio	77,28		
N°	Dureza HRB																								
1	75																								
2	79																								
3	76,5																								
4	76																								
5	76																								
6	80																								
7	77																								
8	79																								
9	77																								
Promedio	77,28																								
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:																									
La dureza promedio es: 77,28 ROCKWELL B (HRB) , que equivale a 139,16 HB																									
La dureza obtenida es aproximadamente a la que se presenta el catálogo de “BARRAS Y PERFILES DE LATÓN” (ANEXO 10 Tabla de Conversión de Durezas IBCA.)																									
Observaciones:																									

Fuente: Autor


4.1.2.3 Análisis del Nylon 6-A, como viene de fábrica


		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
PROBETA N°	M-D-06	Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Neris Zambonino
Lugar de realización:		Laboratorio de Materiales F.I.C.M		Fecha de ejecución:	04/10/2013
Temperatura ambiente del lugar:			21 °C	Flujo de aire del medio:	Estático

ESPECIFICACIONES DEL POLÍMERO UTILIZADO COMO MATERIAL ANTIFRICCIÓN					
Material	Nylon	Tipo :	6-A		
Características:	Eje	Tipo de maquinado	Como viene de fabrica		
Diámetro:	1/2 in	Longitud:	4 in		
Resistencia a la tracción:	25,98 (Kgf/mm ²)	Dureza:	HB 76		
Densidad:	1.14 gr/cm ³	Tratamiento Térmico	-----		
NYLON 6-A:					
<p>Es uno de los polímeros más comunes en su uso. Se denominan técnicamente poliamidas, por los grupos amida en su cadena principal. Todas las poliamidas absorben agua con el tiempo, por lo que se requiere tener cuidado en las medidas finales de las piezas y dejar las tolerancias adecuadas.</p>					
Observaciones:					
<p>Las propiedades registradas fueron obtenidas del catálogo www.sanmetal.es</p> <p>(ANEXO 5 Datos Técnicos del NYLON 6-A)</p>					

Fuente: Autor



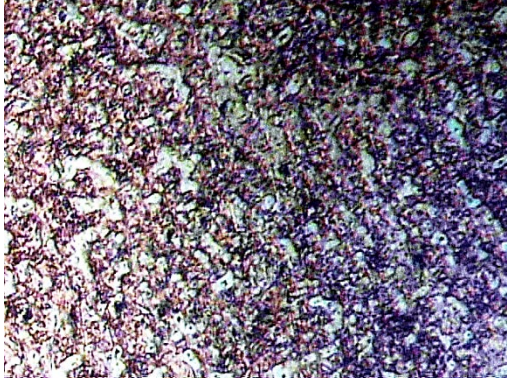


4.1.2.4 Análisis del Bronce Fosfórico, como viene de fábrica

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
DATOS INFORMATIVOS							
PROBETA N°	M-C-03	Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino	
Lugar de realización:		Laboratorio de Materiales F.I.C.M			Fecha de ejecución:	04/10/2013	
Temperatura ambiente del lugar:			21 °C		Flujo de aire del medio:	Estático	

ESPECIFICACIONES DEL ACERO UTILIZADO COMO MATERIAL ANTIFRICCIÓN										
Material	BRONCE FOSFÓRICO	Tipo :	SAE 65 C 90700							
Características:	Eje	Tipo de maquinado	Pulido							
Diámetro:	14 mm	Longitud:	101.6 mm							
Resistencia a la tracción:	73,42 Kgf/mm ²	Dureza:	45,21 ROCKWELL B (HRB)							
Densidad:	8,77 gr/cm ³	Tratamiento Térmico:	-----							
Composición Química (Análisis Típico %)										
Cu	Al	Sb	Fe	Pb	Ni	P	Si	S	Sn	Zn
88.0/90.0	0.005	0.20	0.15	0.50	0.50	0.30	0.005	0.05	10.0/12.0	0.50
Observaciones:										
La dureza fue obtenida en el laboratorio de Ingeniería de Materiales de la F.I.C.M mediante un ensayo de dureza, la densidad fue tomada del catálogo PROMECOL LTDA. (ANEXO 9 Datos Técnicos del Bronce Fosfórico. ANEXO 9.1 Datos Técnicos del Bronce Fosfórico según ASM MetalHandbook)										



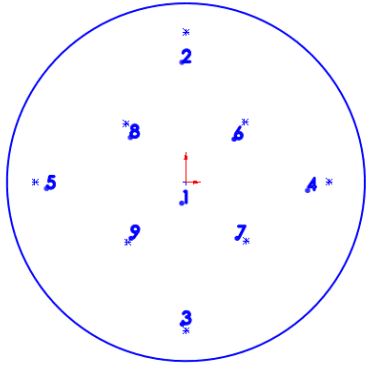
Fuente: Autor

a) Ensayo Metalográfico del Bronce Fosfórico, como viene de fábrica

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO METALOGRAFICO					
Datos Informativos:					
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	03		
Material:	Bronce Fosfórico	Probeta N°	M-C-03		
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Metalografía de Materiales - FICM			
Realizado por:		Neris Zambonino			
Solicitado por:	UTA - FICM	Fecha:	04/10/2013		
Normas Aplicables:	ASTM E 3:01, ASTM E 112:96				
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido mecánico tipo espejo			
Temperatura durante el pulido:	28°C	Superficie preparada en:	30 min.		
Ataque Químico de la superficie con:		Químico para aleaciones de cobre	Durante:	12 seg.	
RESULTADO:					
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DEL BRONCE FOSFÓRICO COMO VIENE DE FÁBRICA (200-X)					
 					
BRONCE FOSFORICO COMO VIENE DE FABRICA					
					
Microestructura del latón 65/35, técnica de interferometría de Nomarski, 200x. Fuente: http://personales.upv.es/~avicente/curso/unidad3/fundamentos2.html					



Fuente: Autor


b) Ensayo de Dureza del Bronce Fosfórico, como viene de fábrica

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																									
ENSAYO DE DUREZA																											
Datos Informativos:																											
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	03																								
Material:	Bronce Fosfórico	Probeta N°	D-C-03																								
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Fecha:	03-10-2013																								
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Materiales – F.I.C.M																								
Realizado por:	Neris Zambonino	Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca																								
Tratamiento Térmico:	Sin tratamiento																										
Tiempo de Tratamiento Térmico:	-----	Temperatura de Tratamiento Térmico	-----																								
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO																											
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico																										
Temperatura Ambiente:	20.6 °C	Velocidad del aire circundante:	0.1 m/s																								
PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA																											
DESCRIPCIÓN:																											
Método:	HRB	Norma Aplicable:	ASTM E 10:01																								
Tipo de penetrador:	ESFERA DE ACERO DE 1/16 DE PULGADA																										
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	13 min																								
RESULTADO:																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Dureza HRB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>43</td></tr> <tr><td>2</td><td>44,5</td></tr> <tr><td>3</td><td>43</td></tr> <tr><td>4</td><td>44</td></tr> <tr><td>5</td><td>48</td></tr> <tr><td>6</td><td>47.5</td></tr> <tr><td>7</td><td>46</td></tr> <tr><td>8</td><td>48</td></tr> <tr><td>9</td><td>43.5</td></tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>45,21</td> </tr> </tbody> </table>		N°	Dureza HRB	1	43	2	44,5	3	43	4	44	5	48	6	47.5	7	46	8	48	9	43.5	Promedio	45,21				
N°	Dureza HRB																										
1	43																										
2	44,5																										
3	43																										
4	44																										
5	48																										
6	47.5																										
7	46																										
8	48																										
9	43.5																										
Promedio	45,21																										
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:																											
La dureza promedio es: 45,21 ROCKWELL B (HRB) , que equivale a 83,59 HB																											
De acuerdo al catálogo de PROMECOL LTDA. la dureza del Bronce al Fosfórico es de 80-120 HB como se muestra en el (ANEXO 9 Datos Técnicos del Bronce Fosfórico.)																											
Observaciones:																											
Los datos obtenidos en el laboratorio es similar a la del catálogo, la mínima diferencia que existe depende del proveedor.																											

Fuente: Autor



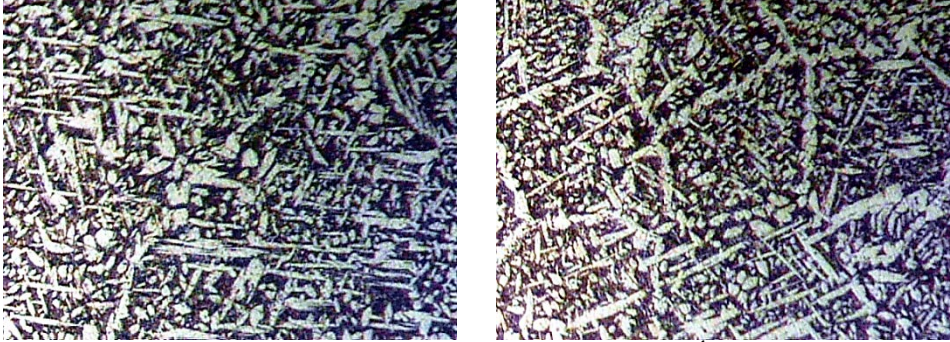
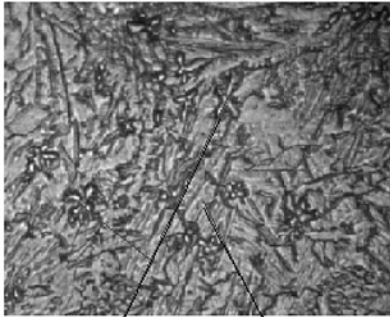
4.1.2.5 Análisis del Bronce al Aluminio, como viene de fábrica

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
DATOS INFORMATIVOS							
PROBETA N°	M-D-01	Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino	
Lugar de realización:		Laboratorio de Materiales F.I.C.M			Fecha de ejecución:		04/10/2013
Temperatura ambiente del lugar:			21 °C		Flujo de aire del medio:		Estático

ESPECIFICACIONES DEL ACERO UTILIZADO COMO MATERIAL ANTIFRICCIÓN							
Material	Bronce al Aluminio	Tipo :	SAE 68 C 95400				
Características:	Eje	Tipo de maquinado	Pulido				
Diámetro:	14 mm	Longitud:	101.6 mm				
Resistencia a la tracción:	73,42 Kgf/mm ²	Dureza:	96 ROCKWELL B (HRB)				
Densidad:	6,87 gr/cm ³	Tratamiento Térmico:	-----				
Composición Química (Análisis Típico %)							
	Cu	Al	Fe	Mn	Ni⁽¹⁾		
Min/Max	83,0 min	10,0 – 11,5	3,0-5,0	0,50	1,5		
Nominal	83,2	10,8	4,0	-----	-----		
(1) Ni incluye valores de Co NOTA: Cu+(sum de nombres de elementos) = 99,5 mínimo							
Observaciones:							
Las propiedades de dureza y densidad fueron obtenidas en el laboratorio de Ingeniería de Materiales de la F.I.C.M, y posterior mente comparadas con el catálogo de aceros NBMMETALS (ANEXO 7 Datos Técnicos del Bronce al Aluminio)							



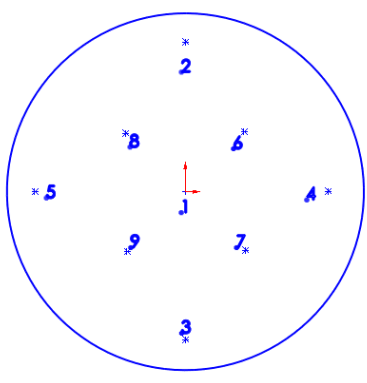
Fuente: Autor

a) Ensayo Metalográfico del Bronce al Aluminio como viene de fábrica

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO METALOGRAFICO					
Datos Informativos:					
Tipo de estudio:	De laboratorio		Ensayo N°:	04	
Material:	Bronce al Aluminio		Probeta N°	M-D-04	
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Metalografía de Materiales - FICM		
Realizado por:			Neris Zambonino		
Solicitado por:	UTA - FICM		Fecha:	04/10/2013	
Normas Aplicables:			ASTM E 3:01, ASTM E 112:96		
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:			Pulido mecánico tipo espejo		
Temperatura durante el pulido:	28°C		Superficie preparada en:	30 min.	
Ataque Químico de la superficie con:			Químico para aleaciones de cobre	Durante:	14 seg.
RESULTADO:					
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DEL BRONCE AL ALUMINIO COMO VIENE DE FÁBRICA (200-X)					
					
BRONCE AL ALUMINIO COMO VIENE DE FÁBRICA					
					
Metalografía para el Bronce al Aluminio SAE 68 Fuente: MEJORAMIENTO DE LA ALEACIÓN DE BRONCE AL ALUMINIO, <i>Carolina Vega Calvo</i> , 2009, Universidad Simón Bolívar (Venezuela), Pág. 6					



Fuente: Autor

b) Ensayo de Dureza del Bronce al Aluminio, como viene de fábrica


		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																									
ENSAYO DE DUREZA																											
Datos Informativos:																											
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	04																								
Material:	Bronce al Aluminio	Probeta N°	D-D-04																								
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Fecha:	03-10-2013																								
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Materiales – F.I.C.M																								
Realizado por:	Neris Zambonino	Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca																								
Tratamiento Térmico:	Sin tratamiento																										
Tiempo de Tratamiento Térmico:	-----	Temperatura de Tratamiento Térmico	-----																								
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO																											
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico																										
Temperatura Ambiente:	20.6 °C	Velocidad del aire circundante:	0.1 m/s																								
PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA																											
DESCRIPCIÓN:																											
Método:	HRB	Norma Aplicable:	ASTM E 10:01																								
Tipo de penetrador:	ESFERA DE ACERO DE 1/16 DE PULGADA																										
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	13 min																								
RESULTADO:																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Dureza HRB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>95</td></tr> <tr><td>2</td><td>96</td></tr> <tr><td>3</td><td>95,5</td></tr> <tr><td>4</td><td>95,5</td></tr> <tr><td>5</td><td>95,5</td></tr> <tr><td>6</td><td>96,5</td></tr> <tr><td>7</td><td>97</td></tr> <tr><td>8</td><td>97,5</td></tr> <tr><td>9</td><td>96,5</td></tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>96</td> </tr> </tbody> </table>		N°	Dureza HRB	1	95	2	96	3	95,5	4	95,5	5	95,5	6	96,5	7	97	8	97,5	9	96,5	Promedio	96				
N°	Dureza HRB																										
1	95																										
2	96																										
3	95,5																										
4	95,5																										
5	95,5																										
6	96,5																										
7	97																										
8	97,5																										
9	96,5																										
Promedio	96																										
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:																											
La dureza promedio es: 96 ROCKWELL B (HRB) , que equivale a 214 HB																											
De acuerdo al catálogo de NBMMETALS la dureza del Bronce al Aluminio es de 220 HB como se muestra en el (ANEXO 7 Datos Técnicos del Bronce al Aluminio)																											
Observaciones:																											
Los datos obtenidos en el laboratorio es similar a la del catálogo la pequeña diferencia q varia depende q es un acero de importación																											

Fuente: Autor

4.1.2.6 Análisis del Hierro Gris 2P, como viene de fábrica

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
DATOS INFORMATIVOS						
PROBETA N°	M-E-05	Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Neris Zambonino	
Lugar de realización:		Laboratorio de Materiales F.I.C.M			Fecha de ejecución:	04/10/2013
Temperatura ambiente del lugar:			21 °C	Flujo de aire del medio:		Estático

ESPECIFICACIONES DEL ACERO UTILIZADO COMO MATERIAL ANTIFRICCIÓN

Material	Hierro Gris 2P	Tipo :	Fundición Gris	
Características:	Eje	Tipo de maquinado	Torneado y Pulido	
Diámetro:	½ in	Longitud:	4 in	
Resistencia a la tracción:	75-93	Dureza:	217 - 269 HB	
Densidad:	7,20	Tratamiento Térmico:	-----	

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ASTM A48 CLASE 30.

Elemento	%
C ¹	2.0 - 3.70
Si	2.30 - 2.70
Mn	0.40 - 0.80
S	0.20 máx.
P	0.10 máx.



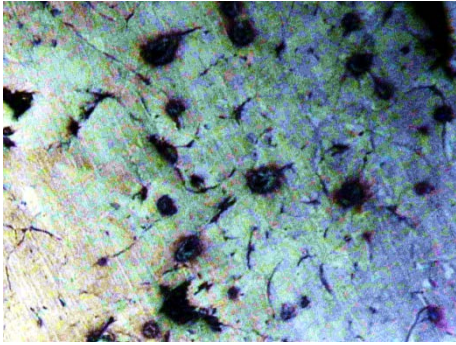
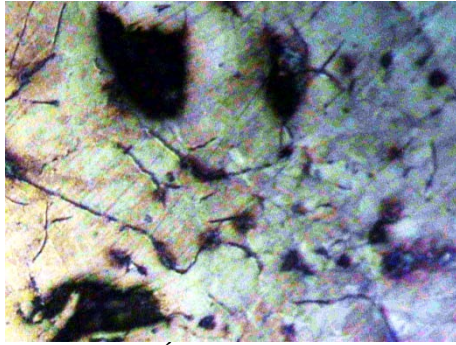

Fuente: VERSA-BAR FC-200 - Hierro gris perlítico/ferrítico

Observaciones:

Los datos obtenidos del Hierro Gris 2P fueron obtenidos del catálogo de IVÁN BOHMAN pág. 54 y del catálogo VERSA-BAR Barras Fundidas pág., 13, 14, 15.
(ANEXO 6 Datos Técnicos del Hierro Gris 2P)



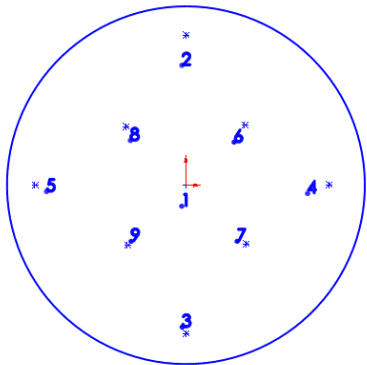
Fuente: Autor

a) Ensayo Metalográfico del Hierro Gris 2P, como viene de fábrica

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO METALOGRAFICO					
Datos Informativos:					
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	05		
Material:	Hierro Gris 2P	Probeta N°	M-E-01		
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M				
Realizado por:	Neris Zambonino				
Solicitado por:	UTA - F.I.C.M	Fecha:	04/10/2013		
Normas Aplicables:	ASTM E 3:01, ASTM E 112:96				
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido mecánico tipo espejo				
Temperatura durante el pulido:	28°C	Superficie preparada en:	25 min.		
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	23 seg.		
RESULTADO:					
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DEL HIERRO GRIS 2P, COMO VIENE DE FÁBRICA (200-X)					
					
HIERRO GRIS 2P COMO VIENE DE FÁBRICA					
					
Metalografía para el hierro Gris 2P ASTM A48 CLASE 35-40 Fuente: Catálogo VERSA-BAR Barras Fundidas pág. 15. (ANEXO 6 Datos Técnicos del Hierro Gris 2P)					

Fuente: Autor



b) Ensayo de dureza del Hierro Gris 2P, como viene de fábrica

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 																									
ENSAYO DE DUREZA																									
Datos Informativos:																									
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	05																						
Material:	Hierro Gris 2P	Probeta N°	D-E-05																						
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Fecha:	03-10-2013																						
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Materiales – F.I.C.M																								
Realizado por:	Neris Zambonino	Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca																						
Tratamiento Térmico:	Sin tratamiento																								
Tiempo de Tratamiento Térmico:	-----	Temperatura de Tratamiento Térmico	-----																						
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO																									
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico																								
Temperatura Ambiente:	20.6 °C	Velocidad del aire circundante:	0.1 m/s																						
PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA																									
DESCRIPCIÓN:																									
Método:	HRB	Norma Aplicable:	ASTM E 10:01																						
Tipo de penetrador:	ESFERA DE ACERO DE 1/16 DE PULGADA																								
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	11 min																						
RESULTADO:																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Dureza HRB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>93</td></tr> <tr><td>2</td><td>94.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>94.5</td></tr> <tr><td>4</td><td>94.5</td></tr> <tr><td>5</td><td>95</td></tr> <tr><td>6</td><td>98,5</td></tr> <tr><td>7</td><td>97,5</td></tr> <tr><td>8</td><td>100</td></tr> <tr><td>9</td><td>100</td></tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>97,33</td> </tr> </tbody> </table>		N°	Dureza HRB	1	93	2	94.5	3	94.5	4	94.5	5	95	6	98,5	7	97,5	8	100	9	100	Promedio	97,33		
N°	Dureza HRB																								
1	93																								
2	94.5																								
3	94.5																								
4	94.5																								
5	95																								
6	98,5																								
7	97,5																								
8	100																								
9	100																								
Promedio	97,33																								
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:																									
La dureza promedio es: 97,33 ROCKWELL B (HRB)																									
La dureza y densidad fueron obtenidas en el laboratorio de Ingeniería de Materiales de la FICM mediante ensayos previos.																									
Observaciones:																									

Fuente: Autor

4.1.2.7 Ensayo de Desgaste Adhesivo del Bronce Dulce, sobre el Acero AISI 4340

Procedimiento "A"

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div> 						
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO BRONCE DULCE, SOBRE EL ACERO AISI 4340						
Datos Informativos:						
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M			
Tipo de estudio:	De laboratorio		Ensayo N°	1-A		
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino		
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	26/08/2013		
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	27/08/2013		
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: "A"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)
	(N)	(Kgf)	(lb)			
	71.2	7.26	16	80.000	400	200
Tolerancia 3%			Tolerancia 2%			
Identificación del componente de estudio:						
Probeta Estática:	Material:	BRONCE DULCE (LATÓN)		Designación :	ASTM C 38500	
	Densidad:	8,47	gr/cm ³	Dureza:	77,28	HRB
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro:	12,7	mm
	Resistencia a la Tracción			47,77	Kg/mm ²	
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340	
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro:	12,7	mm
	Resistencia a la Tracción			119,89	Kg/mm ²	
Tipo de aparato:			Cilindros Cruzados			
Tipo de movimiento:			Deslizamiento simple			
Tipo de lubricación:			Seca (sin lubricación)			
Acondicionamiento de la superficie:			Pulido mecánico			
Rugosidad de la superficie:			Limpieza:	Alcohol etílico		
Observaciones:						
Los datos expuestos fueron obtenidos del ANEXO 8 Datos Técnicos del Bronce Dulce (Latón), ANEXO 8.1 Datos Técnicos del Bronce Dulce (Latón) según ASM MetalHandbook.						



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340
PROCEDIMIENTO "A"**

Lugar de realización		Laboratorio de Química general		Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS						
Temperatura ambiente del lugar		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval		
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado Por:		Neris Zambonino						
Procedimiento			"A"			Tamaño de la muestra:			6			
PESO INICIAL										Fecha:	26/08/2013	
Probeta Estática		Material:	BRONCE DULCE (LATÓN)			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340			
1A-1	1A-2	1A-3	1A-4	1A-5	1A-6	1A-1	1A-2	1A-3	1A-4	1A-5	1A-6	
106,5736	106,1555	105,8342	106,3283	107,1565	105,8667	102,2189	102,1626	100,3168	99,5782	100,7566	99,8751	
106,5732	106,1553	105,8357	106,3308	107,1577	105,8661	102,2188	102,1626	100,3167	99,5785	100,7561	99,8752	
106,5732	106,1557	105,8358	106,3284	107,1551	105,8665	102,2189	102,1628	100,3169	99,5805	100,7565	99,8752	
106,5733	106,1555	105,8352	106,3292	107,1564	105,8664	102,2189	102,1627	100,3168	99,5791	100,7564	99,8752	
PESO FINAL										Fecha:	03/09/2013	
Probeta Estática		Material:	BRONCE DULCE (LATÓN)			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340			
1A-1	1A-2	1A-3	1A-4	1A-5	1A-6	1A-1	1A-2	1A-3	1A-4	1A-5	1A-6	
105,0007	104,6784	104,3225	104,7741	105,6213	104,3904	102,2147	102,1584	100,3128	99,5748	100,7523	99,8711	
105,0009	104,6774	104,3220	104,7740	105,6213	104,3911	102,2142	102,1588	100,3124	99,5752	100,7519	99,8715	
105,0011	104,6782	104,3226	104,7743	105,6215	104,3903	102,2145	102,1581	100,3123	99,5746	100,7522	99,8717	
105,0009	104,6780	104,3224	104,7741	105,6214	104,3906	102,2145	102,1584	100,3125	99,5749	100,7521	99,8714	
Observaciones:												



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO "A")

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales		Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	13.88				
T. ambiente del lugar:	20 °C		Realizado por:	Neris Zambonino		N° Ciclos	80000				
Procedimiento "A"	Tamaño de la muestra	6	Probeta Estática	Material:	ASTM	C-38500	Probeta Móvil	Material:	AISI	4340	
				Densidad:	8,47	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³	
				Dureza:	47,77	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kgf/mm ²	
PESO INICIAL											
Ensayo N° 1		Ensayo N° 2		Ensayo N° 3		Ensayo N° 4		Ensayo N° 5		Ensayo N° 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
106,5733	102,2189	106,1555	102,1627	105,8352	100,3168	106,3292	99,5791	107,1564	100,7564	105,8664	99,8752
Fecha	26/08/2013	Fecha	26/08/2013	Fecha	27/08/2013	Fecha	27/08/2013	Fecha	27/08/2013	Fecha	28/08/2013
Hora Inicio	13:00	Hora Inicio	17:15	Hora Inicio	10:00	Hora Inicio	13:30	Hora Inicio	17:00	Hora Inicio	10:03
Hora Final	16:18	Hora Final	20:33	Hora Final	13:18	Hora Final	16:48	Hora Final	20:18	Hora Final	13:15
Tiempo(x ⁻)	198,51	Tiempo(x ⁻)	198,46	Tiempo(x ⁻)	198,55	Tiempo(x ⁻)	198,39	Tiempo(x ⁻)	198,49	Tiempo(x ⁻)	198,53
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
105,0009	102,2145	104,6780	102,1584	104,3224	100,3125	104,7741	99,5749	105,6214	100,7521	104,3906	99,8714
Pérdida de masa (gr)											
N° de Ensayo	Fuerza Real aplicada (Kgf)	Tiempo promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial	masa final	Desgaste (gr)	Vol. Mat	masa inicial	masa Final	Desgaste (gr)	Vol. Mat
				(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)	(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)
1	7,3151	198,51	403	106,5733	105,0009	1,5724	185,6474	102,2189	102,2145	0,0044	0,5605
2	7,3151	198,51	403	106,1555	104,6780	1,4775	174,4392	102,1627	102,1584	0,0042	0,5393
3	7,3151	198,51	403	105,8352	104,3224	1,5129	178,6147	100,3168	100,3125	0,0043	0,5478
4	7,3151	198,51	403	106,3292	104,7741	1,5550	183,5931	99,5791	99,5749	0,0042	0,5350
5	7,3151	198,51	403	107,1564	105,6214	1,5351	181,2357	100,7564	100,7521	0,0043	0,5435
6	7,3151	198,51	403	105,8664	104,3906	1,4758	174,2440	99,8752	99,8714	0,0037	0,4756
x Promedio(X̄)				106,3194	104,7979	1,5215	179,6290	100,8182	100,8140	0,0042	0,5336
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "A")**

Tamaño de la muestra: 6 **Método :** ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "A"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3151		80000			403	198,51	
Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	ASTM C 38500							
1	106,5733	105,0009	1572,4333	185,6474	198,51	3191865,60	0,93520	3,80E-04
2	106,1555	104,6780	1477,5000	174,4392	198,51	3191865,60	0,87874	3,57E-04
3	105,8352	104,3224	1512,8667	178,6147	198,51	3191865,60	0,89978	3,65E-04
4	106,3292	104,7741	1555,0333	183,5931	198,51	3191865,60	0,92486	3,76E-04
5	107,1564	105,6214	1535,0667	181,2357	198,51	3191865,60	0,91298	3,71E-04
6	105,8664	104,3906	1475,8467	174,2440	198,51	3191865,60	0,87776	3,56E-04
Promedio(\bar{X})	106,3194	104,7979	1521,4578	179,6290	198,51	3191865,60	0,90489	3,68E-04
	R		96,5867	Coefficiente de variación %				
	d ₂		2,5340					
	s		38,1163					
	v		2,5052					

Observaciones:





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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "A")**

Tamaño de la muestra:		6		Método :			ASTM G83-96	
PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96								
Procedimiento "A"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3151		80000			403	198,51	
Prueba Nº	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Velocidad de Desgaste Vd. (mm³/min)	K Experimental
1	102,2189	102,2145	4,4000	0,5605	198,51	3191865,60	0,0028	2,88E-06
2	102,1627	102,1584	4,2333	0,5393	198,51	3191865,60	0,0027	2,77E-06
3	100,3168	100,3125	4,3000	0,5478	198,51	3191865,60	0,0028	2,81E-06
4	99,5791	99,5749	4,2000	0,5350	198,51	3191865,60	0,0027	2,75E-06
5	100,7564	100,7521	4,2667	0,5435	198,51	3191865,60	0,0027	2,79E-06
6	99,8752	99,8714	3,7333	0,4756	198,51	3191865,60	0,0024	2,44E-06
Promedio(\bar{X})	100,8182	100,8140	4,1889	0,5336	198,51	3191865,60	0,0027	2,74E-06
	R		0,6667					
	d ₂		2,5340					
	s		0,2631					
	v		6,2806	Coefficiente de variación %				
Observaciones:								

Procedimiento “B”

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO BRONCE DULCE, SOBRE EL ACERO AISI 4340							
Datos Informativos:							
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales – F.I.C.M			
Tipo de estudio:	De laboratorio			Ensayo N°	1-B		
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino			
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	28/08/2013			
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	29/08/2013			
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96							
Procedimiento: “B”	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	
	(N)	(Kgf)	(lb)				
	71.2	7.26	16	40.000	400	100	
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%			
Identificación del componente de estudio:							
Probeta Estática:	Material:	BRONCE DULCE (LATÓN)		Designación :	ASTM C 38500		
	Densidad:	8,47	gr/cm ³	Dureza:	77,28	HRB	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro:	12,7	mm	
	Resistencia a la Tracción				47,77		Kg/mm ²
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340		
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro:	12,7	mm	
	Resistencia a la Tracción				119,89		Kg/mm ²
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados			
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple			
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)			
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico			
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etilico		
Observaciones:							
Los datos expuestos fueron obtenidos del ANEXO 8 Datos Técnicos del Bronce Dulce (Latón), ANEXO 8.1 Datos Técnicos del Bronce Dulce (Latón) según ASM MetalHandbook.							



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "B")**

Lugar de realización:		Laboratorio de Química General		Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS						
Temperatura ambiente del lugar:		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por		Egd. Diana Sandoval		
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado Por		Neris Zambonino						
Procedimiento			"B"			Tamaño de la muestra			6			
PESO INICIAL										Fecha:	26/08/2013	
Probeta Estática		Material:	BRONCE DULCE (LATÓN)			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340			
1B-1	1B-2	1B-3	1B-4	1B-5	1B-6	1B-1	1B-2	1B-3	1B-4	1B-5	1B-6	
105,0245	105,6579	107,0571	107,3396	106,9879	106,2428	99,9285	100,5508	100,3515	99,6871	102,2795	98,6735	
105,0230	105,6582	107,0589	107,3393	106,9876	106,2424	99,9284	100,5498	100,3513	99,6875	102,2801	98,6729	
105,0229	105,6574	107,0570	107,3396	106,9871	106,2426	99,9279	100,5504	100,3517	99,6874	102,2897	98,6727	
105,0235	105,6578	107,0577	107,3395	106,9875	106,2426	99,9283	100,5503	100,3515	99,6873	102,2831	98,6730	
PESO FINAL										Fecha:	03/09/2013	
Probeta Estática		Material:	BRONCE DULCE (LATÓN)			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340			
1B-1	1B-2	1B-3	1B-4	1B-5	1B-6	1B-1	1B-2	1B-3	1B-4	1B-5	1B-6	
105,2406	104,8931	106,2198	106,6223	106,2909	105,5252	99,9256	100,5476	100,3495	99,6848	102,2802	98,6707	
105,2404	104,8923	106,2196	106,6218	106,2893	105,5156	99,9254	100,5478	100,3493	99,6841	102,2801	98,6704	
102,2406	104,8929	106,2193	106,6225	106,2898	105,5258	99,9252	100,5482	100,3476	99,6848	102,2806	98,6706	
104,2405	104,8928	106,2196	106,6222	106,2900	105,5222	99,9254	100,5479	100,3488	99,6846	102,2803	98,6706	
Observaciones:												



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO "B")

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales	Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	13.88					
T. ambiente del lugar:	20 °C	Realizado por:	Neris Zambonino		Nº Ciclos	40000					
Procedimiento: "B"	Tamaño de la Muestra	Probeta Estática	Material:	ASTM	C-38500	Probeta Móvil	Material:	AISI	4340		
			Densidad:	8,47	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³		
	6		Dureza:	47,77	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kgf/mm ²		
PESO INICIAL											
Ensayo Nº 1		Ensayo Nº 2		Ensayo Nº 3		Ensayo Nº 4		Ensayo Nº 5		Ensayo Nº 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
105,0235	99,9283	105,6578	100,5503	107,0577	100,3515	107,3395	99,6873	106,9875	102,2831	106,2426	98,6730
Fecha	28/08/2013	Fecha	28/08/2013	Fecha	28/08/2013	Fecha	29/08/2013	Fecha	29/08/2013	Fecha	29/08/2013
Hora Inicio	13;35	Hora Inicio	15;30	Hora Inicio	17,15	Hora Inicio	10;40	Hora Inicio	12;25	Hora Inicio	14;10
Hora Final	15;14	Hora Final	20;33	Hora Final	18;54	Hora Final	12;19	Hora Final	14;04	Hora Final	15;49
Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
104,2405	99,9254	104,8928	100,5479	106,2196	100,3488	106,6222	99,6846	106,2900	102,2803	105,5222	98,6706
Pérdida de masa (gr)											
Nº de Ensayo	Fuerza Real Aplicada (Kgf)	Tiempo Promedio (min)	Velocidad Promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial	masa final	Desgaste (gr)	Vol. Mat	masa inicial	masa Final	Desgaste (gr)	Vol. Mat
				(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)	(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)
1	7,3151	99,50	402	105,0235	104,2405	0,7829	92,4360	99,9283	99,9254	0,0029	0,3652
2	7,3151	99,50	402	105,6578	104,8928	0,7651	90,3266	100,5503	100,5479	0,0025	0,3142
3	7,3151	99,50	402	107,0577	106,2196	0,8381	98,9492	100,3515	100,3488	0,0027	0,3439
4	7,3151	99,50	402	107,3395	106,6222	0,7173	84,6871	99,6873	99,6846	0,0028	0,3524
5	7,3151	99,50	402	106,9875	106,2900	0,6975	82,3534	102,2831	102,2803	0,0028	0,3567
6	7,3151	99,50	402	106,2426	105,5222	0,7204	85,0531	98,6730	98,6706	0,0025	0,3142
x Promedio(X̄)				106,3848	105,6312	0,7536	88,9676	100,2456	100,2429	0,0027	0,3411
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "B")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "B"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3151		40000			402	99,50	
Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	ASTM C 38500							
1	105,0235	104,2405	782,9333	92,4360	99,5000	1595932,8000	0,92901	3,78E-04
2	105,6578	104,8928	765,0667	90,3266	99,5000	1595932,8000	0,90781	3,70E-04
3	107,0577	106,2196	838,1000	98,9492	99,5000	1595932,8000	0,99446	4,05E-04
4	107,3395	106,6222	717,3000	84,6871	99,5000	1595932,8000	0,85113	3,47E-04
5	106,9875	106,2900	697,5333	82,3534	99,5000	1595932,8000	0,82767	3,37E-04
6	106,2426	105,5222	720,4000	85,0531	99,5000	1595932,8000	0,85481	3,48E-04
Promedio(\bar{X})	106,3848	105,6312	753,5556	88,9676	99,5000	1595932,8000	0,89415	3,64E-04
	R		140,5667					
	d ₂		2,5340					
	s		55,4722					
	v		7,3614	Coeficiente de variación %				
Observaciones:								



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "B")**



Tamaño de la muestra: 6 **Método :** ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "B"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3151		40000			402	99,50	
Prueba Nº	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Velocidad de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	1	99,9283						
2	100,5503	100,5479	2,4667	0,3142	99,50	1595932,80	0,0032	3,23E-06
3	100,3515	100,3488	2,7000	0,3439	99,50	1595932,80	0,0035	3,53E-06
4	99,6873	99,6846	2,7667	0,3524	99,50	1595932,80	0,0035	3,62E-06
5	102,2831	102,2803	2,8000	0,3567	99,50	1595932,80	0,0036	3,66E-06
6	98,6730	98,6706	2,4667	0,3142	99,50	1595932,80	0,0032	3,23E-06
Promedio(\bar{X})	100,2456	100,2429	2,6778	0,3411	99,50	1595932,80	0,0034	3,50E-06
	R		0,4000					
	d ₂		2,5340					
	s		0,1579					
	v		5,8949	Coefficiente de variación %				

Observaciones:

Procedimiento “C”

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO BRONCE DULCE, SOBRE EL ACERO AISI 4340							
Datos Informativos:							
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales – F.I.C.M			
Tipo de estudio:	De laboratorio			Ensayo N°	1-C		
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino			
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	30/08/2013			
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	31/09/2013			
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96							
Procedimiento: “C”	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	
	(N)	(Kgf)	(lb)				
		71.2	7.26	16	10.000	100	100
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%			
Identificación del componente de estudio:							
Probeta Estática:	Material:	BRONCE DULCE (LATÓN)		Designación :	ASTM C 38500		
	Densidad:	8,47	gr/cm ³	Dureza:	77,28	HRB	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm	
	Resistencia a la Tracción				47,77		Kg/mm ²
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340		
	Densidad:	7.85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm	
	Resistencia a la Tracción				119,89		Kgf/mm ²
Tipo de aparato:				Cilindros cruzados			
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple			
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)			
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico			
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etilico		
Observaciones:							
Los datos expuestos fueron obtenidos del ANEXO 8 Datos Técnicos del Bronce Dulce (Latón), ANEXO 8.1 Datos Técnicos del Bronce Dulce (Latón) según ASM MetalHandbook.							



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



OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO “C”).

Lugar de realización	Laboratorio de Química general		Facultad	CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS								
Temperatura ambiente del lugar	20 °C		Flujo de aire del lugar:	Estático		Autorizado Por:	Egd. Diana Sandoval					
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado Por:	Neris Zambonino								
Procedimiento	"C"		Tamaño de la muestra:	6								
PESO INICIAL										Fecha:	26/08/2013	
Probeta Estática	Material:	BRONCE DULCE (LATÓN)				Probeta Móvil	Material:	ACERO AISI 4340				
1C-1	1C-2	1C-3	1C-4	1C-5	1C-6	1C-1	1C-2	1C-3	1C-4	1C-5	1C-6	
107,1463	106,5366	107,5081	105,2519	106,0516	107,0383	100,9424	102,1692	100,6748	102,0587	102,5048	97,9799	
107,1460	106,5382	107,5085	105,2521	106,0522	107,0394	100,9416	102,1685	100,6745	102,0589	102,5034	97,9796	
107,1465	106,5382	107,5081	105,2511	106,0517	107,0393	100,9419	102,1699	100,6738	102,0588	102,5027	97,9808	
107,1463	106,5377	107,5082	105,2517	106,0518	107,0390	100,9420	102,1692	100,6744	102,0588	102,5036	97,9801	
PESO FINAL										Fecha:	03/09/2013	
Probeta Estática	Material:	BRONCE DULCE (LATÓN)				Probeta Móvil	Material:	ACERO AISI 4340				
1C-1	1C-2	1C-3	1C-4	1C-5	1C-6	1C-1	1C-2	1C-3	1C-4	1C-5	1C-6	
106,9241	106,3058	107,2814	105,0287	105,8232	106,8144	100,9394	102,1668	100,6722	102,0569	102,5016	97,9776	
106,9233	106,3063	107,2808	105,0290	105,8235	106,8142	100,9399	102,1665	100,6719	102,0566	102,5012	97,9773	
106,9237	106,3065	107,2812	105,0298	105,8231	106,8150	100,9393	102,1667	100,6721	102,0562	102,5014	97,9771	
106,9237	106,3062	107,2811	105,0292	105,8233	106,8145	100,9395	102,1667	100,6721	102,0566	102,5014	97,9773	
Observaciones:												



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO "C")

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales		Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	3,4800				
T. ambiente del lugar:	20 °C		Realizado por:	Neris Zambonino		Nº Ciclos	10000				
Procedimiento "C"	Tamaño de la muestra	Probeta Estática	Material:	ASTM	C-38500	Probeta Móvil	Material:	AISI	4340		
			Densidad:	8,47	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³		
	6		Dureza:	47,77	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kgf/mm ²		
PESO INICIAL											
Ensayo Nº 1		Ensayo Nº 2		Ensayo Nº 3		Ensayo Nº 4		Ensayo Nº 5		Ensayo Nº 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
107,1463	100,9420	106,5377	102,1692	107,5082	100,6744	105,2517	102,0588	106,0518	102,5036	107,0390	97,9801
Fecha	30/08/2013	Fecha	30/08/2013	Fecha	30/08/2013	Fecha	30/08/2013	Fecha	31/08/2013	Fecha	31/08/2013
Hora Inicio	12;30	Hora Inicio	14;15	Hora Inicio	16;05	Hora Inicio	17;50	Hora Inicio	10;13	Hora Inicio	12;05
Hora Final	14;09	Hora Final	15;54	Hora Final	17;44	Hora Final	19;29	Hora Final	11;56	Hora Final	13;44
Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
106,9237	100,9395	106,3062	102,1667	107,2811	100,6721	105,0292	102,0566	105,8233	102,5014	106,8145	97,9773
Pérdida de masa (gr)											
Nº de Ensayo	Fuerza Real aplicada (Kgf)	Tiempo Promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial	masa final	Desgaste (gr)	Vol. Mat	masa inicial	masa Final	Desgaste (gr)	Vol. Mat
				(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)	(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)
1	7,3153	98,00	102	107,1463	106,9237	0,2226	26,2771	100,9420	100,9395	0,0024	0,3100
2	7,3153	98,00	403	106,5377	106,3062	0,2315	27,3278	102,1692	102,1667	0,0025	0,3227
3	7,3153	98,00	403	107,5082	107,2811	0,2271	26,8123	100,6744	100,6721	0,0023	0,2930
4	7,3153	98,00	403	105,2517	105,0292	0,2225	26,2731	102,0588	102,0566	0,0022	0,2845
5	7,3153	98,00	403	106,0518	105,8233	0,2286	26,9854	102,5036	102,5014	0,0022	0,2845
6	7,3153	98,00	403	107,0390	106,8145	0,2245	26,5014	97,9801	97,9773	0,0028	0,3524
x Promedio(x⁻)				106,5891	106,3630	0,2261	26,6962	101,0547	101,0523	0,0024	0,3079
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340,
 (PROCEDIMIENTO "C").**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento: "C"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3153		10000			102	98,00	
Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Velocidad de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	ASTM C 38500							
1	107,1463	106,9237	222,5667	26,2771	98,00	398983,20	0,26813	4,30E-04
2	106,5377	106,3062	231,4667	27,3278	98,00	398983,20	0,27886	4,47E-04
3	107,5082	107,2811	227,1000	26,8123	98,00	398983,20	0,27359	4,39E-04
4	105,2517	105,0292	222,5333	26,2731	98,00	398983,20	0,26809	4,30E-04
5	106,0518	105,8233	228,5667	26,9854	98,00	398983,20	0,27536	4,42E-04
6	107,0390	106,8145	224,4667	26,5014	98,00	398983,20	0,27042	4,34E-04
Promedio(\bar{X})	106,5891	106,3630	226,1167	26,6962	98,00	398983,20	0,27241	4,37E-04
	R		8,9333					
	d2		2,5340					
	s		3,5254					
	v		1,5591	Coeficiente de variación %				

Observaciones:



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE DULCE SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "C")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96



PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento: "C"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3153		10000			102	98,00	
Prueba Nº	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Velocidad de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	1	100,9420						
2	102,1692	102,1667	2,5333	0,3227	98,00	398983,20	0,0033	1,33E-05
3	100,6744	100,6721	2,3000	0,2930	98,00	398983,20	0,0030	1,20E-05
4	102,0588	102,0566	2,2333	0,2845	98,00	398983,20	0,0029	1,17E-05
5	102,5036	102,5014	2,2333	0,2845	98,00	398983,20	0,0029	1,17E-05
6	97,9801	97,9773	2,7667	0,3524	98,00	398983,20	0,0036	1,45E-05
Promedio(\bar{X})	101,0547	101,0523	2,4167	0,3079	98,00	398983,20	0,0031	1,26E-05
	R		0,5333					
	d ₂		2,5340					
	s		0,2105					
	v		8,7091					Coefficiente de variación %

Observaciones:

4.1.2.8 Ensayo de Desgaste Adhesivo del Nylon 6-A, sobre el Acero AISI 4340

Procedimiento “A”

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div> 						
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340.						
Datos Informativos:						
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales – F.I.C.M		
Tipo de estudio:	De laboratorio		Ensayo N°	2-A		
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino		
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	04/09/2013		
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	06/09/2013		
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: “A”	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)
	(N)	(Kgf)	(lb)			
	71.2	7.26	16	80.000	400	200
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%		
Identificación del componente de estudio:						
Probeta Estática:	Material:	NYLON 6-A		Designación :	A-6	
	Densidad:	1,14	gr/cm ³	Dureza:	76	HRD
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm
	Resistencia a la Tracción			25,98		Kg/mm ²
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340	
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm
	Resistencia a la Tracción			119,89		Kgf/mm ²
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados		
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple		
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)		
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico		
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etilico	
Observaciones:						
Las propiedades registradas fueron obtenidas del catálogo IVÁN BOHOMAN C.A. pág. 53 (ANEXO 5 Datos Técnicos del NYLON 6-A)						



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "A")**

Lugar de realización		Laboratorio de Química general		Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS						
Temperatura ambiente del lugar		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval		
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado Por:		Neris Zambonino						
Procedimiento			"A"			Tamaño de la muestra:						
PESO INICIAL										Fecha:	04/09/2013	
Probeta Estática		Material:	NYLON 6-A			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340			
2A-1	2A-2	2A-3	2A-4	2A-5	2A-6	2A-1	2A-2	2A-3	2A-4	2A-5	2A-6	
14,8486	14,6051	14,8983	14,5756	14,6976	14,8403	102,1282	101,8269	102,3892	100,0773	99,8859	99,2165	
14,8489	14,6057	14,8986	14,5758	14,6977	14,8407	102,1260	101,8271	102,3891	100,0775	99,8856	99,2164	
14,8486	14,6054	14,8987	14,5751	14,6978	14,8398	102,1277	101,8268	102,3893	100,0772	99,8857	99,2167	
14,8487	14,6054	14,8985	14,5755	14,6977	14,8403	102,1273	101,8269	102,3892	100,0773	99,8857	99,2165	
PESO FINAL										Fecha:	12/09/2013	
Probeta Estática		Material:	NYLON 6-A			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340			
2A-1	2A-2	2A-3	2A-4	2A-5	2A-6	2A-1	2A-2	2A-3	2A-4	2A-5	2A-6	
14,8478	14,6044	14,8971	14,5742	14,6964	14,8391	102,1236	101,8222	102,3849	100,0734	99,8814	99,2125	
14,8476	14,6039	14,8979	14,5743	14,6965	14,8387	102,1233	101,8225	102,3848	100,0735	99,8815	99,2124	
14,8475	14,6048	14,8972	14,5741	14,6967	14,8394	102,1235	101,8228	102,3851	100,0731	99,8817	99,2127	
14,8476	14,6044	14,8974	14,5742	14,6965	14,8391	102,1235	101,8225	102,3849	100,0733	99,8815	99,2125	
Observaciones:												



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340. (PROCEDIMIENTO "A")

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales	Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	13.88					
T. ambiente del lugar:	20 °C	Realizado por:	Neris Zambonino		N° Ciclos	80000					
Procedimiento "A"	Tamaño de la muestra 6	Probeta Estática	Material:	NYLON 6-A	A-6	Probeta Móvil	Material:	AISI	4340		
			Densidad:	1,14	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³		
			Dureza:	25,98	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kgf/mm ²		
PESO INICIAL											
Ensayo N° 1		Ensayo N° 2		Ensayo N° 3		Ensayo N° 4		Ensayo N° 5		Ensayo N° 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
14,8487	102,1273	14,6054	101,8269	14,8985	102,3892	14,5755	100,0773	14,6977	99,8857	14,8403	99,2165
Fecha	04/09/2013	Fecha	05/09/2013	Fecha	05/09/2013	Fecha	05/09/2013	Fecha	05/09/2013	Fecha	06/09/2013
Hora Inicio	15:40	Hora Inicio	07:25	Hora Inicio	11:05	Hora Inicio	14:42	Hora Inicio	18:30	Hora Inicio	07:00
Hora Final	18:58	Hora Final	10:42	Hora Final	14:21	Hora Final	17:57	Hora Final	21:19	Hora Final	10:18
Tiempo(x ⁻)	198,51	Tiempo(x ⁻)	198,56	Tiempo(x ⁻)	198,45	Tiempo(x ⁻)	198,38	Tiempo(x ⁻)	198,47	Tiempo(x ⁻)	198,51
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
14,8476	102,1235	14,6044	101,8225	14,8974	102,3849	14,5742	100,0733	14,6965	99,8815	14,8391	99,2125
Pérdida de masa (gr)											
N° de Ensayo	Fuerza Real aplicada (Kgf)	Tiempo Promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial	masa final	Desgaste (gr)	Vol. Mat	masa inicial	masa Final	Desgaste (gr)	Vol. Mat
				(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)	(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)
1	7,2235	198,51	403	14,8487	14,8476	0,00107	0,9357	102,1273	102,1235	0,0038	0,4883
2	7,2235	198,51	403	14,6054	14,6044	0,00103	0,9064	101,8269	101,8225	0,0044	0,5648
3	7,2235	198,51	403	14,8985	14,8974	0,00113	0,9942	102,3892	102,3849	0,0043	0,5435
4	7,2235	198,51	403	14,5755	14,5742	0,00130	1,1404	100,0773	100,0733	0,0040	0,5096
5	7,2235	198,51	403	14,6977	14,6965	0,00117	1,0234	99,8857	99,8815	0,0042	0,5350
6	7,2235	198,51	403	14,8403	14,8391	0,00120	1,0526	99,2165	99,2125	0,0040	0,5096
x Promedio(X̄)				14,7444	14,7432	0,00115	1,0088	100,9205	100,9164	0,0041	0,5251
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340.
(PROCEDIMIENTO "A").**

Tamaño de la muestra:	6	Método :	ASTM G83-96
-----------------------	---	----------	-------------

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento:	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
"A"	7,2235		80000			403	198,51	
Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	NYLON A-6							
1	14,8487	14,8476	1,0667	0,9357	198,51	3191865,60	0,00471	1,05E-06
2	14,6054	14,6044	1,0333	0,9064	198,51	3191865,60	0,00457	1,02E-06
3	14,8985	14,8974	1,1333	0,9942	198,51	3191865,60	0,00501	1,12E-06
4	14,5755	14,5742	1,3000	1,1404	198,51	3191865,60	0,00574	1,28E-06
5	14,6977	14,6965	1,1667	1,0234	198,51	3191865,60	0,00516	1,15E-06
6	14,8403	14,8391	1,2000	1,0526	198,51	3191865,60	0,00530	1,19E-06
Promedio(\bar{X})	14,7444	14,7432	1,1500	1,0088	198,51	3191865,60	0,00508	1,14E-06
	R		0,2667					
	d ₂		2,5340					
	s		0,1052					
	v		9,1509	Coefficiente de variación %				
Observaciones:								



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340.
(PROCEDIMIENTO "A").**



Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento: "A"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,2235		80000			403	198,51	
Prueba Nº	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	1	102,1273						
2	101,8269	101,8225	4,4333	0,5648	198,51	3191865,60	0,0028	2,94E-06
3	102,3892	102,3849	4,2667	0,5435	198,51	3191865,60	0,0027	2,83E-06
4	100,0773	100,0733	4,0000	0,5096	198,51	3191865,60	0,0026	2,65E-06
5	99,8857	99,8815	4,2000	0,5350	198,51	3191865,60	0,0027	2,78E-06
6	99,2165	99,2125	4,0000	0,5096	198,51	3191865,60	0,0026	2,65E-06
Promedio(\bar{X})	100,9205	100,9164	4,1222	0,5251	198,51	3191865,60	0,0026	2,73E-06
	R		0,6000					
	d ₂		2,5340					
	s		0,2368					
	v		5,7440	Coefficiente de variación %				

Observaciones:

Procedimiento "B"

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340.								
Datos Informativos:								
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M				
Tipo de estudio:	De laboratorio			Ensayo N°	2-B			
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca			Realizado por:	Neris Zambonino			
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca			Fecha Inicio:	07/09/2013			
Normas Aplicables:	ASTM G83-96			Fecha Finalización:	09/09/2013			
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96								
Procedimiento: "B"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)		
	(N)	(Kgf)	(lb)					
		71.2	7.26	16	40.000	400	100	
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%				
Identificación del componente de estudio:								
Probeta Estática:	Material:	NYLON 6-A		Designación :	6-A			
	Densidad:	1,14	gr/cm ³	Dureza:	76	HRD		
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm		
	Resistencia a la Tracción			25,98		Kg/mm ²		
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340			
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC		
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro:	12,7	mm		
	Resistencia a la Tracción			119,89		Kg/mm ²		
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados				
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple				
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)				
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico				
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etilico			
Observaciones:								
Las propiedades registradas fueron obtenidas del catálogo IVÁN BOHOMAN C.A. pág. 53 (ANEXO 5 Datos Técnicos del NYLON 6-A)								



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "B")**

Lugar de realización		Laboratorio de Química general				Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS			
Temperatura ambiente del lugar		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval	
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca				Realizado Por:		Neris Zambonino			
Procedimiento			"B"			Tamaño de la muestra:			6		
PESO INICIAL										Fecha:	04/09/2013
Probeta Estática		Material:	NYLON 6-A			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
2B-1	2B-2	2B-3	2B-4	2B-5	2B-6	2B-1	2B-2	2B-3	2B-4	2B-5	2B-6
14,2668	14,6442	14,5663	14,4119	14,8066	14,7860	102,4794	101,8794	102,1165	100,1463	102,6762	99,2549
14,2669	14,6445	14,5664	14,4115	14,8063	14,7863	102,4791	101,8791	102,1168	100,1461	102,6768	99,2548
14,2662	14,6443	14,5661	14,4117	14,8077	14,7862	102,4791	101,8794	102,1164	100,1466	102,6758	99,2547
14,2666	14,6443	14,5663	14,4117	14,8069	14,7862	102,4792	101,8793	102,1166	100,1463	102,6763	99,2548
PESO FINAL										Fecha:	12/09/2013
Probeta Estática		Material:	NYLON 6-A			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
2B-1	2B-2	2B-3	2B-4	2B-5	2B-6	2B-1	2B-2	2B-3	2B-4	2B-5	2B-6
14,2659	14,6436	14,5655	14,4109	14,8067	14,7854	102,4764	101,8764	102,1139	100,1443	102,6738	99,2522
14,2662	14,6437	14,5654	14,4110	14,8059	14,7856	102,4765	101,8768	102,1137	100,1442	102,6739	99,2525
14,2657	14,6434	14,5657	14,4112	14,8062	14,7853	102,4766	101,8765	102,1138	100,1439	102,6743	99,2526
14,2659	14,6436	14,5655	14,4110	14,8063	14,7854	102,4765	101,8766	102,1138	100,1441	102,6740	99,2524
Observaciones:											



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340. (PROCEDIMIENTO "B").

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales		Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	13.88				
T. ambiente del lugar:	20 °C		Realizado por:	Neris Zambonino		Nº Ciclos	40000				
Procedimiento "B"	Tamaño de la Muestra	6	Probeta Estática	Material:	NYLON	6-A	Probeta Móvil	Material:	AISI	4340	
				Densidad:	1,14	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³	
				Dureza:	25,98	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kgf/mm ²	
PESO INICIAL											
Ensayo Nº 1		Ensayo Nº 2		Ensayo Nº 3		Ensayo Nº 4		Ensayo Nº 5		Ensayo Nº 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
14,2666	102,4792	14,6443	101,8793	14,5663	102,1166	14,4117	100,1463	14,8069	102,6763	14,7862	99,2548
Fecha	07/09/2013	Fecha	07/09/2013	Fecha	07/09/2013	Fecha	07/09/2013	Fecha	08/09/2013	Fecha	03/09/2013
Hora Inicio	07:35	Hora Inicio	09:30	Hora Inicio	11:25	Hora Inicio	13:15	Hora Inicio	07:25	Hora Inicio	09:10
Hora Final	09:14	Hora Final	11:09	Hora Final	13:04	Hora Final	14:54	Hora Final	09:04	Hora Final	10:49
Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99	Tiempo(x ⁻)	99
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
14,2659	102,4765	14,6436	101,8766	14,5655	102,1138	14,4110	100,1441	14,8063	102,6740	14,7854	99,2524
Pérdida de masa (gr)											
Nº de Ensayo	Fuerza Real Aplicada (Kgf)	Tiempo Promedio (min)	Velocidad Promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial (mi)	masa final (mo)	Desgaste (gr) (Δm)	Vol. Mat (mm³)	masa inicial (mi)	masa Final (mo)	Desgaste (gr) (Δm)	Vol. Mat (mm³)
1	7,2233	99,00	404	14,2666	14,2659	0,00070	0,6140	102,4792	102,4765	0,0027	0,3439
2	7,2233	99,00	404	14,6443	14,6436	0,00077	0,6725	101,8793	101,8766	0,0027	0,3482
3	7,2233	99,00	404	14,5663	14,5655	0,00073	0,6433	102,1166	102,1138	0,0028	0,3524
4	7,2233	99,00	404	14,4117	14,4110	0,00067	0,5848	100,1463	100,1441	0,0022	0,2803
5	7,2233	99,00	404	14,8069	14,8063	0,00060	0,5263	102,6763	102,6740	0,0023	0,2887
6	7,2233	99,00	404	14,7862	14,7854	0,00073	0,6433	99,2548	99,2524	0,0024	0,3015
x Promedio(X̄)				14,5803	14,5796	0,00070	0,6140	101,4254	101,4229	0,0025	0,3192
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "B")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "B"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,2233		40000			404	99	
Prueba N°	Probeta Estática NYLON 6-A		Desgaste Total (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
1	14,2666	14,2659	0,7000	0,6140	99	1595932,80	0,00620	1,38E-06
2	14,6443	14,6436	0,7667	0,6725	99	1595932,80	0,00679	1,52E-06
3	14,5663	14,5655	0,7333	0,6433	99	1595932,80	0,00650	1,45E-06
4	14,4117	14,4110	0,6667	0,5848	99	1595932,80	0,00591	1,32E-06
5	14,8069	14,8063	0,6000	0,5263	99	1595932,80	0,00532	1,19E-06
6	14,7862	14,7854	0,7333	0,6433	99	1595932,80	0,00650	1,45E-06
Promedio(\bar{X})	14,5803	14,5796	0,7000	0,6140	99	1595932,8000	0,00620	1,38E-06
	R		0,1667					
	d ₂		2,5340					
	s		0,0658					
	v		9,3960	Coefficiente de variación %				

Observaciones:



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "B")**



Tamaño de la muestra: 6 **Método :** ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "B"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,2233		40000			404	99,00	
Prueba Nº	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	1	102,4792						
2	101,8793	101,8766	2,7333	0,3482	99,00	1595932,80	0,0035	3,62E-06
3	102,1166	102,1138	2,7667	0,3524	99,00	1595932,80	0,0036	3,67E-06
4	100,1463	100,1441	2,2000	0,2803	99,00	1595932,80	0,0028	2,91E-06
5	102,6763	102,6740	2,2667	0,2887	99,00	1595932,80	0,0029	3,00E-06
6	99,2548	99,2524	2,3667	0,3015	99,00	1595932,80	0,0030	3,14E-06
Promedio(\bar{X})	101,4254	101,4229	2,5056	0,3192	99,00	1595932,80	0,0032	3,32E-06
	R		0,5667	Coefficiente de variación %				
	d ₂		2,5340					
	s		0,2236					
	v		8,9252					

Observaciones:

Procedimiento "C"

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div> 						
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340.						
Datos Informativos:						
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M		
Tipo de estudio:	De laboratorio			Ensayo N°	2-C	
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino		
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	10/09/2013		
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	11/09/2013		
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: "C"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)
	(N)	(Kgf)	(lb)			
	71.2	7.26	16	10.000	100	100
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%		
Identificación del componente de estudio:						
Probeta Estática:	Material:	NYLON		Designación :	6-A	
	Densidad:	1,14	gr/cm ³	Dureza:	76	HRD
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm
	Resistencia a la Tracción			25,98		Kg/mm ²
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340	
	Densidad:	7.85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm
	Resistencia a la Tracción			119,89		Kgf/mm ²
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados		
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple		
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)		
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico		
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etilico	
Observaciones:						
Las propiedades registradas fueron obtenidas del catálogo IVÁN BOHOMAN C.A. pág. 53 (ANEXO 5 Datos Técnicos del NYLON 6-A)						



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340,
(PROCEDIMIENTO "C").**

Lugar de realización		Laboratorio de Química general				Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS				
Temperatura ambiente del lugar		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval		
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca				Realizado Por:		Neris Zambonino				
Procedimiento			"C"			Tamaño de la muestra:			6			
PESO INICIAL										Fecha:	04/09/2013	
Probeta Estática		Material:	NYLON 6-A				Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
2C-1	2C-2	2C-3	2C-4	2C-5	2C-6	2C-1	2C-2	2C-3	2C-4	2C-5	2C-6	
14,7821	14,8194	14,6153	14,6601	14,9913	14,9232	100,8004	99,7887	99,7713	98,8483	99,7881	98,1318	
14,7823	14,8195	14,6156	14,6599	14,9914	14,9227	100,8006	99,7889	99,7714	99,8479	99,7885	98,1321	
14,7819	14,8193	14,6157	14,6602	14,9915	14,9228	100,8008	99,7892	99,7715	99,8480	99,7884	98,1315	
14,7821	14,8194	14,6155	14,6601	14,9914	14,9229	100,8006	99,7889	99,7714	99,5147	99,7883	98,1318	
PESO FINAL										Fecha:	12/09/2013	
Probeta Estática		Material:	NYLON 6-A				Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
2C-1	2C-2	2C-3	2C-4	2C-5	2C-6	2C-1	2C-2	2C-3	2C-4	2C-5	2C-6	
14,7819	14,8189	14,6151	14,6598	14,9913	14,9227	100,8003	99,7888	99,7712	98,8478	99,7879	98,1317	
14,7821	14,8193	14,6153	14,6599	14,9908	14,9228	100,8005	99,7886	99,7710	99,8475	99,7881	98,1315	
14,7815	14,8191	14,6152	14,6597	14,9911	14,9222	100,8004	99,7889	99,7713	99,8483	99,7883	98,1316	
14,7818	14,8191	14,6152	14,6598	14,9911	14,9226	100,8004	99,7887	99,7712	99,5145	99,7881	98,1316	
Observaciones:												



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340. (PROCEDIMIENTO "C").

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales		Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	3,4800				
T. ambiente del lugar:	20 °C		Realizado por:	Neris Zambonino		N° Ciclos	10000				
Procedimiento "C"	Tamaño de la muestra	6	Probeta Estática	Material:	NYLON	A-6	Probeta Móvil	Material:	AISI	4340	
				Densidad:	1,14	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³	
				Dureza:	25,98	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kgf/mm ²	
PESO INICIAL											
Ensayo N° 1		Ensayo N° 2		Ensayo N° 3		Ensayo N° 4		Ensayo N° 5		Ensayo N° 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
14,7821	100,8006	14,8194	99,7889	14,6155	99,7714	14,6601	99,5147	14,9914	99,7883	14,9229	98,1318
Fecha	10/09/2013	Fecha	10/09/2013	Fecha	10/09/2013	Fecha	10/09/2013	Fecha	11/09/2013	Fecha	11/09/2013
Hora Inicio	13;45	Hora Inicio	15;30	Hora Inicio	17;17	Hora Inicio	19;05	Hora Inicio	7;23	Hora Inicio	10;10
Hora Final	15;25	Hora Final	17;10	Hora Final	18;58	Hora Final	20;45	Hora Final	09;03	Hora Final	11;50
Tiempo(x ⁻)	100	Tiempo(x ⁻)	100	Tiempo(x ⁻)	100	Tiempo(x ⁻)	100	Tiempo(x ⁻)	198,49	Tiempo(x ⁻)	100
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
14,7818	100,8004	14,8191	99,7887	14,6152	99,7712	14,6598	99,5145	14,9911	99,7881	14,9226	98,1316
Pérdida de masa (gr)											
N° de Ensayo	Fuerza Real aplicada (Kgf)	Tiempo Promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial (mi)	masa final (mo)	Desgaste (gr) (Δm)	Vol. Mat (mm³)	masa inicial (mi)	masa Final (mo)	Desgaste (gr) (Δm)	Vol. Mat (mm³)
1	7,2236	100,00	100	14,7821	14,7818	0,00027	0,2339	100,8006	100,8004	0,00020	0,0255
2	7,2236	100,00	100	14,8194	14,8191	0,00030	0,2632	99,7889	99,7887	0,00023	0,0297
3	7,2236	100,00	100	14,6155	14,6152	0,00033	0,2924	99,7714	99,7712	0,00023	0,0297
4	7,2236	100,00	100	14,6601	14,6598	0,00027	0,2339	99,5147	99,5145	0,00020	0,0255
5	7,2236	100,00	100	14,9914	14,9911	0,00033	0,2924	99,7883	99,7881	0,00023	0,0297
6	7,2236	100,00	100	14,9229	14,9226	0,00033	0,2924	98,1318	98,1316	0,00020	0,0255
x Promedio(x⁻)				14,7986	14,7983	0,00031	0,2680	99,6326	99,6324	0,00022	0,0276
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "C")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "C"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,2236		10000			100	100,00	
Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	NYLON 6-A							
1	14,7821	14,7818	0,2667	0,2339	100,00	398983,20	0,00234	2,11E-06
2	14,8194	14,8191	0,3000	0,2632	100,00	398983,20	0,00263	2,37E-06
3	14,6155	14,6152	0,3333	0,2924	100,00	398983,20	0,00292	2,64E-06
4	14,6601	14,6598	0,2667	0,2339	100,00	398983,20	0,00234	2,11E-06
5	14,9914	14,9911	0,3333	0,2924	100,00	398983,20	0,00292	2,64E-06
6	14,9229	14,9226	0,3333	0,2924	100,00	398983,20	0,00292	2,64E-06
Promedio(\bar{X})	14,7986	14,7983	0,3056	0,2680	100,00	398983,20	0,00268	2,42E-06
R			0,0667					
d ₂			2,5340					
s			0,0263					
v			8,6102	Coefficiente de variación %				
Observaciones:								



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL NYLON 6-A, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "C")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96



PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "C"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,2236		10000			100	100,00	
Prueba N°	Probeta Móvil		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	AISI 4340							
1	100,8006	100,8004	0,2000	0,0255	100,00	398983,20	0,0003	1,06E-06
2	99,7889	99,7887	0,2333	0,0297	100,00	398983,20	0,0003	1,24E-06
3	99,7714	99,7712	0,2333	0,0297	100,00	398983,20	0,0003	1,24E-06
4	99,5147	99,5145	0,2000	0,0255	100,00	398983,20	0,0003	1,06E-06
5	99,7883	99,7881	0,2333	0,0297	100,00	398983,20	0,0003	1,24E-06
6	98,1318	98,1316	0,2000	0,0255	100,00	398983,20	0,0003	1,06E-06
Promedio(\bar{X})	99,6326	99,6324	0,2167	0,0276	100,00	398983,20	0,0003	1,15E-06
	R		0,0333					
	d ₂		2,5340					
	s		0,0132					
	v		6,0713	Coefficiente de variación %				

Observaciones:

4.1.2.9 Ensayo de Desgaste Adhesivo del Bronce Fosfórico SAE-65, sobre el Acero AISI 4340

Procedimiento “A”

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 						
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340.						
Datos Informativos:						
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M		
Tipo de estudio:	De laboratorio		Ensayo N°	3-A		
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino		
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	12/09/2013		
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	13/09/2013		
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: "A"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)
	(N)	(Kgf)	(lb)			
	71.2	7.26	16	80.000	400	200
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%		
Identificación del componente de estudio:						
Probeta Estática:	Material:	BRONCE FOSFÓRICO		Designación :	SAE-65	
	Densidad:	8,77	gr/cm ³	Dureza:	45,21	HRB
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	14	mm
	Resistencia a la Tracción			28,45		Kg/mm ²
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340	
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm
	Resistencia a la Tracción			119,89		Kg/mm ²
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados		
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple		
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)		
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico		
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etilico	
Observaciones:						
Los datos fueron tomados del ANEXO 9 Datos Técnicos del Bronce Fosfórico. ANEXO 9.1 Datos Técnicos del Bronce Fosfórico según ASM MetalHandbook						



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "A")**

Lugar de realización		Laboratorio de Química general				Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS			
Temperatura ambiente del lugar		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval	
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca				Realizado Por:		Neris Zambonino			
Procedimiento			"A"			Tamaño de la muestra:			6		
PESO INICIAL										Fecha:	13/09/2013
Probeta Estática		Material:	BRONCE FOSFÓRICO SAE-65			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
3A-1	3A-2	3A-3	3A-4	3A-5	3A-6	3A-1	3A-2	3A-3	3A-4	3A-5	3A-6
139,9450	139,7698	140,3554	140,1449	140,5497	139,7436	99,9568	98,4439	101,3584	99,4252	99,5961	99,4345
139,9452	139,7697	140,3556	140,1453	140,5498	139,7433	99,9573	98,4437	101,3583	99,4251	99,5963	99,4340
139,9455	139,7699	140,3558	140,1457	140,5499	139,7439	99,9571	98,4445	101,3582	99,4249	99,5958	99,4343
139,9452	139,7698	140,3556	140,1453	140,5498	139,7436	99,9571	98,4440	101,3583	99,4251	99,5961	99,4343
PESO FINAL										Fecha:	20/09/2013
Probeta Estática		Material:	BRONCE FOSFÓRICO SAE-65			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
3A-1	3A-2	3A-3	3A-4	3A-5	3A-6	3A-1	3A-2	3A-3	3A-4	3A-5	3A-6
138,1381	137,6150	138,3778	138,1318	138,5368	137,6234	99,9554	98,4427	101,3568	99,4231	99,5946	99,4326
138,1381	137,6150	138,3778	138,1318	138,5368	137,6234	99,9549	98,4423	101,3563	99,4235	99,5941	99,4328
138,1381	137,6150	138,3778	138,1318	138,5368	137,6234	99,9553	98,4421	101,3565	99,4237	99,5943	99,4322
138,1381	137,6150	138,3778	138,1318	138,5368	137,6234	99,9552	98,4424	101,3565	99,4234	99,5943	99,4325
Observaciones:											



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340. (PROCEDIMIENTO "A").

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales		Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)		13.88			
T. ambiente del lugar:	20 °C		Realizado por:	Neris Zambonino		Nº Ciclos		80000			
Procedimiento "A"	Tamaño de la muestra	6	Probeta Estática	Material:	BRONCE	SAE-65	Probeta Móvil	Material:	AISI	4340	
				Densidad:	8,77	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³	
				Dureza:	28,45	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kg/mm ²	
PESO INICIAL											
Ensayo Nº 1		Ensayo Nº 2		Ensayo Nº 3		Ensayo Nº 4		Ensayo Nº 5		Ensayo Nº 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
139,9452	99,9571	139,7698	98,4440	140,3556	101,3583	140,1453	99,4251	140,5498	99,5961	139,7436	99,4343
Fecha	12/09/2013	Fecha	12/09/2013	Fecha	12/09/2013	Fecha	13/09/2013	Fecha	13/09/2013	Fecha	13/09/2013
Hora Inicio	10;50	Hora Inicio	13;30	Hora Inicio	17;10	Hora Inicio	06;35	Hora Inicio	09;55	Hora Inicio	13;43
Hora Final	13;19	Hora Final	16;44	Hora Final	20;24	Hora Final	09;50	Hora Final	13;09	Hora Final	17;58
Tiempo(x ⁻)	195	Tiempo(x ⁻)	195	Tiempo(x ⁻)	195	Tiempo(x ⁻)	195	Tiempo(x ⁻)	195	Tiempo(x ⁻)	195
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
138,1381	99,9552	137,6150	98,4424	138,3778	101,3565	138,1318	99,4234	138,5368	99,5943	137,6234	99,4325
Pérdida de masa (gr)											
Nº de Ensayo	Fuerza Real aplicada (Kgf)	Tiempo Promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial	masa final	Desgaste (gr)	Vol. Mat	masa inicial	masa Final	Desgaste (gr)	Vol. Mat
				(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)	(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)
1	7,3488	198,51	403	139,9452	138,1381	1,80713	206,0585	99,9571	99,9552	0,0019	0,2378
2	7,3488	198,51	403	139,7698	137,6150	2,15480	245,7013	98,4440	98,4424	0,0017	0,2123
3	7,3488	198,51	403	140,3556	138,3778	1,97780	225,5188	101,3583	101,3565	0,0018	0,2251
4	7,3488	198,51	403	140,1453	138,1318	2,01350	229,5895	99,4251	99,4234	0,0016	0,2081
5	7,3488	198,51	403	140,5498	138,5368	2,01300	229,5325	99,5961	99,5943	0,0017	0,2225
6	7,3488	198,51	403	139,7436	137,6234	2,12020	241,7560	99,4343	99,4325	0,0017	0,2208
x Promedio(X̄)				140,0849	138,0705	2,01441	229,6928	99,7025	99,7007	0,0017	0,2211
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "A")**

Tamaño de la muestra: 6 **Método :** ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "A"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3488		80000			403	198,51	
Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	BRONCE SAE-65							
1	139,9452	138,1381	1807,1333	206,0585	198,51	3518592,00	1,03803	2,27E-04
2	139,7698	137,6150	2154,8000	245,7013	198,51	3518592,00	1,23773	2,70E-04
3	140,3556	138,3778	1977,8000	225,5188	198,51	3518592,00	1,13606	2,48E-04
4	140,1453	138,1318	2013,5000	229,5895	198,51	3518592,00	1,15656	2,53E-04
5	140,5498	138,5368	2013,0000	229,5325	198,51	3518592,00	1,15628	2,53E-04
6	139,7436	137,6234	2120,2000	241,7560	198,51	3518592,00	1,21785	2,66E-04
Promedio(\bar{X})	140,0849	138,0705	2014,4056	229,6928	198,51	3518592,00	1,15708	2,53E-04
	R		347,6667	Coefficiente de variación %				
	d ₂		2,5340					
	s		137,2007					
	v		6,8110					

Observaciones:



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340.
(PROCEDIMIENTO "A").**



Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento: "A"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3488		80000			403	198,51	
Prueba Nº	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
1	99,9571	99,9552	1,8667	0,2378	198,51	3191865,60	0,0012	1,22E-06
2	98,4440	98,4424	1,6667	0,2123	198,51	3191865,60	0,0011	1,09E-06
3	101,3583	101,3565	1,7667	0,2251	198,51	3191865,60	0,0011	1,15E-06
4	99,4251	99,4234	1,6333	0,2081	198,51	3191865,60	0,0010	1,06E-06
5	99,5961	99,5943	1,7467	0,2225	198,51	3191865,60	0,0011	1,14E-06
6	99,4343	99,4325	1,7333	0,2208	198,51	3191865,60	0,0011	1,13E-06
Promedio(\bar{X})	99,7025	99,7007	1,7356	0,2211	198,51	3191865,60	0,0011	1,13E-06
	R		0,2333					
	d ₂		2,5340					
	s		0,0921					
	v		5,3056	Coefficiente de variación %				

Observaciones:

Procedimiento "B"

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340.								
Datos Informativos:								
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M				
Tipo de estudio:	De laboratorio			Ensayo N°	3-B			
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino				
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	13/09/2013				
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	14/09/2013				
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96								
Procedimiento: "B"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)		
	(N)	(Kgf)	(lb)					
		71.2	7.26	16	40.000	400	100	
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%				
Identificación del componente de estudio:								
Probeta Estática:	Material:	BRONCE FOSFÓRICO		Designación :	SAE-65			
	Densidad:	8,77	gr/cm ³	Dureza:	45,21	HRB		
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	14	mm		
	Resistencia a la Tracción			28,45		Kg/mm ²		
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340			
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC		
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm		
	Resistencia a la Tracción			119,89		Kg/mm ²		
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados				
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple				
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)				
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico				
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etilico			
Observaciones:								
Los datos fueron tomados del ANEXO 9 Datos Técnicos del Bronce Fosfórico. ANEXO 9.1 Datos Técnicos del Bronce Fosfórico según ASM MetalHandbook								



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "B")**

Lugar de realización		Laboratorio de Química General		Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS						
Temperatura ambiente del lugar		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval		
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado Por:		Neris Zambonino						
Procedimiento		"B"		Tamaño de la muestra:		6						
PESO INICIAL										Fecha:	13/09/2013	
Probeta Estática		Material:	BRONCE FOSFÓRICO SAE-65			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340			
3B-1	3B-2	3B-3	3B-4	3B-5	3B-6	3B-1	3B-2	3B-3	3B-4	3B-5	3B-6	
139,7823	140,6645	140,6157	140,1685	138,0289	140,3701	99,7334	100,2637	97,8382	99,7458	100,5668	100,0476	
139,7819	140,6645	140,6157	140,1684	138,0278	140,3695	99,7328	100,2634	97,8378	99,7455	100,5670	100,0473	
139,7821	140,6645	140,6157	140,1682	138,0278	140,3698	99,7331	100,2633	97,8379	99,7456	100,5666	100,0472	
139,7821	140,6645	140,6157	140,1684	138,0282	140,3698	99,7331	100,2635	97,8380	99,7456	100,5668	100,0474	
PESO FINAL										Fecha:	20/09/2013	
Probeta Estática		Material:	BRONCE FOSFÓRICO SAE-65			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340			
3B-1	3B-2	3B-3	3B-4	3B-5	3B-6	3B-1	3B-2	3B-3	3B-4	3B-5	3B-6	
138,7774	139,6896	139,6478	139,1854	137,1440	139,3676	99,7317	100,2618	97,8364	99,7442	100,5655	100,0461	
138,7772	139,6905	139,6478	139,1857	137,1440	139,3673	99,7316	100,2624	97,8366	99,7445	100,5653	100,0459	
138,7769	139,6898	139,6478	139,1855	137,1440	139,3675	99,7319	100,2619	97,8367	99,7443	100,5656	100,0458	
138,7772	139,6900	139,6478	139,1855	137,1440	139,3675	99,7317	100,2620	97,8366	99,7443	100,5655	100,0459	
Observaciones:												



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340. (PROCEDIMIENTO "B").

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales	Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	13.88					
T. ambiente del lugar:	20 °C	Realizado por:	Neris Zambonino		N° Ciclos	40000					
Procedimiento "B"	Tamaño de la Muestra 6	Probeta Estática	Material:	BRONCE	SAE-65	Probeta Móvil	Material:	AISI	4340		
			Densidad:	8,77	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³		
			Dureza:	28,45	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kg/mm ²		
PESO INICIAL											
Ensayo N° 1		Ensayo N° 2		Ensayo N° 3		Ensayo N° 4		Ensayo N° 5		Ensayo N° 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
139,7821	99,7331	140,6645	100,2635	140,6157	97,8380	140,1684	99,7456	138,0282	100,5668	140,3698	100,0474
Fecha	13/09/2013	Fecha	14/09/2013	Fecha	14/09/2013	Fecha	14/09/2013	Fecha	14/09/2013	Fecha	14/09/2013
Hora Inicio	17;50	Hora Inicio	07;30	Hora Inicio	09;17	Hora Inicio	11;00	Hora Inicio	13;40	Hora Inicio	15;21
Hora Final	19;28	Hora Final	09;08	Hora Final	10;55	Hora Final	12;38	Hora Final	15;18	Hora Final	16;59
Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
138,7772	99,7317	139,6900	100,2620	139,6478	97,8366	139,1855	99,7443	137,1440	100,5655	139,3675	100,0459
Pérdida de masa (gr)											
N° de Ensayo	Fuerza real aplicada (Kgf)	Tiempo promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial	masa final	Desgaste (gr)	Vol. Mat	masa inicial	masa Final	Desgaste (gr)	Vol. Mat
				(mi)	(mo)	(Δm)	(mm³)	(mi)	(mo)	(Δm)	(mm³)
1	7,3487	99,00	404	139,7821	138,7772	1,00493	114,5876	99,7331	99,7317	0,00137	0,1741
2	7,3487	99,00	404	140,6645	139,6900	0,97453	111,1212	100,2635	100,2620	0,00143	0,1826
3	7,3487	99,00	404	140,6157	139,6478	0,96790	110,3649	97,8380	97,8366	0,00140	0,1783
4	7,3487	99,00	404	140,1684	139,1855	0,98283	112,0677	99,7456	99,7443	0,00130	0,1656
5	7,3487	99,00	404	138,0282	137,1440	0,88417	100,8172	100,5668	100,5655	0,00133	0,1699
6	7,3487	99,00	404	140,3698	139,3675	1,00233	114,2911	100,0474	100,0459	0,00143	0,1826
x Promedio(X̄)				139,9381	138,9687	0,96945	110,5416	99,6991	99,6977	0,00138	0,1755
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "B")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "B"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3487		40000			404	99,00	
Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	BRONCE SAE-65							
1	139,7821	138,7772	1004,9333	114,5876	99,0000	1759296,0000	1,15745	2,52E-04
2	140,6645	139,6900	974,5333	111,1212	99,0000	1759296,0000	1,12244	2,45E-04
3	140,6157	139,6478	967,9000	110,3649	99,0000	1759296,0000	1,11480	2,43E-04
4	140,1684	139,1855	982,8333	112,0677	99,0000	1759296,0000	1,13200	2,47E-04
5	138,0282	137,1440	884,1667	100,8172	99,0000	1759296,0000	1,01836	2,22E-04
6	140,3698	139,3675	1002,3333	114,2911	99,0000	1759296,0000	1,15446	2,52E-04
Promedio(\bar{X})	139,9381	138,9687	969,4500	110,5416	99,0000	1759296,0000	1,11658	2,43E-04
	R		120,7667					
	d ₂		2,5340					
	s		47,6585					
	v		4,9160	Coefficiente de variación %				
Observaciones:								



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "B")**



Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "B"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3487		40000			404	99,00	
Prueba N°	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	1	99,7331						
2	100,2635	100,2620	1,4333	0,1826	99,00	1595932,80	0,0018	1,87E-06
3	97,8380	97,8366	1,4000	0,1783	99,00	1595932,80	0,0018	1,82E-06
4	99,7456	99,7443	1,3000	0,1656	99,00	1595932,80	0,0017	1,69E-06
5	100,5668	100,5655	1,3333	0,1699	99,00	1595932,80	0,0017	1,74E-06
6	100,0474	100,0459	1,4333	0,1826	99,00	1595932,80	0,0018	1,87E-06
Promedio(\bar{X})	99,6991	99,6977	1,3778	0,1755	99,00	1595932,80	0,0018	1,79E-06
	R		0,1333					
	d ₂		2,5340					
	s		0,0526					
	v		3,8190	Coefficiente de variación %				

Observaciones:

Procedimiento “C”

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340.							
Datos Informativos:							
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M			
Tipo de estudio:	De laboratorio			Ensayo N°	3-C		
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino			
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	14/09/2013			
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	15/09/2013			
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96							
Procedimiento: "C"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	
	(N)	(Kgf)	(lb)				
	71.2	7.26	16	10.000	100	100	
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%			
Identificación del componente de estudio:							
Probeta Estática:	Material:	BRONCE FOSFÓRICO		Designación :	SAE-65		
	Densidad:	8,77	gr/cm ³	Dureza:	45,21	HRB	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	14	mm	
	Resistencia a la Tracción			28,45		Kg/mm ²	
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340		
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm	
	Resistencia a la Tracción			119,89		Kg/mm ²	
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados			
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple			
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)			
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico			
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etílico		
Observaciones:							
Los datos fueron tomados del ANEXO 9 Datos Técnicos del Bronce Fosfórico. ANEXO 9.1 Datos Técnicos del Bronce Fosfórico según ASM MetalHandbook							



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "C")**

Lugar de realización		Laboratorio de Química General				Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS				
Temperatura ambiente del lugar		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval		
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca				Realizado Por:		Neris Zambonino				
Procedimiento			"C"			Tamaño de la muestra:			3			
PESO INICIAL										Fecha:		13/09/2013
Probeta Estática		Material:		BRONCE FOSFÓRICO SAE-65		Probeta Móvil		Material:		ACERO AISI 4340		
3C-1	3C-2	3C-3	3C-4	3C-5	3C-6	3C-1	3C-2	3C-3	3C-4	3C-5	3C-6	
139,0517	139,0892	140,6581	140,0475	139,1288	140,1515	100,1397	99,8923	99,4154	99,3118	97,7829	100,2614	
139,0518	139,0893	140,6584	140,0478	139,1286	140,1513	100,1396	99,8919	99,4149	99,3115	97,7827	100,2620	
139,0519	139,0889	140,6587	140,0473	139,1289	140,1511	100,1399	99,8921	99,4151	99,3113	97,7825	100,2620	
139,0518	139,0891	140,6584	140,0475	139,1288	140,1513	100,1397	99,8921	99,4151	99,3115	97,7827	100,2618	
PESO FINAL										Fecha:		20/09/2013
Probeta Estática		Material:		BRONCE FOSFÓRICO SAE-65		Probeta Móvil		Material:		ACERO AISI 4340		
3C-1	3C-2	3C-3	3C-4	3C-5	3C-6	3C-1	3C-2	3C-3	3C-4	3C-5	3C-6	
138,7693	138,8160	140,3932	139,7967	138,8784	139,8831	100,1387	99,8915	99,4145	99,3109	97,7819	100,2609	
138,7698	138,8159	140,3931	139,7966	138,8782	139,8829	100,1389	99,8914	99,4144	99,3110	97,7821	100,2612	
138,7695	138,8161	140,3934	139,7963	138,8786	139,8834	100,1395	99,8911	99,4143	99,3108	97,7818	100,2613	
138,7695	138,8160	140,3932	139,7965	138,8784	139,8831	100,1390	99,8913	99,4144	99,3109	97,7819	100,2611	
Observaciones:												



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65 SOBRE, EL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO "C")

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales	Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	3,4800					
T. ambiente del lugar:	20 °C	Realizado por:	Neris Zambonino		N° Ciclos	10000					
Procedimiento: "C"	Tamaño de la muestra: 6	Probeta Estática	Material:	BRONCE	SAE-65	Probeta Móvil	Material:	AISI	4340		
			Densidad:	8,77	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³		
			Dureza:	28,45	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kg/mm ²		
PESO INICIAL											
Ensayo N° 1		Ensayo N° 2		Ensayo N° 3		Ensayo N° 4		Ensayo N° 5		Ensayo N° 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
139,0518	100,1397	139,0891	99,8921	140,6584	99,4151	140,0475	99,3115	139,1288	97,7827	140,1513	100,2618
Fecha	14/09/2013	Fecha	15/09/2013	Fecha	15/09/2013	Fecha	15/09/2013	Fecha	15/09/2013	Fecha	15/09/2013
Hora Inicio	17:45	Hora Inicio	06:31	Hora Inicio	08:15	Hora Inicio	10:00	Hora Inicio	17:05	Hora Inicio	18:50
Hora Final	19:25	Hora Final	08:11	Hora Final	09:55	Hora Final	11:40	Hora Final	18:45	Hora Final	20:30
Tiempo(x ⁻)	100	Tiempo(x ⁻)	100	Tiempo(x ⁻)	100	Tiempo(x ⁻)	100	Tiempo(x ⁻)	100	Tiempo(x ⁻)	100
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
138,7695	100,1390	138,8160	99,8913	140,3932	99,4144	139,7965	99,3109	138,8784	97,7819	139,8831	100,2611
Pérdida de masa (gr)											
N° de Ensayo	Fuerza real aplicada (Kgf)	Tiempo promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial	masa final	Desgaste (gr)	Vol. Mat	masa inicial	masa Final	Desgaste (gr)	Vol. Mat
				(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)	(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)
1	7,3484	100,00	100	139,0518	138,7695	0,28227	32,1855	100,1397	100,1390	0,00070	0,0892
2	7,3484	100,00	100	139,0891	138,8160	0,27313	31,1441	99,8921	99,8913	0,00077	0,0977
3	7,3484	100,00	100	140,6584	140,3932	0,26517	30,2357	99,4151	99,4144	0,00073	0,0934
4	7,3484	100,00	100	140,0475	139,7965	0,25100	28,6203	99,3115	99,3109	0,00063	0,0807
5	7,3484	100,00	100	139,1288	138,8784	0,25037	28,5481	97,7827	97,7819	0,00077	0,0977
6	7,3484	100,00	100	140,1513	139,8831	0,26817	30,5777	100,2618	100,2611	0,00065	0,0828
x Promedio(x⁻)				139,6878	139,4228	0,26502	30,2185	99,4672	99,4665	0,00071	0,0902
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "C")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "C"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3484		10000			100	100,00	
Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	BRONCE SAE-65							
1	139,0518	138,7695	282,2667	32,1855	100,00	439824,00	0,32185	2,83E-04
2	139,0891	138,8160	273,1333	31,1441	100,00	439824,00	0,31144	2,74E-04
3	140,6584	140,3932	265,1667	30,2357	100,00	439824,00	0,30236	2,66E-04
4	140,0475	139,7965	251,0000	28,6203	100,00	439824,00	0,28620	2,52E-04
5	139,1288	138,8784	250,3667	28,5481	100,00	439824,00	0,28548	2,51E-04
6	140,1513	139,8831	268,1667	30,5777	100,00	439824,00	0,30578	2,69E-04
Promedio(\bar{X})	139,6878	139,4228	265,0167	30,2185	100,00	439824,00	0,30219	2,66E-04
R			31,9000	Coefficiente de variación %				
d ₂			2,5340					
s			12,5888					
v			4,7502					
Observaciones:								



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE FOSFÓRICO SAE-65, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "C")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96


PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento: "C"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3484		10000			100	100,00	
Prueba N°	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
1	100,1397	100,1390	0,7000	0,0892	100,00	398983,20	0,0009	3,65E-06
2	99,8921	99,8913	0,7667	0,0977	100,00	398983,20	0,0010	3,99E-06
3	99,4151	99,4144	0,7333	0,0934	100,00	398983,20	0,0009	3,82E-06
4	99,3115	99,3109	0,6333	0,0807	100,00	398983,20	0,0008	3,30E-06
5	97,7827	97,7819	0,7667	0,0977	100,00	398983,20	0,0010	3,99E-06
6	100,2618	100,2611	0,6500	0,0828	100,00	398983,20	0,0008	3,39E-06
Promedio(\bar{X})	99,4672	99,4665	0,7083	0,0902	100,00	398983,20	0,0009	3,69E-06
	R		0,1333	Coefficiente de variación %				
	d ₂		2,5340					
	s		0,0526					
	v		7,4284					

Observaciones:

4.1.2.10 Ensayo de Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio, sobre el Acero AISI 4340

Procedimiento "A"

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340.							
Datos Informativos:							
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M			
Tipo de estudio:	De laboratorio			Ensayo N°	4-A		
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino			
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	17/09/2013			
Normas Aplicables:		ASTM G83-96		Fecha Finalización:	18/09/2013		
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96							
Procedimiento: "A"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	
	(N)	(Kgf)	(lb)				
	71.2	7.26	16	80.000	400	200	
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%			
Identificación del componente de estudio:							
Probeta Estática:	Material:	BRONCE AL ALUMINIO		Designación :	SAE 68		
	Densidad:	7,45	gr/cm ³	Dureza:	96	HRB	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	14	mm	
	Resistencia a la Tracción			73,42		Kg/mm ²	
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340		
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm	
	Resistencia a la Tracción			119,89		Kg/mm ²	
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados			
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple			
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)			
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico			
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etílico		
Observaciones:							
Los datos fueron tomados del ANEXO 7 Datos Técnicos del Bronce al Aluminio ANEXO 7.1 Datos Técnicos del Bronce al Aluminio según ASM MetalHandbook.							



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "A")**

Lugar de realización		Laboratorio de Química general				Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS			
Temperatura ambiente del lugar		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval	
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca				Realizado Por:		Neris Zambonino			
Procedimiento:			"A"			Tamaño de la muestra:			6		
PESO INICIAL										Fecha:	16/09/2013
Probeta Estática		Material:	BRONCE AL ALUMINIO			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
4A-1	4A-2	4A-3	4A-4	4A-5	4A-6	4A-1	4A-2	4A-3	4A-4	4A-5	4A-6
118,5206	118,0458	118,4433	118,2273	118,5046	117,0154	100,6878	100,1666	97,0620	99,6713	98,1246	100,5725
118,5210	118,0451	118,4436	118,2278	118,5048	117,0158	100,6876	100,1664	97,0623	99,6712	98,1243	100,5727
118,5207	118,0459	118,4435	118,2272	118,5047	117,0153	100,6872	100,1669	97,0619	99,6715	98,1248	100,5722
118,5208	118,0456	118,4435	118,2274	118,5047	117,0155	100,6875	100,1666	97,0621	99,6713	98,1246	100,5725
PESO FINAL										Fecha:	23/09/2013
Probeta Estática		Material:	BRONCE AL ALUMINIO			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
4A-1	4A-2	4A-3	4A-4	4A-5	4A-6	4A-1	4A-2	4A-3	4A-4	4A-5	4A-6
118,3582	117,8949	118,2596	118,0676	118,3535	116,8314	100,6508	100,1314	97,0229	99,6362	98,0925	100,5355
118,3581	117,8953	118,2598	118,0678	118,3533	116,8313	100,6510	100,1318	97,0233	99,6363	98,0936	100,5358
118,3584	117,8947	118,2595	118,0676	118,3531	116,8312	100,6509	100,1315	97,0231	99,6366	98,0938	100,5357
118,3582	117,8950	118,2596	118,0677	118,3533	116,8313	100,6509	100,1316	97,0231	99,6364	98,0933	100,5357
Observaciones:											



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO "A")

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales	Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	13.87					
T. ambiente del lugar:	20 °C	Realizado por:	Neris Zambonino		N° Ciclos	80000					
Procedimiento "A"	Tamaño de la muestra 6	Probeta Estática	Material:	BRONCE AL ALUMINIO		Probeta Móvil	Material:	AISI	4340		
			Densidad:	7,45	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³		
			Dureza:	73,42	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kgf/mm ²		
PESO INICIAL											
Ensayo N° 1		Ensayo N° 2		Ensayo N° 3		Ensayo N° 4		Ensayo N° 5		Ensayo N° 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
118,5208	100,6875	118,0456	100,1666	118,4435	97,0621	118,2274	99,6713	118,5047	98,1246	117,0155	100,5725
Fecha	17/09/2013	Fecha	17/09/2013	Fecha	18/09/2013	Fecha	18/09/2013	Fecha	18/09/2013	Fecha	18/09/2013
Hora Inicio	12:36	Hora Inicio	16:05	Hora Inicio	06:14	Hora Inicio	09:36	Hora Inicio	13:20	Hora Inicio	17:11
Hora Final	15:52	Hora Final	19:21	Hora Final	09:30	Hora Final	12:52	Hora Final	16:36	Hora Final	20:27
Tiempo(x ⁻)	196	Tiempo(x ⁻)	196	Tiempo(x ⁻)	196	Tiempo(x ⁻)	196	Tiempo(x ⁻)	196	Tiempo(x ⁻)	196
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
118,3582	100,6509	117,8950	100,1316	118,2596	97,0231	118,0677	99,6364	118,3533	98,0933	116,8313	100,5357
Pérdida de masa (gr)											
N° de Ensayo	Fuerza real aplicada (Kgf)	Tiempo promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial	masa final	Desgaste (gr)	Vol. Mat	masa inicial	masa Final	Desgaste(gr)	Vol. Mat
				(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)	(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)
1	7,3269	196	408	118,5208	118,3582	0,16253	21,8166	100,6875	100,6509	0,0366	4,6667
2	7,3269	196	408	118,0456	117,8950	0,15063	20,2192	100,1666	100,1316	0,0351	4,4671
3	7,3269	196	408	118,4435	118,2596	0,18383	24,6756	97,0621	97,0231	0,0390	4,9639
4	7,3269	196	408	118,2274	118,0677	0,15977	21,4452	99,6713	99,6364	0,0350	4,4544
5	7,3269	196	408	118,5047	118,3533	0,15140	20,3221	98,1246	98,0933	0,0313	3,9830
6	7,3269	196	408	117,0155	116,8313	0,18420	24,7248	100,5725	100,5357	0,0368	4,6879
x Promedio(X̄)				118,1262	117,9609	0,16539	22,2006	99,3808	99,3452	0,0356	4,5372
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "A")**

Tamaño de la muestra: 6 **Método :** ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "A"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3269		80000			408	196,00	
Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	BRONCE AL ALUMINIO							
1	118,5208	118,3582	162,5333	21,8166	196,00	3518592,00	0,11131	6,21E-05
2	118,0456	117,8950	150,6333	20,2192	196,00	3518592,00	0,10316	5,76E-05
3	118,4435	118,2596	183,8333	24,6756	196,00	3518592,00	0,12590	7,03E-05
4	118,2274	118,0677	159,7667	21,4452	196,00	3518592,00	0,10941	6,11E-05
5	118,5047	118,3533	151,4000	20,3221	196,00	3518592,00	0,10368	5,79E-05
6	117,0155	116,8313	184,2000	24,7248	196,00	3518592,00	0,12615	7,04E-05
Promedio(\bar{X})	118,1262	117,9609	165,3944	22,2006	196,00	3518592,00	0,11327	6,32E-05
	R		33,5667					
	d ₂		2,5340					
	s		13,2465					
	v		8,0090	Coefficiente de variación %				
Observaciones:								



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




**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "A")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "A"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3269		80000			408	196,00	
Prueba Nº	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Velocidad de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
1	100,6875	100,6509	36,6333	4,6667	196,00	3191865,60	0,0238	2,39E-05
2	100,1666	100,1316	35,0667	4,4671	196,00	3191865,60	0,0228	2,29E-05
3	97,0621	97,0231	38,9667	4,9639	196,00	3191865,60	0,0253	2,54E-05
4	99,6713	99,6364	34,9667	4,4544	196,00	3191865,60	0,0227	2,28E-05
5	98,1246	98,0933	31,2667	3,9830	196,00	3191865,60	0,0203	2,04E-05
6	100,5725	100,5357	36,8000	4,6879	196,00	3191865,60	0,0239	2,40E-05
Promedio(̄X)	99,3808	99,3452	35,6167	4,5372	196,00	3191865,60	0,0231	2,33E-05
	R		7,7000	Coefficiente de variación %				
	d ₂		2,5340					
	s		3,0387					
	v		8,5316					
Observaciones:								

Procedimiento “B”

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340.							
Datos Informativos:							
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M			
Tipo de estudio:	De laboratorio			Ensayo N°	4-B		
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino			
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	19/09/2013			
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	19/09/2013			
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96							
Procedimiento: "B"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	
	(N)	(Kgf)	(lb)				
	71.2	7.26	16	40.000	400	100	
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%			
Identificación del componente de estudio:							
Probeta Estática:	Material:	BRONCE AL ALUMINIO		Designación :	SAE 68		
	Densidad:	7,45	gr/cm ³	Dureza:	96	HRB	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro:	14	mm	
	Resistencia a la Tracción				73,42	(Kg/mm ²)	
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340		
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HB	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm	
	Resistencia a la Tracción				119,89	Kg/mm ²	
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados			
Tipo de movimiento:				Deslizamiento Simple			
Tipo de lubricación:				Seca (Sin lubricación)			
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico			
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etílico		
Observaciones:							
Los datos fueron tomados del ANEXO 7 Datos Técnicos del Bronce al Aluminio ANEXO 7.1 Datos Técnicos del Bronce al Aluminio según ASM MetalHandbook.							



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "B")**

Lugar de realización		Laboratorio de Química general				Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS				
Temperatura ambiente del lugar			20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval	
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca			Realizado Por:			Neris Zambonino				
Procedimiento			"B"			Tamaño de la muestra:			6			
PESO INICIAL										Fecha:	16/09/2013	
Probeta Estática		Material:	BRONCE AL ALUMINIO			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340			
4B-1	4B-2	4B-3	4B-4	4B-5	4B-6	4B-1	4B-2	4B-3	4B-4	4B-5	4B-6	
118,3517	118,8443	118,1351	118,9833	117,8184	121,0883	100,4306	99,8111	99,9935	97,8225	100,3359	97,1428	
118,3515	118,8454	118,1348	118,9829	117,8179	121,0885	100,4306	99,8116	99,9934	97,8228	100,3357	97,1422	
118,3519	118,8448	118,1353	118,9832	117,8188	121,0882	100,4308	99,8109	99,9938	97,8224	100,3352	97,1429	
118,3517	118,8448	118,1351	118,9831	117,8184	121,0883	100,4307	99,8112	99,9936	97,8226	100,3356	97,1426	
PESO FINAL										Fecha:	23/09/2013	
Probeta Estática		Material:	BRONCE AL ALUMINIO			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340			
4B-1	4B-2	4B-3	4B-4	4B-5	4B-6	4B-1	4B-2	4B-3	4B-4	4B-5	4B-6	
118,2244	118,7203	118,0192	118,8701	117,7078	120,9745	100,4234	99,8033	99,9851	97,8153	100,3281	97,1346	
118,2246	118,7208	118,0194	118,8706	117,7081	120,9742	100,4229	99,8035	99,9855	97,8150	100,3283	97,1345	
118,2238	118,7198	118,0195	118,8695	117,7087	120,9748	100,4236	99,8028	99,9850	97,8155	100,3282	97,1347	
118,2243	118,7203	118,0194	118,8701	117,7082	120,9745	100,4233	99,8032	99,9852	97,8153	100,3282	97,1346	
Observaciones:												



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO "B")

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales	Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	13.88					
T. ambiente del lugar:	20 °C	Realizado por:	Neris Zambonino		Nº Ciclos	40000					
Procedimiento "B"	Tamaño de la Muestra 6	Probeta Estática	Material:	BRONCE AL ALUMINIO		Probeta Móvil	Material:	AISI	4340		
			Densidad:	7,45	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³		
			Dureza:	73,42	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kgf/mm ²		
PESO INICIAL											
Ensayo Nº 1		Ensayo Nº 2		Ensayo Nº 3		Ensayo Nº 4		Ensayo Nº 5		Ensayo Nº 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
118,3517	100,4307	118,8448	99,8112	118,1351	99,9936	118,9831	97,8226	117,8184	100,3356	121,0883	97,1426
Fecha	19/09/2013	Fecha	19/09/2013	Fecha	19/09/2013	Fecha	19/09/2013	Fecha	19/09/2013	Fecha	19/09/2013
Hora Inicio	07:05	Hora Inicio	08:50	Hora Inicio	10:37	Hora Inicio	12:20	Hora Inicio	14:04	Hora Inicio	16:00
Hora Final	08:43	Hora Final	10:28	Hora Final	12:15	Hora Final	13:58	Hora Final	15:42	Hora Final	17:38
Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
118,2243	100,4233	118,7203	99,8032	118,0194	99,9852	118,8701	97,8153	117,7082	100,3282	120,9745	97,1346
Pérdida de masa (gr)											
Nº de Ensayo	Fuerza real aplicada (Kgf)	Tiempo promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial	masa final	Desgaste (gr)	Vol. Mat	masa inicial	masa Final	Desgaste (gr)	Vol. Mat
				(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)	(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)
1	7,3276	99	404	118,3517	118,2243	0,12743	17,1051	100,4307	100,4233	0,00737	0,9384
2	7,3276	99	404	118,8448	118,7203	0,12453	16,7159	99,8112	99,8032	0,00800	1,0191
3	7,3276	99	404	118,1351	118,0194	0,11570	15,5302	99,9936	99,9852	0,00837	1,0658
4	7,3276	99	404	118,9831	118,8701	0,11307	15,1767	97,8226	97,8153	0,00730	0,9299
5	7,3276	99	404	117,8184	117,7082	0,11017	14,7875	100,3356	100,3282	0,00740	0,9427
6	7,3276	99	404	121,0883	120,9745	0,11383	15,2796	97,1426	97,1346	0,00803	1,0234
x Promedio(X̄)				118,8702	118,7528	0,11746	15,7658	99,2560	99,2483	0,00774	0,9866
Observaciones:											





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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "B")**

Tamaño de la muestra:		6		Método :			ASTM G83-96	
PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96								
Procedimiento "B"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3276		40000			404	99,00	
Prueba Nº	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm³/min)	K Experimental
1	100,4307	100,4233	7,3667	0,9384	99,00	1595932,80	0,0095	9,62E-06
2	99,8112	99,8032	8,0000	1,0191	99,00	1595932,80	0,0103	1,04E-05
3	99,9936	99,9852	8,3667	1,0658	99,00	1595932,80	0,0108	1,09E-05
4	97,8226	97,8153	7,3000	0,9299	99,00	1595932,80	0,0094	9,53E-06
5	100,3356	100,3282	7,4000	0,9427	99,00	1595932,80	0,0095	9,66E-06
6	97,1426	97,1346	8,0333	1,0234	99,00	1595932,80	0,0103	1,05E-05
Promedio(\bar{X})	99,2560	99,2483	7,7444	0,9866	99,00	1595932,80	0,00997	1,01E-05
			R					
			d ₂					
			s					
			v	Coefficiente de variación %				
Observaciones:								

Procedimiento “C”

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340.									
Datos Informativos:									
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M					
Tipo de estudio:		De laboratorio		Ensayo N°		4-C			
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:		Neris Zambonino			
Supervisado por:		Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:		20/09/2013			
Normas Aplicables:		ASTM G83-96		Fecha Finalización:		21/09/2013			
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96									
Procedimiento: "C"		Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)		
		(N)	(Kgf)	(lb)					
		71.2	7.26	16	10.000	100	100		
Tolerancia 3%				Tolerancia 2%					
Identificación del componente de estudio:									
Probeta Estática:		Material:		BRONCE AL ALUMINIO		Designación :		SAE 68	
		Densidad:		7,45 gr/cm ³		Dureza:		96 HRB	
		Longitud:		101,6 mm		Diámetro		14 mm	
		Resistencia a la Tracción				73,42		Kg/mm ²	
Probeta Móvil:		Material:		ACERO		Designación :		AISI 4340	
		Densidad:		7.85 gr/cm ³		Dureza:		37,25 HB	
		Longitud:		101,6 mm		Diámetro		12,7 mm	
		Resistencia a la Tracción				119,89		Kg/mm ²	
Tipo de aparato:				Cilindros cruzados					
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple					
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)					
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico					
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:		Alcohol Etilico			
Observaciones:									
Los datos fueron tomados del ANEXO 7 Datos Técnicos del Bronce al Aluminio ANEXO 7.1 Datos Técnicos del Bronce al Aluminio según ASM MetalHandbook.									



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "C")**

Lugar de realización		Laboratorio de Química general				Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS			
Temperatura ambiente del lugar		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval	
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca				Realizado Por:		Neris Zambonino			
Procedimiento			"C"			Tamaño de la muestra:			6		
PESO INICIAL										Fecha:	16/09/2013
Probeta Estática		Material:	BRONCE AL ALUMINIO			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
4C-1	4C-2	4C-3	4C-4	4C-5	4C-6	4C-1	4C-2	4C-3	4C-4	4C-5	4C-6
118,1121	118,6705	117,8915	117,9944	117,8867	119,8043	99,0526	99,5744	98,4849	99,7238	99,8352	99,5457
118,1125	118,6703	117,8913	117,9943	117,8864	119,8045	99,0524	99,5743	98,4848	99,7237	99,8353	99,5464
118,1129	118,6708	117,8911	117,9949	117,8863	119,8042	99,0529	99,5741	98,4854	99,7239	99,8355	99,5459
118,1125	118,6705	117,8913	117,9945	117,8865	119,8043	99,0526	99,5743	98,4850	99,7238	99,8353	99,5460
PESO FINAL										Fecha:	23/09/2013
Probeta Estática		Material:	BRONCE AL ALUMINIO			Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
4C-1	4C-2	4C-3	4C-4	4C-5	4C-6	4C-1	4C-2	4C-3	4C-4	4C-5	4C-6
118,0475	118,6121	117,8353	117,9301	117,8182	119,7397	99,0503	99,5716	98,4828	99,7216	99,8325	99,5433
118,0482	118,6118	117,8353	117,9305	117,8185	119,7399	99,0505	99,5718	98,4823	99,7213	99,8329	99,5437
118,0470	118,6123	117,8352	117,9292	117,8183	119,7395	99,0504	99,5713	98,4829	99,7218	99,8327	99,5435
118,0476	118,6121	117,8353	117,9299	117,8183	119,7397	99,0504	99,5716	98,4827	99,7216	99,8327	99,5435
Observaciones:											



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO "C")

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales	Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	3,4700					
T. ambiente del lugar:	20 °C	Realizado por:	Neris Zambonino		Nº Ciclos	10000					
Procedimiento "C"	Tamaño de la muestra 6	Probeta Estática	Material:	BRONCE AL ALUMINIO		Probeta Móvil	Material:	AISI	4340		
			Densidad:	7,45	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³		
			Dureza:	73,42	Kg/mm ²		Dureza:	119,89	Kgf/mm ²		
PESO INICIAL											
Ensayo Nº 1		Ensayo Nº 2		Ensayo Nº 3		Ensayo Nº 4		Ensayo Nº 5		Ensayo Nº 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
118,1125	99,0526	118,6705	99,5743	117,8913	98,4850	117,9945	99,7238	117,8865	99,8353	119,8043	99,5460
Fecha	19/09/2013	Fecha	19/09/2013	Fecha	19/09/2013	Fecha	20/09/2013	Fecha	20/09/2013	Fecha	21/09/2013
Hora Inicio	07:05	Hora Inicio	09:00	Hora Inicio	15:21	Hora Inicio	17:18	Hora Inicio	19:05	Hora Inicio	07:06
Hora Final	08:43	Hora Final	10:38	Hora Final	17:02	Hora Final	18:59	Hora Final	20:46	Hora Final	08:47
Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98	Tiempo(x ⁻)	98
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
118,0476	99,0504	118,6121	99,5716	117,8353	98,4827	117,9299	99,7216	117,8183	99,8327	119,7397	99,5435
Pérdida de masa (gr)											
Nº de Ensayo	Fuerza Real aplicada (Kgf)	Tiempo promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial	masa final	Desgaste (gr)	Vol. Mat	masa inicial	masa Final	Desgaste (gr)	Vol. Mat
				(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)	(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)
1	7,3272	101	99	118,1125	118,0476	0,06493	8,7159	99,0526	99,0504	0,00223	0,2845
2	7,3272	101	99	118,6705	118,6121	0,05847	7,8479	99,5743	99,5716	0,00270	0,3439
3	7,3272	101	99	117,8913	117,8353	0,05603	7,5213	98,4850	98,4827	0,00237	0,3015
4	7,3272	101	99	117,9945	117,9299	0,06460	8,6711	99,7238	99,7216	0,00223	0,2845
5	7,3272	101	99	117,8865	117,8183	0,06813	9,1454	99,8353	99,8327	0,00263	0,3355
6	7,3272	101	99	119,8043	119,7397	0,06463	8,6756	99,5460	99,5435	0,00250	0,3185
x Promedio(x⁻)				118,3933	118,3305	0,06280	8,4295	99,3695	99,3671	0,00244	0,3114
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "C")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "C"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3272		10000			99	101,00	
Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	BRONCE AL ALUMINIO							
1	118,1125	118,0476	64,9333	8,7159	101,00	439824,00	0,08630	1,99E-04
2	118,6705	118,6121	58,4667	7,8479	101,00	439824,00	0,07770	1,79E-04
3	117,8913	117,8353	56,0333	7,5213	101,00	439824,00	0,07447	1,71E-04
4	117,9945	117,9299	64,6000	8,6711	101,00	439824,00	0,08585	1,98E-04
5	117,8865	117,8183	68,1333	9,1454	101,00	439824,00	0,09055	2,08E-04
6	119,8043	119,7397	64,6333	8,6756	101,00	439824,00	0,08590	1,98E-04
Promedio(\bar{X})	118,3933	118,3305	62,8000	8,4295	101,00	439824,00	0,08346	1,92E-04
	R		12,1000					
	d ₂		2,5340					
	s		4,7751					
	v		7,6036	Coefficiente de variación %				

Observaciones:



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "C")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96



Procedimiento	Fuerza Aplicada (Kgf)	Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)
"C"	7,3272	10000	99	101,00

Prueba N°	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
1	99,0526	99,0504	2,2333	0,2845	101,00	398983,20	0,0028	1,17E-05
2	99,5743	99,5716	2,7000	0,3439	101,00	398983,20	0,0034	1,41E-05
3	98,4850	98,4827	2,3667	0,3015	101,00	398983,20	0,0030	1,24E-05
4	99,7238	99,7216	2,2333	0,2845	101,00	398983,20	0,0028	1,17E-05
5	99,8353	99,8327	2,6333	0,3355	101,00	398983,20	0,0033	1,38E-05
6	99,5460	99,5435	2,5000	0,3185	101,00	398983,20	0,0032	1,31E-05
Promedio(\bar{X})	99,3695	99,3671	2,4444	0,3114	101,00	398983,20	0,0031	1,28E-05
R			0,4667					
d ₂			2,5340					
s			0,1842					
v			7,5339	Coefficiente de variación %				

Observaciones:

4.1.2.11 Ensayo de Desgaste Adhesivo del Hierro Gris 2P, sobre el Acero AISI 4340.

Procedimiento "A"

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 						
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL HIERRO GRIS 2P, SOBRE EL ACERO AISI 4340.						
Datos Informativos:						
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M		
Tipo de estudio:	De laboratorio			Ensayo N°	5-A	
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino		
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	22/09/2013		
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	22/09/2013		
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: "A"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)
	(N)	(Kgf)	(lb)			
	71.2	7.26	16	80.000	400	200
Tolerancia 3%			Tolerancia 2%			
Identificación del componente de estudio:						
Probeta Estática:	Material:	HIERRO GRIS 2P		Designación :	ASTM A48 Clase 30.	
	Densidad:	7,2	gr/cm ³	Dureza:	97,33	HRB
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro:	13	mm
	Resistencia a la Tracción			76,84		Kgf/mm ²
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340	
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro:	12,7	mm
	Resistencia a la Tracción			119,89		Kgf/mm ²
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados		
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple		
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)		
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico		
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etilico	
Observaciones:						
Los datos obtenidos del Hierro Gris 2P fueron obtenidos del catálogo de IVÁN BOHMAN pág. 54 y del catálogo VERSA-BAR Barras Fundidas. ASM MetalHandbook, Vol. 01- Pág. 36 (ANEXO 6 Datos Técnicos del Hierro Gris 2P)						



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL HIERRO GRIS 2P, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "A")**

Lugar de realización		Laboratorio de Química general				Facultad		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS					
Temperatura ambiente del lugar		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval			
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca				Realizado Por:		Neris Zambonino					
Procedimiento			"A"			Tamaño de la muestra:			6				
PESO INICIAL										Fecha:		20/09/2013	
Probeta Estática		Material:		HIERRO GRIS 2P				Probeta Móvil		Material:		ACERO AISI 4340	
5A-1	5A-2	5A-3	5A-4	5A-5	5A-6	5A-1	5A-2	5A-3	5A-4	5A-5	5A-6		
83,4858	90,4786	88,5807	89,7716	88,6751	87,1865	100,2446	99,6248	100,1298	100,1549	97,7426	99,9083		
83,4859	90,4788	88,5803	89,7715	88,6755	87,1861	100,2441	99,6243	100,1301	100,1543	97,7421	99,9081		
83,4856	90,4784	88,5810	89,7713	88,6750	87,1868	100,2442	99,6251	100,1319	100,1547	97,7428	99,9085		
83,4858	90,4786	88,5807	89,7715	88,6752	87,1865	100,2443	99,6247	100,1306	100,1546	97,7425	99,9083		
PESO FINAL										Fecha:		24/09/2013	
Probeta Estática		Material:		HIERRO GRIS 2P				Probeta Móvil		Material:		ACERO AISI 4340	
5A-1	5A-2	5A-3	5A-4	5A-5	5A-6	5A-1	5A-2	5A-3	5A-4	5A-5	5A-6		
78,5257	88,4312	83,6777	84,7117	83,8553	82,1863	100,1814	99,5609	100,0663	100,0843	97,6674	99,8435		
78,5260	85,4315	83,6775	84,7119	83,8551	82,1867	100,1811	99,5604	100,0666	100,0841	97,6673	99,8431		
78,5254	85,4312	83,6779	84,7115	83,8555	82,1859	100,1817	99,5612	100,0671	100,0846	97,6676	99,8437		
78,5257	86,4313	83,6777	84,7117	83,8553	82,1863	100,1814	99,5608	100,0667	100,0843	97,6674	99,8434		
Observaciones:													
Los valores de pesos finales son obtenidos en un tiempo promedio de ensayo de 15 minutos													



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL HIERRO GRIS 2P, SOBRE EL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO "A")

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales	Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	13.87					
T. ambiente del lugar:	20 °C	Realizado por:	Neris Zambonino		Nº Ciclos	6000					
Procedimiento: "A"	Tamaño de la muestra 6	Probeta Estática	Material:	HIERRO GRIS 2P		Probeta Móvil	Material:	AISI 4340			
			Densidad:	7,20	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³		
			Dureza:	76,84	Kgf/mm ²		Dureza:	119,89	Kgf/mm ²		
PESO INICIAL											
Ensayo Nº 1		Ensayo Nº 2		Ensayo Nº 3		Ensayo Nº 4		Ensayo Nº 5		Ensayo Nº 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
83,4858	100,2443	90,4786	99,6247	88,5807	100,1306	89,7715	100,1546	88,6752	97,7425	87,1865	99,9083
Fecha	22/09/2013	Fecha	22/09/2013	Fecha	22/09/2013	Fecha	22/09/2013	Fecha	22/09/2013	Fecha	22/09/2013
Hora Inicio	12;36	Hora Inicio	16;05	Hora Inicio	06;14	Hora Inicio	09;36	Hora Inicio	13;20	Hora Inicio	17;11
Hora Final	15;52	Hora Final	19;21	Hora Final	09;30	Hora Final	12;52	Hora Final	16;36	Hora Final	20;27
Tiempo(x ⁻)	15,07	Tiempo(x ⁻)	14,43	Tiempo(x ⁻)	15,15	Tiempo(x ⁻)	15,42	Tiempo(x ⁻)	15,03	Tiempo(x ⁻)	15,07
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
78,5257	100,1814	86,4313	99,5608	83,6777	100,0667	84,7117	100,0843	83,8553	97,6674	82,1863	99,8434
Pérdida de masa (gr)											
Nº de Ensayo	Fuerza real aplicada (Kgf)	Tiempo promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial (mi)	masa final (mo)	Desgaste (gr) (Δm)	Vol. Mat (mm³)	masa inicial (mi)	masa Final (mo)	Desgaste (gr) (Δm)	Vol. Mat (mm³)
1	7,2968	15,03	399	83,4858	78,5257	4,96007	688,8981	100,2443	100,1814	0,0629	8,0127
2	7,2968	15,03	399	90,4786	86,4313	4,04730	562,1250	99,6247	99,5608	0,0639	8,1401
3	7,2968	15,03	399	88,5807	83,6777	4,90297	680,9676	100,1306	100,0667	0,0639	8,1444
4	7,2968	15,03	399	89,7715	84,7117	5,05977	702,7454	100,1546	100,0843	0,0703	8,9554
5	7,2968	15,03	399	88,6752	83,8553	4,81990	669,4306	97,7425	97,6674	0,0751	9,5626
6	7,2968	15,03	399	87,1865	82,1863	5,00017	694,4676	99,9083	99,8434	0,0649	8,2633
x Promedio(X̄)				88,0297	83,2313	4,75800	660,8333	99,6342	99,5674	0,0672	8,5631
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL HIERRO GRIS 2P, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "A")**

Tamaño de la muestra: 6 **Método :** ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "A"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,2968		6000			399	15,03	
Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	HIERRO GRIS 2P							
1	83,4858	78,5257	4960,0667	688,8981	15,03	239389,92	45,83996	3,03E-02
2	90,4786	86,4313	4047,3000	562,1250	15,03	239389,92	37,40435	2,47E-02
3	88,5807	83,6777	4902,9667	680,9676	15,03	239389,92	45,31225	3,00E-02
4	89,7715	84,7117	5059,7667	702,7454	15,03	239389,92	46,76136	3,09E-02
5	88,6752	83,8553	4819,9000	669,4306	15,03	239389,92	44,54456	2,94E-02
6	87,1865	82,1863	5000,1667	694,4676	15,03	239389,92	46,21055	3,05E-02
Promedio(\bar{X})	88,0297	83,2313	4798,3611	666,4390	15,03	239389,92	44,34551	2,93E-02
	R		1012,4667					
	d ₂		2,5340					
	s		399,5527					
	v		8,3269	Coefficiente de variación %				

Observaciones:

La probeta estática que corresponde al HIERRO GRIS 2P presenta los resultados en un tiempo promedio de 15 minutos motivo por el cual no se puede obtener datos reales del ensayo, motivo por el cual este material no aplica para este procedimiento



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL HIERRO GRIS 2P, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "A")**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96



PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "A"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,2968		6000			399	15,03	
Prueba N°	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	1	100,2443						
2	99,6247	99,5608	63,9000	8,1401	15,03	239389,92	0,5417	5,59E-04
3	100,1306	100,0667	63,9333	8,1444	15,03	239389,92	0,5419	5,59E-04
4	100,1546	100,0843	70,3000	8,9554	15,03	239389,92	0,5959	6,15E-04
5	97,7425	97,6674	75,0667	9,5626	15,03	239389,92	0,6363	6,56E-04
6	99,9083	99,8434	64,8667	8,2633	15,03	239389,92	0,5498	5,67E-04
Promedio(\bar{X})	99,6342	99,5674	66,8278	8,5131	15,03	239389,92	0,5665	5,84E-04
	R		12,1667					
	d ₂		2,5340					
	s		4,8014					
	v		7,1847	Coefficiente de variación %				

Observaciones:



Los resultados del ensayo corresponden al par tribológico del HIERRO GRIS 2P sobre el Acero AISI 4340, ensayados en un tiempo promedio de 15 minutos, razón por la cual este ensayo no muestra datos reales del procedimiento.

Procedimiento “B”

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL HIERRO GRIS 2P, SOBRE EL ACERO AISI 4340.							
Datos Informativos:							
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M			
Tipo de estudio:	De laboratorio			Ensayo N°	5-B		
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino			
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:				
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:				
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96							
Procedimiento: "B"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	
	(N)	(Kgf)	(lb)				
	71.2	7.26	16	40.000	400	100	
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%			
Identificación del componente de estudio:							
Probeta Estática:	Material:	HIERRO GRIS 2P		Designación :	ASTM A48 Clase 30.		
	Densidad:	7,2	gr/cm ³	Dureza:	97,33	HRB	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	13	mm	
	Resistencia a la Tracción			76,84		Kg/mm ²	
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340		
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm	
	Resistencia a la Tracción			119,89		Kg/mm ²	
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados			
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple			
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)			
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico			
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etílico		
Observaciones:							
Los datos obtenidos del Hierro Gris 2P fueron obtenidos del catálogo de IVÁN BOHMAN pág. 54 y del catálogo VERSA-BAR Barras Fundidas. ASM Metal Handbook, Vol. 01- Pág. 36 (ANEXO 6 Datos Técnicos del Hierro Gris 2P)							

NOTA: los valores para el procedimiento “B” no se pueden obtener debido a que las probetas del HIERRO GRIS 2P se desgasta en un tiempo promedio de 15 minutos, motivo por el cual este material no aplica para este procedimiento.

Procedimiento “C”

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL HIERRO GRIS 2P, SOBRE EL ACERO AISI 4340.							
Datos Informativos:							
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M				
Tipo de estudio:	De laboratorio		Ensayo N°	5-C			
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino			
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	22/09/2013			
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	23/09/2013			
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96							
Procedimiento: "C"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	
	(N)	(Kgf)	(lb)				
	71.2	7.26	16	10.000	100	100	
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%			
Identificación del componente de estudio:							
Probeta Estática:	Material:	HIERRO GRIS 2P		Designación :	ASTM A48 Clase 30.		
	Densidad:	7,2	gr/cm ³	Dureza:	97,33	HRB	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	13	mm	
	Resistencia a la Tracción			76,84		Kg/mm ²	
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340		
	Densidad:	7.85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HRC	
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm	
	Resistencia a la Tracción			119,89		Kg/mm ²	
Tipo de aparato:			Cilindros Cruzados				
Tipo de movimiento:			Deslizamiento simple				
Tipo de lubricación:			Seca (sin lubricación)				
Acondicionamiento de la superficie:			Pulido mecánico				
Rugosidad de la superficie:			Limpieza:	Alcohol Etilico			
Observaciones:							
Los datos obtenidos del Hierro Gris 2P fueron obtenidos del catálogo de IVÁN BOHMAN pág. 54 y del catálogo VERSA-BAR Barras Fundidas. ASM Metal Handbook, Vol. 01- Pág. 36 (ANEXO 6 Datos Técnicos del Hierro Gris 2P)							



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



**OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL HIERRO GRIS 2P, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "C")**

Lugar de realización:		Laboratorio de Química General				Facultad:		CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS				
Temperatura ambiente del lugar		20 °C		Flujo de aire del lugar:		Estático		Autorizado Por:		Egd. Diana Sandoval		
Solicitado por:		Ing. Mg. Henry Vaca				Realizado Por:		Neris Zambonino				
Procedimiento:			"C"			Tamaño de la muestra:			6			
PESO INICIAL										Fecha:		20/09/2013
Probeta Estática		Material:	HIERRO GRIS 2P				Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
5C-1	5C-2	5C-3	5C-4	5C-5	5C-6	5C-1	5C-2	5C-3	5C-4	5C-5	5C-6	
88,7793	90,9448	88,5609	89,6733	88,7922	87,7252	99,9863	100,1177	97,5535	98,5848	99,8435	97,7250	
88,7791	90,9443	88,5611	89,6727	88,7923	87,7249	99,9865	100,1176	97,5532	98,5849	99,8432	97,7253	
88,7794	90,9452	88,5613	89,6732	88,7921	87,7259	99,9862	100,1173	97,5531	98,5851	99,8436	97,7249	
88,7793	90,9448	88,5611	89,6731	88,7922	87,7253	99,9863	100,1175	97,5533	98,5849	99,8434	97,7251	
PESO FINAL										Fecha:		24/09/2013
Probeta Estática		Material:	HIERRO GRIS 2P				Probeta Móvil		Material:	ACERO AISI 4340		
5C-1	5C-2	5C-3	5C-4	5C-5	5C-6	5C-1	5C-2	5C-3	5C-4	5C-5	5C-6	
85,0115	87,3039	84,9472	85,7866	85,0709	83,9954	99,9122	100,0442	97,4757	98,5144	99,7712	97,6533	
85,0117	87,3031	84,9476	85,7863	85,0708	83,9951	99,9121	100,0445	97,4753	98,5141	99,7716	97,6531	
85,0112	87,3052	84,9469	85,7869	85,0714	83,9948	99,9125	100,0439	97,4756	98,5148	99,7707	97,6534	
85,0115	87,3041	84,9472	85,7866	85,0710	83,9951	99,9123	100,0442	97,4755	98,5144	99,7712	97,6533	
Observaciones:												



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL HIERRO GRIS 2P, SOBRE EL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO "C")

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales	Flujo de aire del medio:	Estático		Hz (Motor)	3,4700					
T. ambiente del lugar:	20 °C	Realizado por:	Neris Zambonino		N° Ciclos	10000					
Procedimiento "C"	Tamaño de la muestra 6	Probeta Estática	Material:	HIERRO GRIS 2P		Probeta Móvil	Material:	AISI	4340		
			Densidad:	7,20	gr/cm ³		Densidad:	7,85	gr/cm ³		
			Dureza:	76,84	Kgf/mm ²		Dureza:	119,89	Kgf/mm ²		
PESO INICIAL											
Ensayo N° 1		Ensayo N° 2		Ensayo N° 3		Ensayo N° 4		Ensayo N° 5		Ensayo N° 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
88,7793	99,9863	90,9448	100,1175	88,5611	97,5533	89,6731	98,5849	88,7922	99,8434	87,7253	97,7251
Fecha	22/09/2013	Fecha	22/09/2013	Fecha	22/09/2013	Fecha	23/09/2013	Fecha	23/09/2013	Fecha	23/09/2013
Hora Inicio	11;10	Hora Inicio	12;56	Hora Inicio	15;21	Hora Inicio	17;18	Hora Inicio	19;05	Hora Inicio	07;06
Hora Final	12;51	Hora Final	14;37	Hora Final	17;02	Hora Final	18;59	Hora Final	20;46	Hora Final	08;47
Tiempo(x ⁻)	104	Tiempo(x ⁻)	104	Tiempo(x ⁻)	104	Tiempo(x ⁻)	104	Tiempo(x ⁻)	104	Tiempo(x ⁻)	104
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
85,0115	99,9123	87,3041	100,0442	84,9472	97,4755	85,7866	98,5144	85,0710	99,7712	83,9951	97,6533
Pérdida de masa (gr)											
N° de Ensayo	Fuerza real aplicada (Kgf)	Tiempo promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial (mi)	masa final (mo)	Desgaste (gr) (Δm)	Vol. Mat (mm³)	masa inicial (mi)	masa Final (mo)	Desgaste (gr) (Δm)	Vol. Mat (mm³)
1	7,2978	104	96	88,7793	85,0115	3,76780	523,3056	99,9863	99,9123	0,07407	9,4352
2	7,2978	104	96	90,9448	87,3041	3,64070	505,6528	100,1175	100,0442	0,07333	9,3418
3	7,2978	104	96	88,5611	84,9472	3,61387	501,9259	97,5533	97,4755	0,07773	9,9023
4	7,2978	104	96	89,6731	85,7866	3,88647	539,7870	98,5849	98,5144	0,07050	8,9809
5	7,2978	104	96	88,7922	85,0710	3,72117	516,8287	99,8434	99,7712	0,07227	9,2059
6	7,2978	104	96	87,7253	83,9951	3,73023	518,0880	97,7251	97,6533	0,07180	9,1465
x Promedio(x⁻)				89,0793	85,3526	3,72671	517,5980	98,9684	98,8951	0,07328	9,3355
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL HIERRO GRIS 2P, SOBRE EL ACERO AISI 4340
(PROCEDIMIENTO "C")**

Tamaño de la muestra: 6 **Método :** ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "C"	Fuerza Aplicada (Kgf)	Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)
	7,2978	10000	96	104,00

Prueba N°	Probeta Estática		Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	HIERRO GRIS 2P							
1	88,7793	85,0115	3767,8000	523,3056	104,00	398983,20	5,03178	1,38E-02
2	90,9448	87,3041	3640,7000	505,6528	104,00	398983,20	4,86205	1,33E-02
3	88,5611	84,9472	3613,8667	501,9259	104,00	398983,20	4,82621	1,32E-02
4	89,6731	85,7866	3886,4667	539,7870	104,00	398983,20	5,19026	1,42E-02
5	88,7922	85,0710	3721,1667	516,8287	104,00	398983,20	4,96951	1,36E-02
6	87,7253	83,9951	3730,2333	518,0880	104,00	398983,20	4,98162	1,37E-02
Promedio(\bar{X})	89,0793	85,3526	3726,7056	517,5980	104,00	398983,20	4,97690	1,37E-02
	R		272,6000					
	d ₂		2,5340					
	s		107,5770					
	v		2,8867	Coefficiente de variación %				

Observaciones:



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL HIERRO GRIS 2P, SOBRE EL ACERO AISI 4340.
(PROCEDIMIENTO "C").**

Tamaño de la muestra: 6 Método : ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "C"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,2978		10000			96	104,00	
Prueba N°	Probeta Móvil AISI 4340		Desgaste Total (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
	1	99,9863						
2	100,1175	100,0442	73,3333	9,3418	104,00	398983,20	0,0898	3,85E-04
3	97,5533	97,4755	77,7333	9,9023	104,00	398983,20	0,0952	4,08E-04
4	98,5849	98,5144	70,5000	8,9809	104,00	398983,20	0,0864	3,70E-04
5	99,8434	99,7712	72,2667	9,2059	104,00	398983,20	0,0885	3,79E-04
6	97,7251	97,6533	71,8000	9,1465	104,00	398983,20	0,0879	3,77E-04
Promedio(\bar{X})	98,9684	98,8951	73,2833	9,3355	104,00	398983,20	0,0898	3,84E-04
	R		7,2333					
	d ₂		2,5340					
	s		2,8545					
	v		3,8952	Coefficiente de variación %				
Observaciones:								

4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS METALOGRAFICOS.

La intención del presente proyecto de investigación no pretende realizar la metalografía exhaustiva del material que se va a evaluar simplemente es necesario compara la metalografía de acuerdo al catálogo que fue adquirido el material.

Por esta razón se ha realizado los ensayos metalográficos con el fin de obtener la metalografía de las superficies para posteriormente comparar con los datos especificados en catálogos, con el fin de demostrar la autenticidad del material adquirido.

4.2.1.1 Interpretación del Ensayo Metalográfico del Acero AISI 4340



Figura 4.1 Acero AISI 4340 sin ataque químico (zoom 200x)

Fuente: Autor

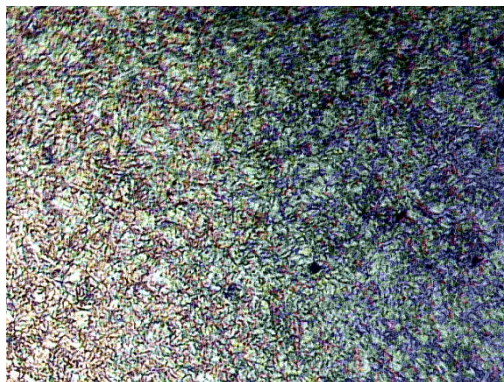


Figura 4.2 Acero AISI 4340 atacado químicamente con Nital 4 durante 16 segundos (zoom 200x)

Fuente: Autor

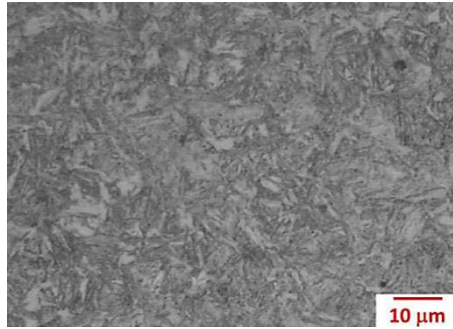


Figura 4.3 Optical micrograph of AISI 4340 steel specimens before impact test.

Fuente: http://file.scirp.org/Html/5-4900182_30873.htm

Como podemos observar en la figura 4.1, 4.2, 4.3, la metalografía del Acero AISI 4340 son idénticas, de esta manera podemos comprobar que el material corresponde a un Acero AISI 4340.

4.2.1.2 Interpretación del Ensayo Metalográfico del Bronce Dulce



Figura 4.4 Bronce Dulce (Latón), Designación C 38-500, Sin ataque químico (zoom 200x)

Fuente: Autor



Figura 4.5 Bronce Dulce (Latón), Designación-500, Atacado químicamente con Químico para Aleaciones de Cobre durante 13 segundos (zoom 200x)

Fuente: Autor



Figura 4.6 Microestructura del bronce Dulce, campo claro. Ataque con dicromato, 200x.

Fuente: <http://personales.upv.es/~aviciente/curso/unidad3/fundamentos2.html>

De acuerdo a las figuras 4.4, 4.5, 4.6 podemos verificar que el Bronce Dulce es el material correcto durante el desarrollo de nuestro estudio.

4.2.1.3 Interpretación del Ensayo Metalográfico del Bronce Fosfórico

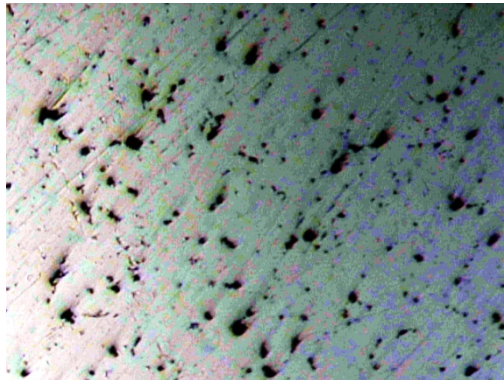


Figura 4.7 Bronce Fosfórico SAE 65, Designación C 90-700 sin ataque químico (zoom 200x)

Fuente: Autor



Figura 4.8 Bronce Fosfórico SAE 65, Designación C 90-700, atacado químicamente con Químico para Aleaciones de Cobre durante 13 segundos (zoom 200x)

Fuente: Autor



Figura 4.9 Microestructura del latón 65/35, técnica de interferometría de Nomarski, 200x.

Fuente: <http://personales.upv.es/~avicente/curso/unidad3/fundamentos2.html>

4.2.1.4 Interpretación del Ensayo Metalográfico del Bronce al Aluminio

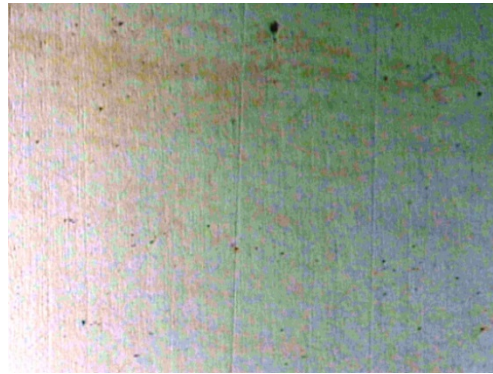


Figura 4.10 Bronce al Aluminio SAE 68 Designación C 95-400 sin ataque químico (zoom 200x)

Fuente: Autor

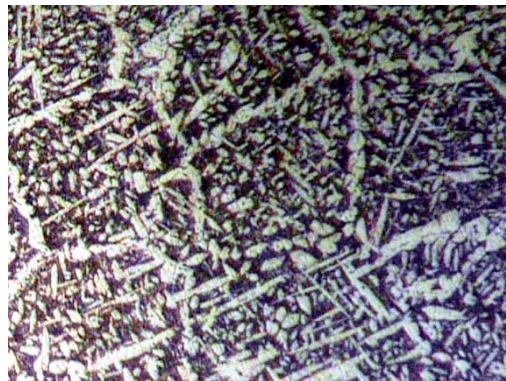
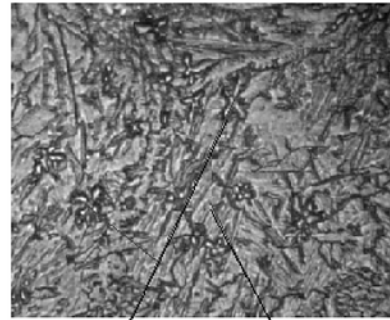


Figura 4.11 Bronce al Aluminio SAE 68, Designación C 95-400, Atacado químicamente con Químico para Aleaciones de Cobre durante 14 segundos (zoom 200x)

Fuente: Autor



Precipitados en forma de rosetas de k Estructura widmannstatten

Figura 4.12 Metalografía para el Bronce al Aluminio SAE 68

Fuente: MEJORAMIENTO DE LA ALEACIÓN DE BRONCE AL ALUMINIO, Carolina Vega Calvo, 2009, Universidad Simón Bolívar (Venezuela), Pág. 6

De acuerdo a las figuras 4.10, 4.11, 4.12 podemos comprobar que el material si corresponde a un Bronce al Aluminio

4.2.1.5 Interpretación del Ensayo Metalográfico del Hierro Gris 2P



Figura 4.13 Hierro Gris 2P , ASTM A48 CLASE 35-40 ,sin ataque químico (zoom 200x)

Fuente: Autor

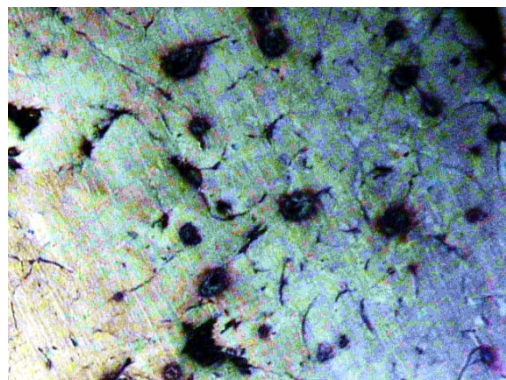


Figura 4.14 Hierro Gris 2P, ASTM A48 CLASE 35-40, Atacado químicamente con NITAL 2, durante 3 segundos (zoom 200x)

Fuente: Autor

La microestructura típica de VERSA-BAR FC-200 presenta grafito en forma laminar, forma VII, tipo A, tamaño 3-6 según la norma ASTM A247. La matriz es predominantemente perlítica con un 5% a 20% de ferrita.



Figura 4.15 Metalografía para el hierro Gris 2P ASTM A48 CLASE 35-40

Fuente: Catálogo VERSA-BAR Barras Fundidas pág. 15. (ANEXO 6 Datos Técnicos del Hierro Gris 2P)

De acuerdo a las figuras 4.13, 4.14 y 4.15, podemos determinar que el ensayo metalográfico realizado en los laboratorios de la F.I.C.M, corresponde a la microestructura de un Hierro Fundido Gris.

4.2.2 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DUREZA

Tabla 4.10 Durezas obtenidas en el Laboratorio de Ingeniería de Materiales de la F.I.C.M.

Material	Dureza (Laboratorio)	Dureza HB
Bronce Dulce	77,28 HRB	139,16
Nylon 6-A	76 HB	76
Bronce Fosfórico	45,21 HRB	83,59
Bronce al Aluminio	96 HRB	214
Hierro Gris 2P.	97,33 HRB	223
Acero AISI 4340	37,25 HRC	347,91

Fuente: Autor

La figura 4.16 muestra los valores de las durezas de los materiales valores con los cuales se hicieron los cálculos para los ensayos de desgaste adhesivo, los valores

están convertidos a dureza Brinell, cada valor fue interpolado con los valores de la tabla de durezas que muestra el (ANEXO 10 Tabla de Conversión de Durezas IBCA.)

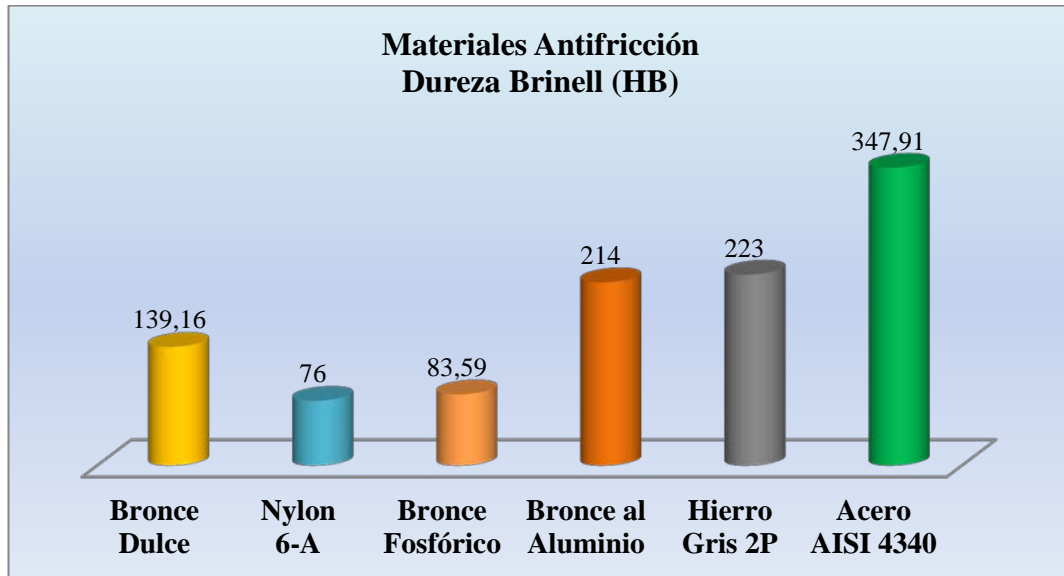


Figura 4.16 Gráfico de Durezas Brinell en materiales utilizados para los Ensayos de Desgaste Adhesivo.

Fuente: Autor

Como se puede observar en el gráfico de durezas de la figura 4.16, el Acero AISI 4340, es el material más duro es por eso que se lo utiliza como material base durante todo el proyecto de investigación.

Mientras que la dureza del NYLON 6- A presenta la menor dureza esto debido a que es un polímero, mientras que el Hierro Gris 2P presenta una dureza similar a la del Bronce al Aluminio, sin embargo estos dos materiales presentan una resistencia al desgaste totalmente opuesta.

Como se nota la dureza del material es independiente del desgaste, es por esta razón que los materiales antifricción presentan menor dureza con relación a materiales comunes como los aceros.

4.2.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DESGASTE ADHESIVO.

4.2.3.1 Resultados del Procedimiento “A”

Tabla 4.11 Resultados de los ensayos de Desgaste Adhesivo en materiales antifricción (Probetas Estáticas, Procedimiento “A”)

PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: “A”	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)
	(N)	(Kgf)	(Lb)			
		71.2	7.26	16	80.000	400
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%		
MATERIALES ANTIFRICCIÓN						
Ensayo N°	Tiempo del Ensayo (min)	Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental	
1-A Bronce Dulce (Latón)	198	1521,4578	179,6290	0,90489	3,68E-04	
2-A Nylon 6-A	198	1,1500	1,0088	0,00508	1,14E-06	
3-A Bronce Fosfórico SAE-65	198	2014,4056	229,6928	1,15708	2,53E-04	
4-A Bronce al Aluminio	196	165,3944	22,2006	0,11327	6,32E-05	
5-A Hierro Gris 2P	15,03	4798,3611	666,4390	44,34551	2,93E-02	
	Los valores que se presenta fueron obtenidos en un tiempo de 15 min, debido a que durante este tiempo se produce un desgaste total de la probeta de Hierro Gris 2P.					

Fuente: Autor

Tabla 4.12 Resultados de los Ensayos de Desgaste Adhesivo del Acero AISI 4340
(Probetas Móviles, Procedimiento “A”)

PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: “A”	Fuerza Aplicada			Revoluciones	Velocidad (rpm)	Tiempo min
	(N)	(Kgf)	(Lb)			
	71.2	7.26	16	80.000	400	200
Tolerancia 3%			Tolerancia 2%			
MATERIAL BASE						
Ensayo N°	Tiempo del Ensayo (min)	Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm³)	Volumen de Desgaste Vd. (mm³/min)	K Experimental	
1-A Acero AISI 4340	198	4,1889	0,5336	0,0027	2,74E-06	
2-A Acero AISI 4340	198	4,1222	0,5251	0,0026	2,73E-06	
3-A Acero AISI 4340	198	1,7356	0,2211	0,0011	1,13E-06	
4-A Acero AISI 4340	196	35,6167	4,5372	0,0231	2,33E-05	
5-A Acero AISI 4340	15,03	66,8278	8,5131	0,5665	5,84E-04	
	Los valores que se presenta fueron obtenidos en un tiempo de 15 min, debido a que durante este tiempo se produce un desgaste total de la probeta de Hierro Gris 2P.					

Fuente: Autor

4.2.3.2 Resultados del Procedimiento “B”

Tabla 4.13 Resultados de los Ensayos de Desgaste Adhesivo en materiales antifricción
(Probetas Estáticas, Procedimiento “B”)

PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: “B”	Fuerza Aplicada			Revoluciones	Velocidad (rpm)	Tiempo min
	(N)	(Kgf)	(Lb)			
		71.2	7.26	16	40.000	400
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%		
MATERIALES ANTIFRICCIÓN						
Ensayo N°	Tiempo del Ensayo (min)	Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental	
1-B Bronce Dulce (Latón)	99.50	753,5556	88,9676	0,89415	3,64E-04	
2-B Nylon 6-A	99	0,7000	0,6140	0,00620	1,38E-06	
3-B Bronce Fosfórico SAE-65	99	969,4500	110,5416	1,11658	2,43E-04	
4-B Bronce al Aluminio	99	117,4556	15,7658	0,15925	8,98E-05	
5-B Hierro Gris 2P	Con los datos obtenidos del Procedimiento “A” se pudo determinar que el Hierro Gris 2P no es aplicable para los procedimientos A y B. Motivo por el cual no se realizó el procedimiento “B”					

Fuente: Autor

Tabla 4.14 Resultados de los ensayos de Desgaste Adhesivo del material base Acero AISI 4340 (Probetas Móviles, Procedimiento “B”)

PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: “B”	Fuerza Aplicada			Revoluciones	Velocidad (rpm)	Tiempo min
	(N)	(Kgf)	(Lb)			
	71.2	7.26	16	40.000	400	100
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%		
MATERIAL BASE						
Ensayo N°	Tiempo del Ensayo (min)	Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm³)	Volumen de Desgaste Vd. (mm³/min)	K Experimental	
1-B Acero AISI 4340	99.50	2,6778	0,3411	0,0034	3,50E-06	
2-B Acero AISI 4340	99	2,5056	0,3192	0,0032	3,32E-06	
3-B Acero AISI 4340	99	1,3778	0,1755	0,0018	1,79E-06	
4-B Acero AISI 4340	99	7,7444	0,9866	0,0100	1,01E-05	
5-B Acero AISI 4340	Con los datos obtenidos del Procedimiento “A” se pudo determinar que el Hierro Gris 2P no es aplicable para los procedimientos A y B. Motivo por el cual no se realizó el procedimiento “B”					

Fuente: Autor

4.2.3.3 Resultados del Procedimiento “C”

Tabla 4.15 Resultados de los ensayos de Desgaste Adhesivo en materiales antifricción
(Probetas Estáticas, Procedimiento “C”)

PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: “C”	Fuerza Aplicada			Revoluciones	Velocidad (rpm)	Tiempo min
	(N)	(Kgf)	(Lb)			
	71.2	7.26	16	10.000	100	100
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%		
MATERIALES ANTIFRICCIÓN						
Ensayo N°	Tiempo del Ensayo (min)	Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental	
1-C Bronce Dulce (Latón)	98	226,1167	26,6962	0,27241	4,37E-04	
2-C NYLON 6-A	100	0,3056	0,2680	0,00268	2,42E-06	
3-C Bronce Fosfórico SAE-65	100	265,0167	30,2185	0,30219	2,66E-04	
4-C Bronce al Aluminio	99	62,8000	8,4295	0,08346	1,92E-04	
5-C Hierro Gris 2P	104	3726,7056	542,4608	5,21597	1,43E-02	

Fuente: Autor

Tabla 4.16 Resultados de los ensayos de Desgaste Adhesivo del material base Acero AISI 4340 (Probetas Móviles, Procedimiento “C”)

PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: “C”	Fuerza Aplicada			Revoluciones	Velocidad (rpm)	Tiempo min
	(N)	(Kgf)	(Lb)			
	71.2	7.26	16	10.000	100	100
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%		
MATERIAL BASE						
Ensayo N°	Tiempo del Ensayo (min)	Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm³)	Volumen de Desgaste Vd. (mm³/min)	K Experimental	
1-C Acero AISI 4340	98	2,4167	0,3079	0,0031	1,26E-05	
2-C Acero AISI 4340	100	0,2167	0,0276	0,0003	1,15E-06	
3-C Acero AISI 4340	100	0,7083	0,0902	0,0009	3,69E-06	
4-C Acero AISI 4340	99	2,4444	0,3114	0,0031	1,28E-05	
5-C Acero AISI 4340	73,2833	9,3355	0,7046	0,0898	73,2833	

Fuente: Autor

A continuación se muestran los datos de cinco materiales antifricción, ensayados sobre el Acero AISI 4340, sometidos a tres procedimientos de Desgaste Adhesivo como indica la norma ASTM G83-96, los cuales generaron datos para poder determinar y comparar las propiedades tribológicas de cada material

4.2.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS MATERIALES ANTIFRICCIÓN, (PROCEDIMIENTO “A”)

La figura 4.17 muestra el desgaste de cada uno de los materiales antifricción durante el procedimiento “A”.

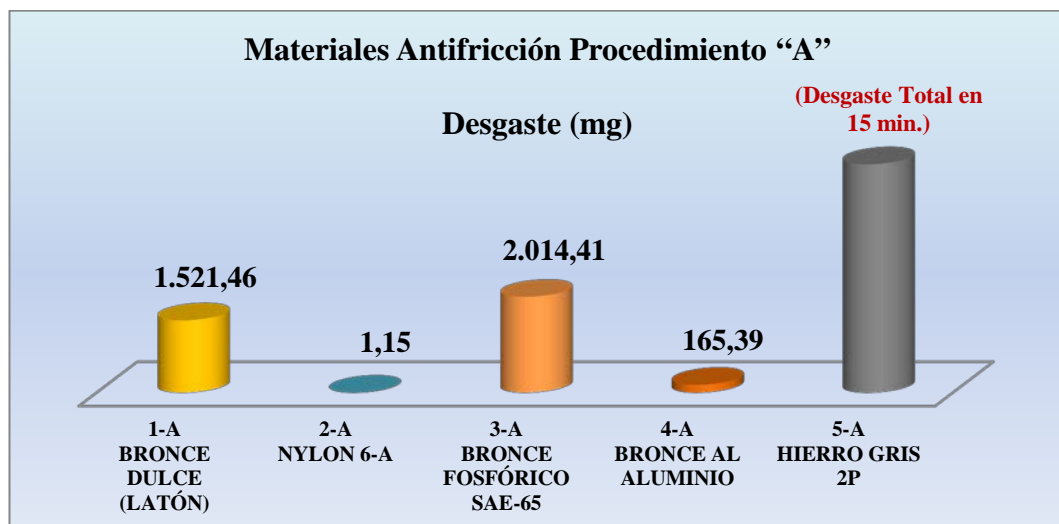


Figura 4.17 Gráfico de comparación, Desgaste (mg) con relación al tiempo de duración del ensayo en materiales antifricción, (Procedimiento “A”)

Fuente: Autor

La figura 4.17 muestra la tasa de Desgaste Adhesivo, refiriéndose a la variación de masas en los materiales antifricción, durante el tiempo establecido por la Norma ASTM G83-96 para el procedimiento “A”, como podemos observar el desgaste se lo expresa en miligramos de acuerdo a la Norma, el material que presenta menos pérdida de masa es el NYLON 6-A, a diferencia que el HIERRO GRIS 2P muestra una perdida masa muy acelerada, durante los 15 minutos la probeta esta desgastada en su totalidad sin permitir completar el procedimiento “A”, motivo por el cual el procedimiento no aplica para el HIERRO GRIS 2P, a diferencia de los bronce que son considerados materiales con alto coeficiente de fricción, el que presenta mejor resistencia al desgaste es el caso del NYLON 6-A y el BRONCE AL ALUMINIO.

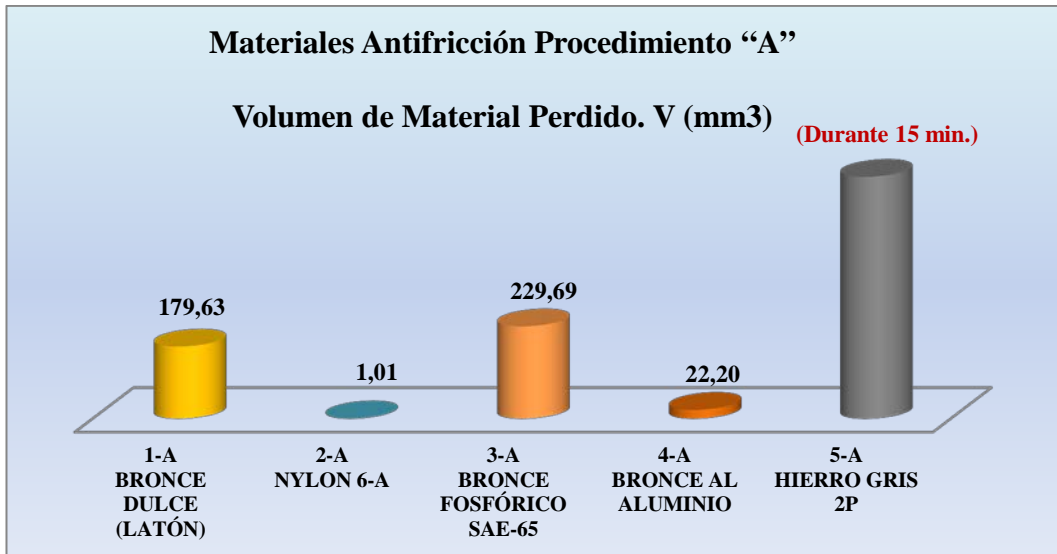


Figura 4.18 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido, en materiales antifricción, (Procedimiento "A")

Fuente: Autor

La figura 4.18, muestra el Volumen de Material Perdido con relación al tiempo del procedimiento "A", como se observa el material con menor pérdida de volumen con relación al tiempo es el NYLON 6-A con apenas el 1.01 mm³ de material perdido en un tiempo promedio de 198 min, el material con una elevada tasa de volumen perdido es el HIERRO GRIS 2P desgastándose 698,45 mm³ en apenas 15 minutos, mientras que en el grupo de los bronce, el material que pierde menos volumen es el BRONCE AL ALUMINIO.

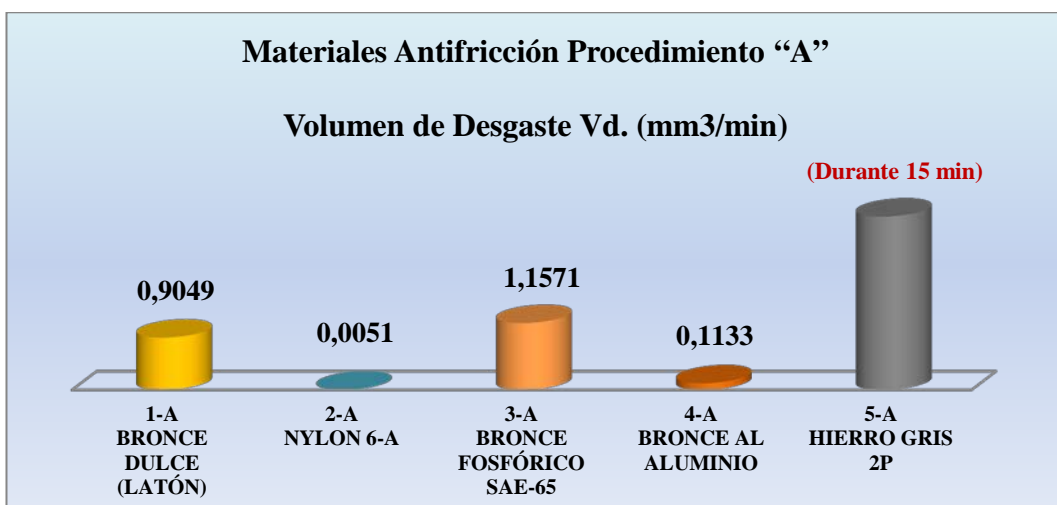


Figura 4.19 Gráfico de comparación, Volumen de Desgaste con relación al tiempo, en materiales antifricción, (Procedimiento "A")

Fuente: Autor

La figura 4.19, muestra los datos del Volumen de Desgaste por unidad de tiempo en cinco materiales antifricción, con lo cual podemos determinar una de las propiedades tribológicas de cada uno de los materiales antifricción, esta propiedad tribológica es muy importante pues con este valor podemos calcular el coeficiente de fricción, un factor muy importante en el diseño y selección de materiales para elementos de máquinas, como podemos observar en el gráfico el NYLON 6-A es uno de los materiales que mejor resistencia presenta ante el desgaste con aproximadamente unas 200 veces más resistencia al desgaste que los bronce, de esta manera descartando al HIERRO GRIS 2P como material antifricción en procesos de desgaste por deslizamiento.

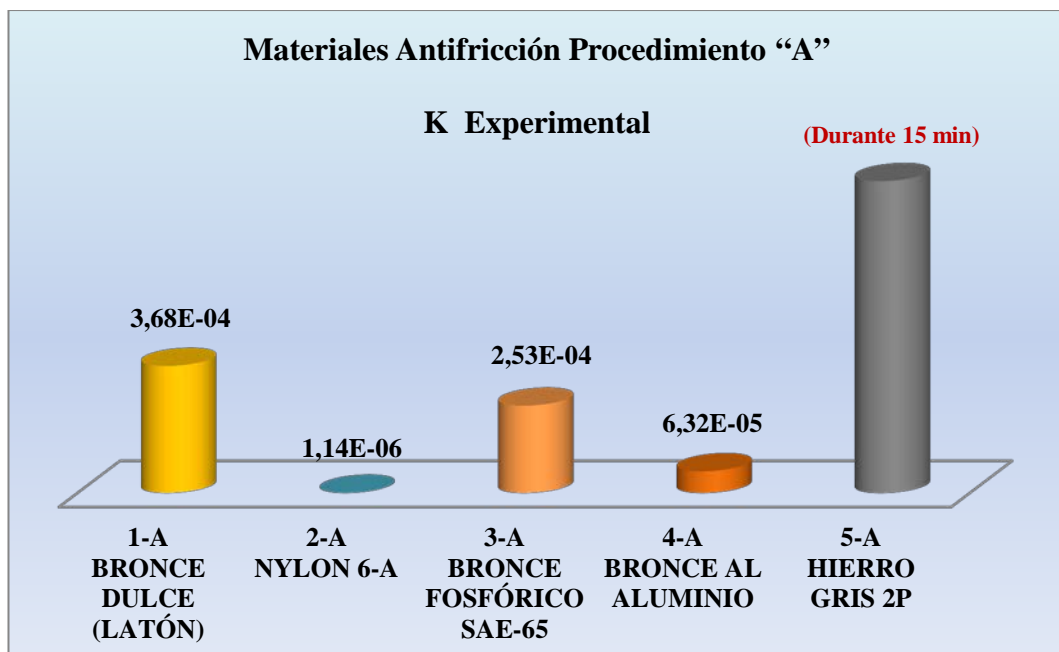


Figura 4.20 Gráfico de comparación, del Coeficiente de Fricción K, ensayado en materiales antifricción, (Procedimiento "A")

Fuente: Autor

La figura 4.20, muestra los datos del Coeficiente de Fricción de cinco materiales antifricción ensayados, como podemos observar el Coeficiente de Fricción del NYLON 6-A presenta un valor muy alto en relación a los otros materiales, esto debido a que es un polímero, motivo por el cual sus propiedades ante el desgaste y la fricción son las mejores, pero es poco aconsejable utilizar este material en componentes de máquinas, pues su densidad es muy baja siendo este el principal inconveniente de este material.

Mientras que el HIERRO GRIS 2P es el material que presenta el valor de Coeficiente de Fricción más bajo, motivo por el cual no se lo puede establecer en el gráfico pues sus valores de desgaste no cumplen con la norma ASTM G83-96, mientras que en el grupo de los bronce el material que presenta el coeficiente de fricción más elevado, es el BRONCE Al ALUMINIO con un valor de: $6,32E-2$. Interpretación de Resultados del Acero AISI 4340, (Procedimiento “A”)

Los siguientes gráficos muestran los datos obtenidos del Ensayo de Desgaste Adhesivo del Acero AISI 4340, (Procedimiento “A”)

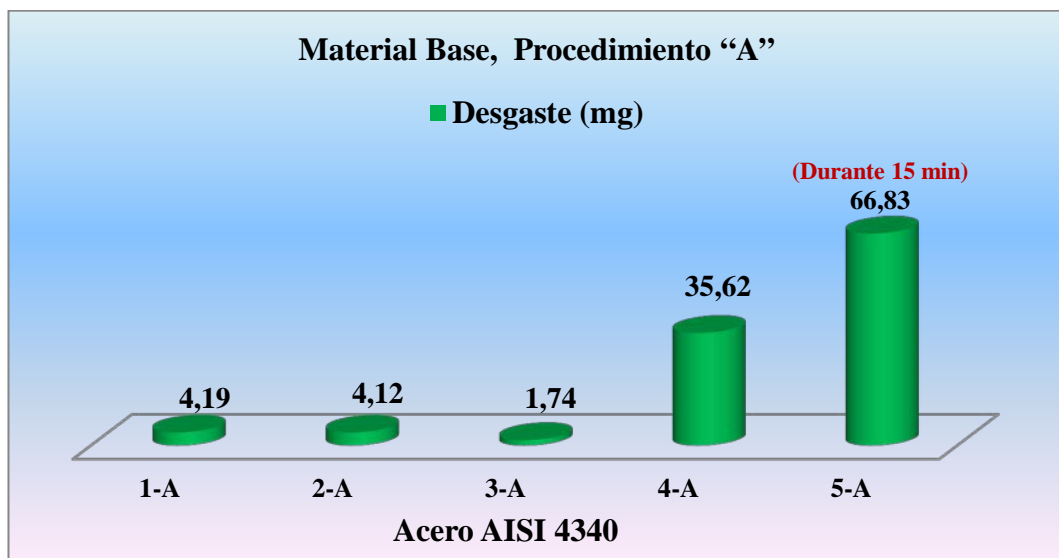


Figura 4.21 Gráfico de comparación, del Desgaste (mg) del Acero AISI 4340, en relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento “A”)

Fuente: Autor

La figura 4.21, muestra el Desgaste del Acero AISI 4340 durante los cinco ensayos con diferentes materiales antifricción, como podemos observar en el gráfico el material antifricción que menor daño causó al material base durante el ensayo fue el BROCE FOSFÓRICO, con un valor de desgaste de 1,74 mg, mientras que el valor de desgaste más alto presenta el ensayo con el BRONCE AL ALUMINIO.

En la figura 4.21 se muestra la suma del desgaste de los dos materiales (material antifricción + material base), dando una mejor visión del desgaste de los dos materiales durante el ensayo sometido al procedimiento “A”.

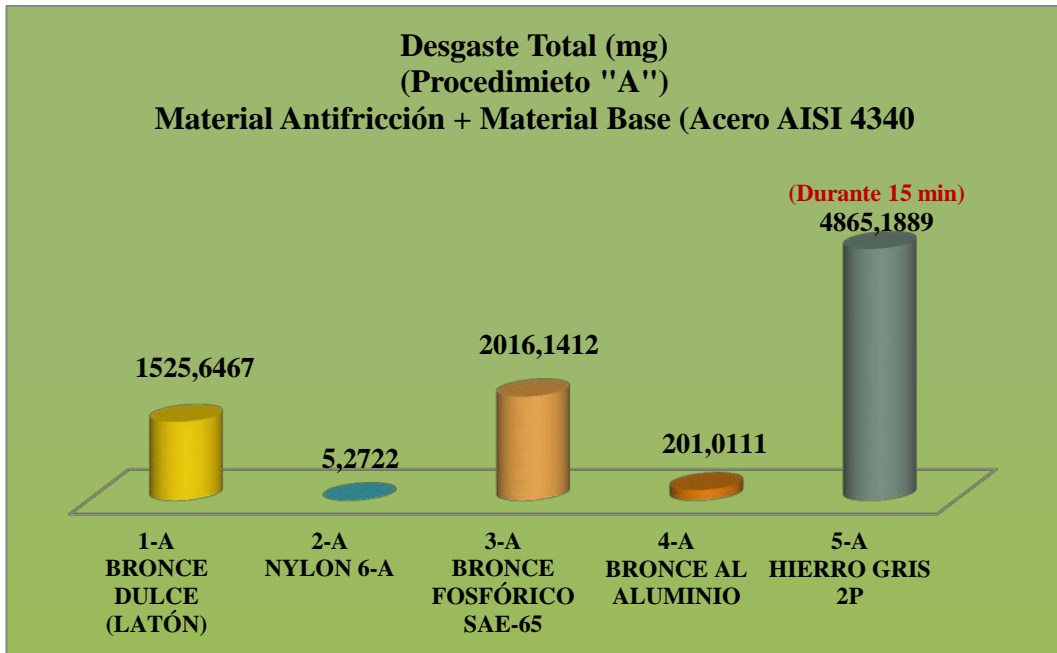


Figura 4.22 Gráfico de la suma del Desgaste del par tribológico expresado en miligramos, (Procedimiento "A")

Fuente: Autor

En la figura 4.22, se muestra la suma de los valores de Desgaste para cada par tribológico ensayados mediante el procedimiento "A", siendo el par tribológico del HIERRO GRIS 2P, el que mayor desgaste presenta.

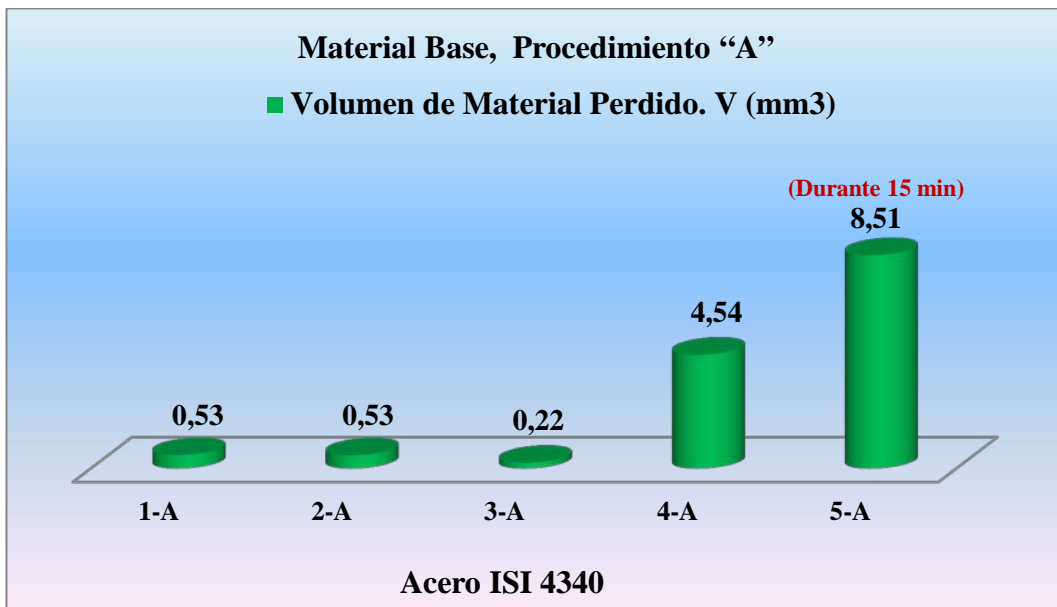


Figura 4.23 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido (mm³) del Acero AISI 4340, con relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento "A")

Fuente: Autor

La figura 4.23, muestra los resultados del Volumen de Material Perdido en mm^3 del material base, como se puede observar el menor Volumen de Material Perdido es el del ensayo con el BRONCE FOSFÓRICO con un valor de $0,22 \text{ mm}^3$, mientras que el BRONCE DULCE y el NYLON 6-A presentan casi el mismo volumen de material perdido sobre el Acero AISI 4340.

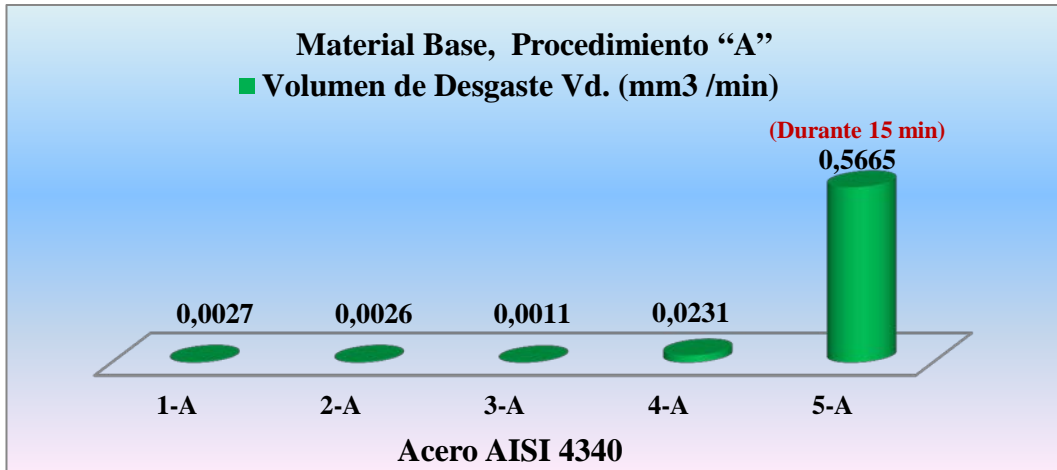


Figura 4.24 Gráfico del Volumen de Desgaste (mm^3/min) del Acero AISI 4340, (Procedimiento "A")

Fuente: Autor

La figura 4.24, muestra el Volumen de Desgaste del Acero AISI 4340, como se observa el ensayo 3-A que corresponde al BRONCE FOSFÓRICO es el que presenta mejores resultados por unidad de tiempo, mientras que el HIERRO GRIS 2P presenta un Coeficiente de Desgaste demasiado alto esto debido a que sufre un desgaste total en solamente 15 min.

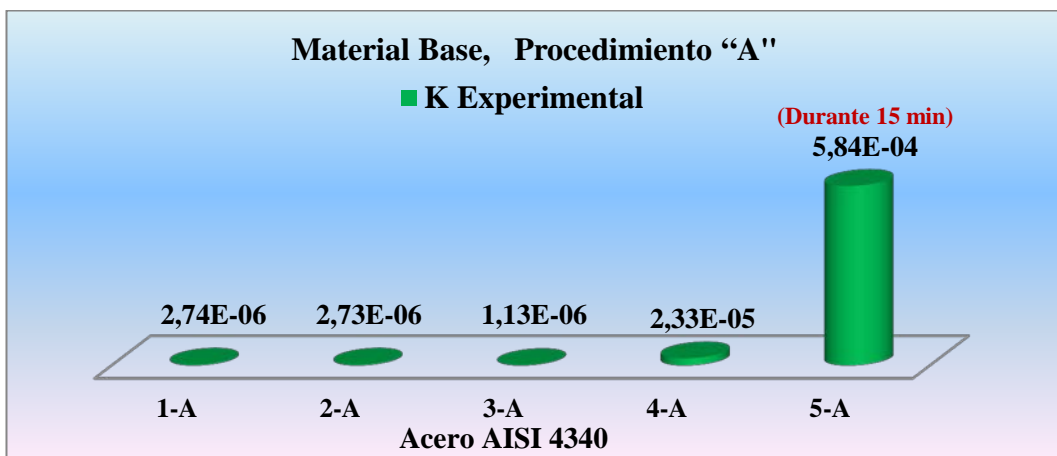


Figura 4.25 Gráfico del Coeficiente de Fricción K, del Acero AISI 4340, (Procedimiento "A")

Fuente: Autor

Como se puede observar en la figura 4.25 el Acero AISI 4340 presenta un mejor coeficiente de fricción con el BRONCE FOSFÓRICO (ensayo 3-A) durante el procedimiento “A”, el coeficiente de fricción del ensayo con el Bronce al Aluminio es el más elevado debido a que este material desgarró más al material que se encuentra en contacto.

4.2.5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS MATERIALES ANTIFRICCIÓN, (PROCEDIMIENTO “B”)

A continuación se presenta los resultados obtenidos de los ensayos realizados en 5 materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 (Procedimiento “B”)

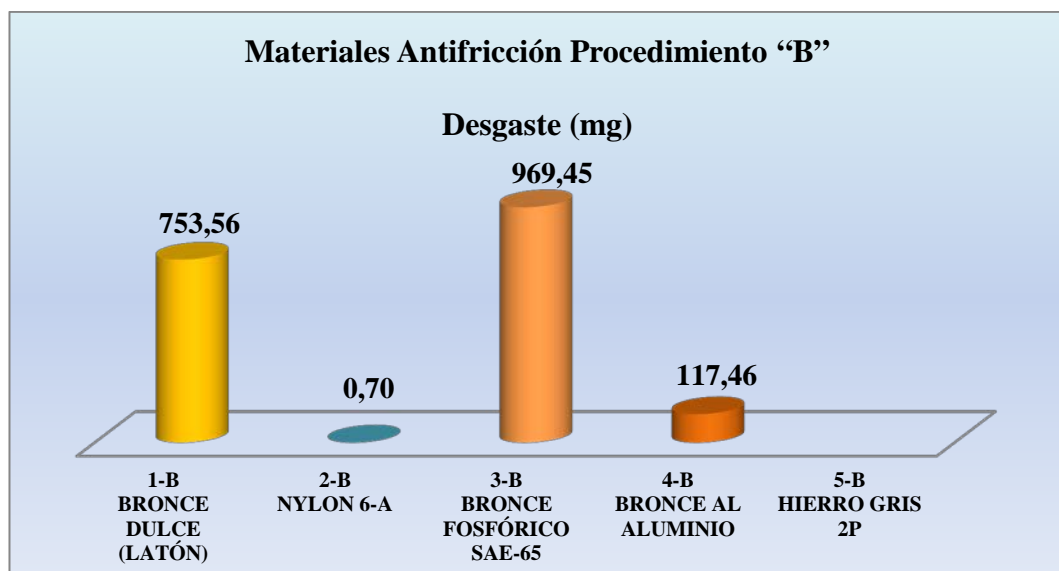


Figura 4.26 Gráfico de comparación, Desgaste (mg) con relación al tiempo de duración del ensayo en materiales antifricción, (Procedimiento “B”)

Fuente: Autor

La figura 4.26, muestra los valores de Desgaste en los materiales antifricción durante 100 minutos y 40000 ciclos (Procedimiento “B”), como podemos observar en el grupo de los bronce, el desgaste del BRONCE FOSFÓRICO es el que presenta el valor más alto, en comparación con el BRONCE Al ALUMINIO, mientras que el menor valor presenta el NYLON 6-A, el HIERRO GRIS 2P *No Aplica* para este procedimiento como se pudo observar al realizar el Procedimiento “A” la probeta se desgasta en su totalidad en un tiempo promedio de 15 minutos motivo por el cual no se puede establecer datos reales de dicho material.

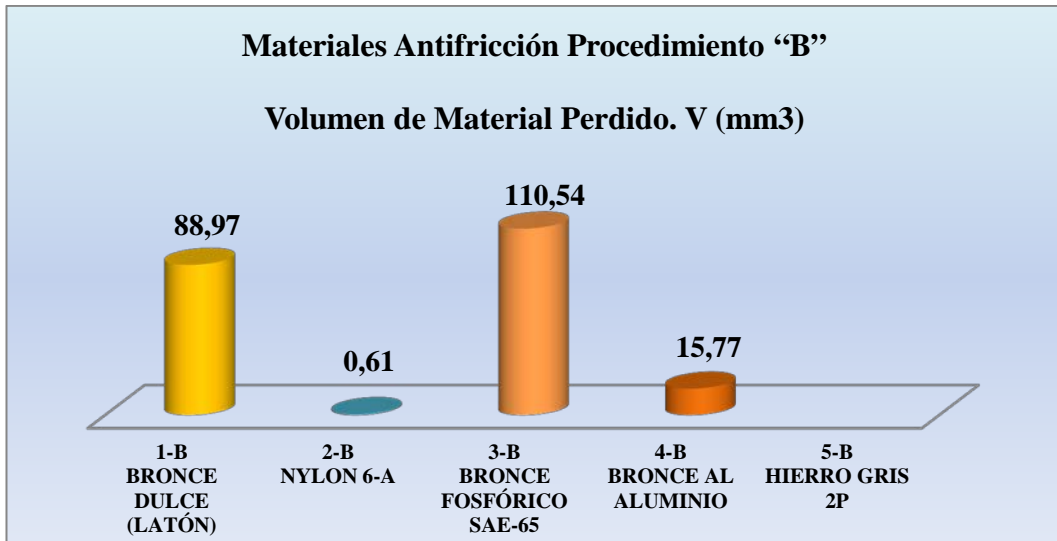


Figura 4.27 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido, en materiales antifricción, (Procedimiento “B”)

Fuente: Autor

La figura 4.27, muestra los valores del Volumen de Material Perdido en materiales antifricción, ensayados mediante el Procedimiento “B” de los cuales el valor más alto corresponde al BRONCE FOSFÓRICO en relación al BRONCE AL ALUMINIO dentro de este grupo mientras que el NYLON 6-A es el material que menos material pierde esto debido a que es un polímero con muy buenas propiedades anti-desgaste, los valores del HIERRO GRIS no aplican para este procedimiento.

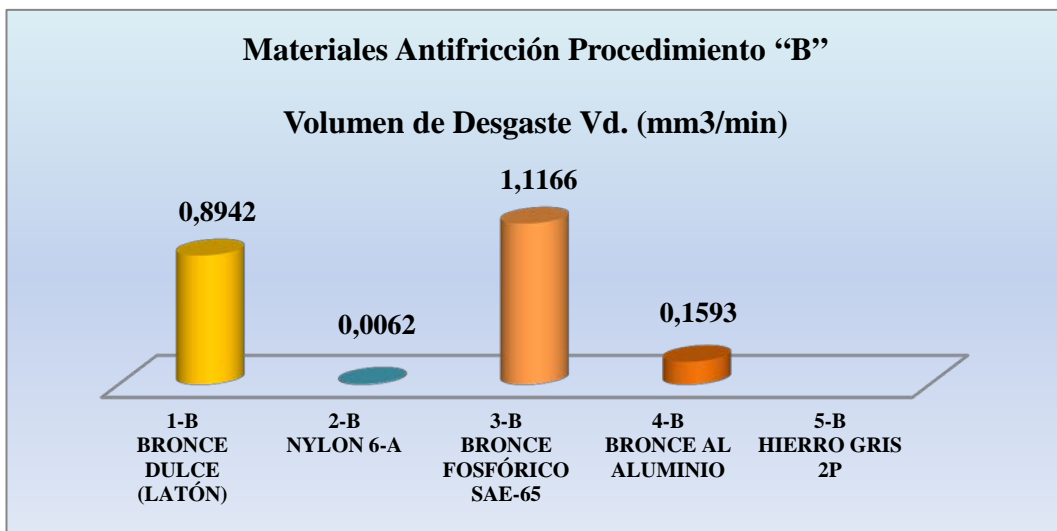


Figura 4.28 Gráfico de comparación, Volumen de Desgaste con relación al tiempo, en materiales antifricción, (Procedimiento “B”)

Fuente: Autor

La figura 4.28, muestra los valores del Volumen de Desgaste por unidad de tiempo, siendo estos valores una de las propiedades tribológicas de los materiales antifricción, como se puede observar en el grupo de los bronce el que mayor volumen de desgaste presenta es el BRONCE FOSFÓRICO con relación al más bajo que es el BRONCE Al ALUMINIO, mientras que el NYLON 6-A es que menor Volumen de Desgaste presenta durante el ensayo, el HIERRO GRIS 2P no aplica para este procedimiento.

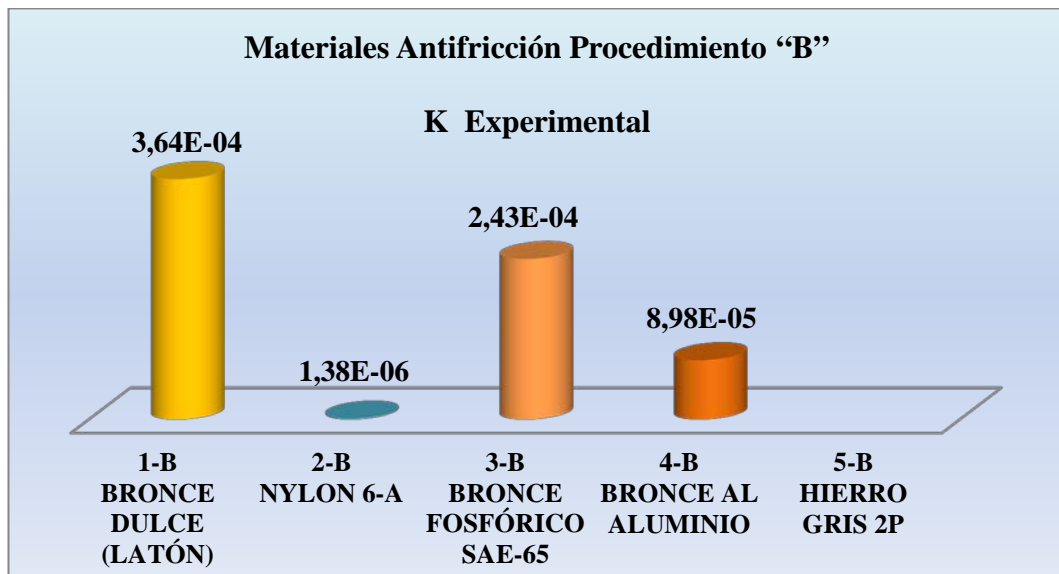


Figura 4.29 Gráfico de comparación, del Coeficiente de Fricción K, ensayado en materiales antifricción, (Procedimiento "B")

Fuente: Autor

La figura 4.29, muestra los valores del Coeficiente de Fricción K obtenidos durante el ensayo de cinco materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340, siendo estos valores una de las propiedades tribológicas de los materiales al momento de realizar el diseño y selección de materiales antifricción para componentes de máquinas, como se puede observar a diferencia de los gráficos anteriores donde el BRONCE FOSFÓRICO presentaba los valores más altos en este gráfico nos damos cuenta que este valor cambia drásticamente.

De los cinco materiales que se presenta en la figura 4.29, en el grupo de los bronce el que mejor Coeficiente de Fricción presenta es el BRONCE AL ALUMINIO con un valor de $8,98E-5$ mientras que el NYLON 6-A al ser un polímero presenta el más alto coeficiente de fricción.

4.2.6 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO “B”)

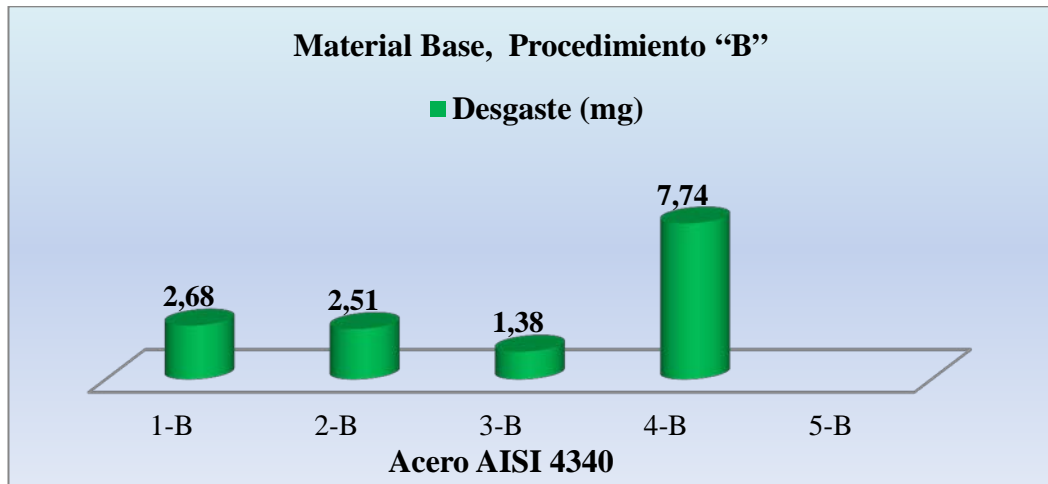


Figura 4.30 Gráfico de comparación, del Desgaste (mg) del Acero AISI 4340, en relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento “B”)

Fuente: Autor

La figura 4.30, muestra el desgaste del Acero AISI 4340 durante el Procedimiento “B”, como podemos observar el ensayo con el BRONCE AL ALUMINIO es el que más desgasta al material base con un valor de 7,74 miligramos, mientras que el BRONCE FOSFÓRICO es el material antifricción que menor daño causa.

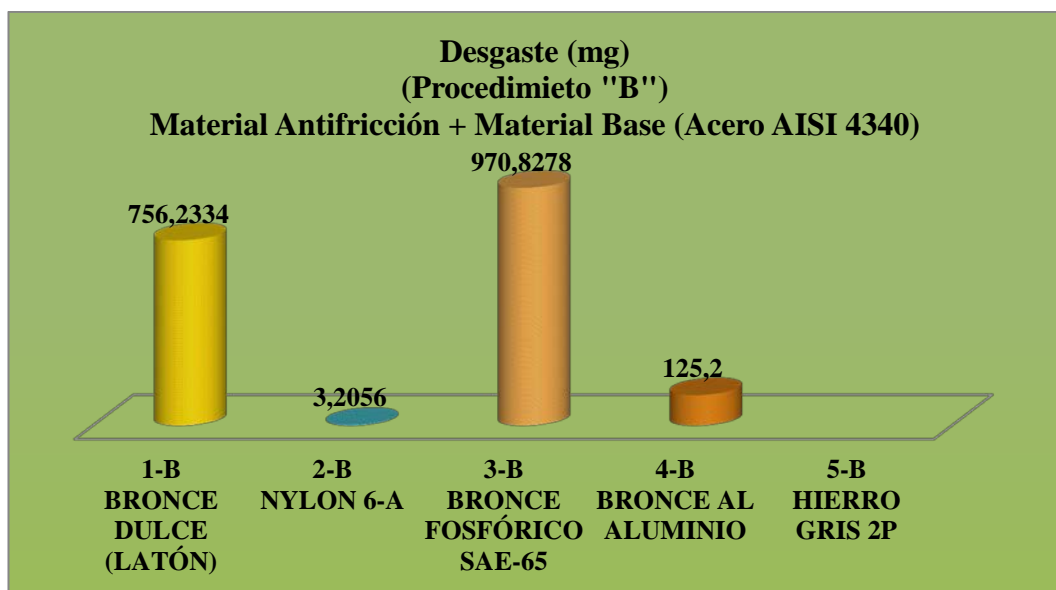


Figura 4.31 Gráfico de la suma del Desgaste (mg) del par tribológico expresado en miligramos, (Procedimiento “A”)

Fuente: Autor

La figura 4.31, muestra la suma de los valores de cada uno de los pares tribológicos de material antifricción con el Acero AISI 4340 respectivamente, ensayados mediante el Procedimiento “B” , como se puede observar el par tribológico dentro del grupo de los bronce, el que mayor desgaste presenta es el BRONCE FOSFÓRICO sobre el Acero AISI 4340, el BRONCE AL ALUMINIO a pesar de causar el mayor desgaste al Acero AISI 4340 al momento de presentar los dos valores pese el menor valor con relación a los otros bronce, mientras que el NYLON 6-A es el material polímero que menor desgaste presenta luego del ensayo.

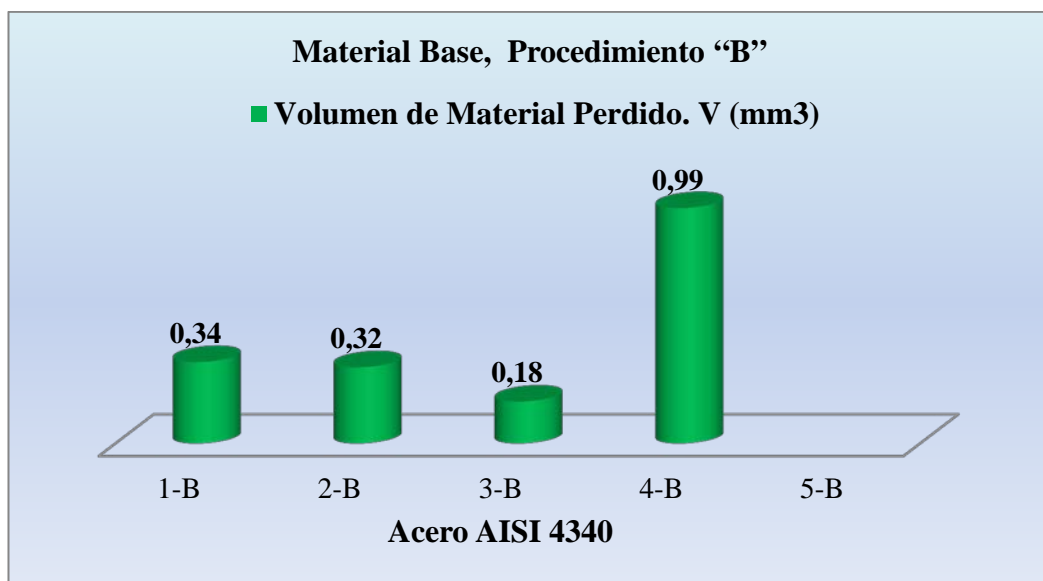


Figura 4.32 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido (mm³) del Acero AISI 4340, con relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento “A”)

Fuente: Autor

La figura 4.32, muestra los valores del Volumen de Material Perdido, como se puede observar el mayor valor es el del BRONCE AL ALUMINIO con el Acero AISI 4340 que presenta un valor de 0,99 mm³, mientras que el BRONCE FOSFORICO es el material que menor daño causa durante el proceso, inclusive dando un valor menor que el NYLON 6-A, en tanto que el HIERRO GRIS 2P no aplica para este procedimiento.

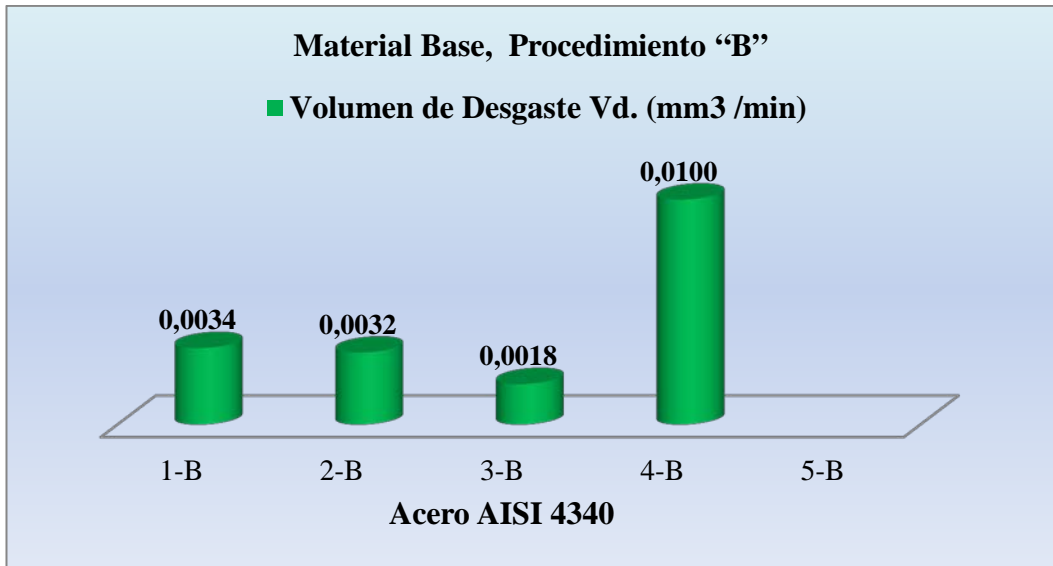


Figura 4.33 Gráfico del Volumen de Desgaste (mm³/min) del Acero AISI 4340, (Procedimiento "B")

Fuente: Autor

La figura 4.33, muestra valores del Volumen de Desgaste del Acero AISI 4340, como se puede observar el mayor valor corresponde al BRONCE Al ALUMINIO, mientras que para el BRONCE FOSFORICO se presenta el valor mas bajo.

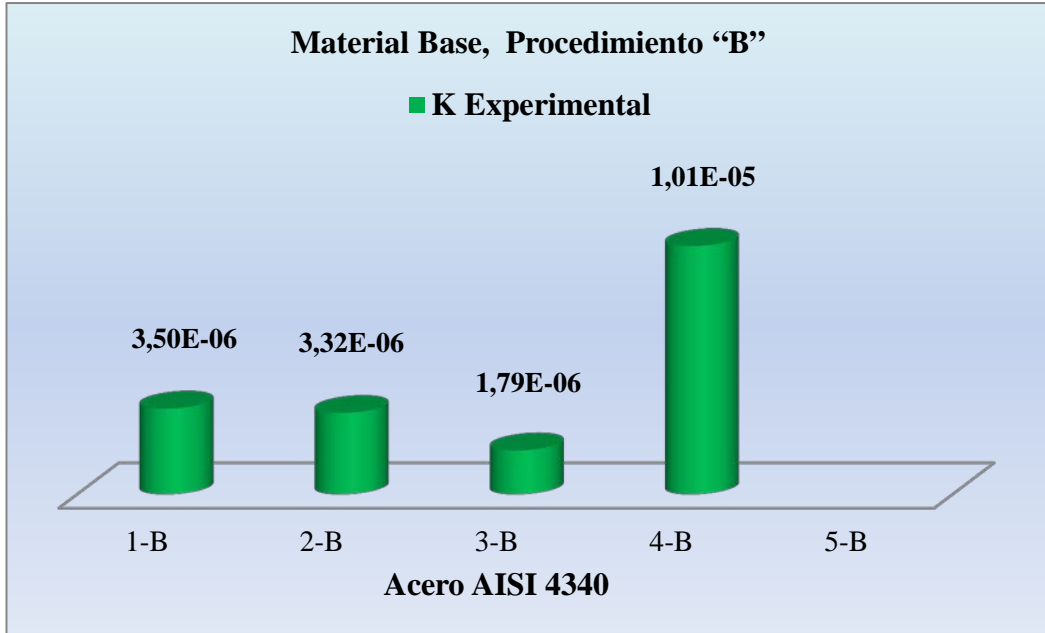


Figura 4.34 Gráfico del Coeficiente de Fricción K, del Acero AISI 4340, (Procedimiento "B")

Fuente: Autor

La figura 4.34, muestra los valores del Coeficiente de Fricción K, del Acero AISI 4340 al ser ensayado con cada materiales antifricción, como se puede observar el

mejor Coeficiente de Fricción presenta con el BRONCE FOSFÓRICO, pues este material es el que menor daño ocasiona al material base, mientras que el BRONCE AL ALUMINIO es material q mayor daño ocasiona por este motivo se reduce el Coeficiente de Fricción del material base.

4.2.7 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS MATERIALES ANTIFRICCIÓN, (PROCEDIMIENTO “C”)

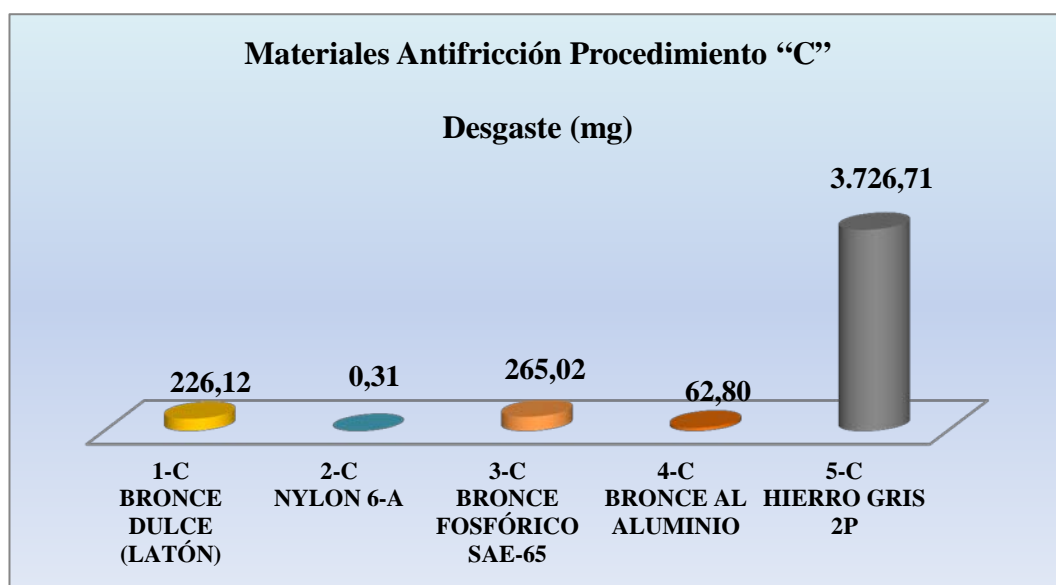


Figura 4.35 Gráfico de comparación, Desgaste (mg) con relación al tiempo de duración del ensayo en materiales antifricción, (Procedimiento “A”)

Fuente: Autor

La figura 4.35, muestra los valores del desgaste de los materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340, durante 10000 ciclos a 100 rev./min como indica el procedimiento el procedimiento “C”, como podemos observar el mayor valor presenta el HIERRO GRIS 2P el cual si es aplicable para este procedimiento dando valores extremadamente altos en comparación a los valores del resto de materiales ensayados, mientras que en el grupo de los bronce el material con mayor valor es BRONCE FOSFÓRICO mientras que el menor valor corresponde al BRONCE AL ALUMINIO, en tanto que el NYLON 6-A es el material que menor desgaste presenta con referencia al resto de materiales entonces podemos comprobar que los polímeros tienen propiedades resistente al desgaste.

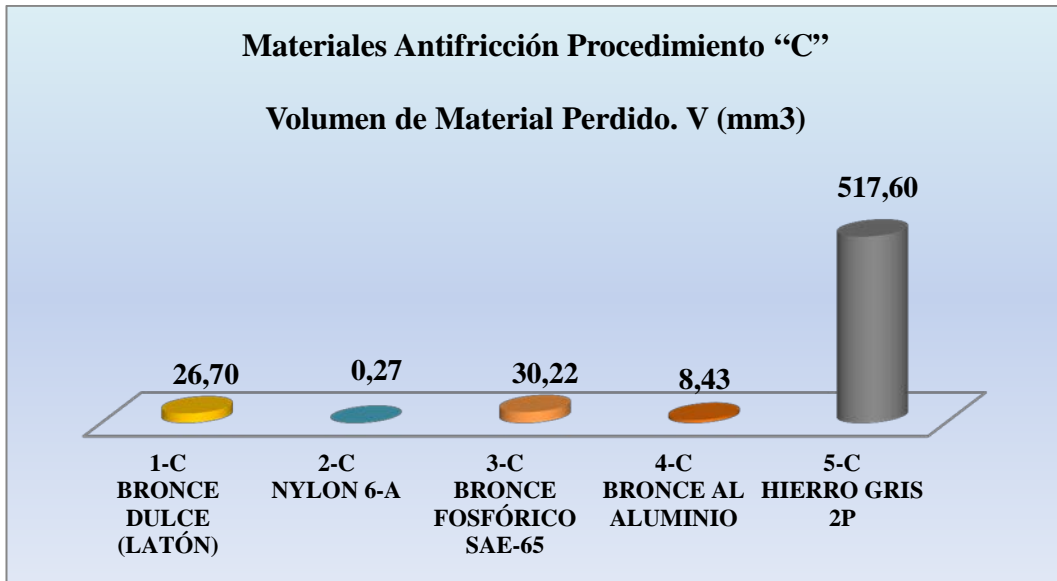


Figura 4.36 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido, en materiales antifricción, (Procedimiento “A”)

Fuente: Autor

La figura 4.36, muestra los valores del volumen de material perdido durante el Procedimiento “C” de los cuales el mayor valor corresponde al hierro gris 2P, dentro del grupo de los bronce el mayor valor es el del BRONCE FOSFÓRICO y el menor valor es el del BRONCE Al ALUMINIO mientras que el polímero NYLON 6-A es el material que pierde la menor cantidad de volumen expresado en mm³.

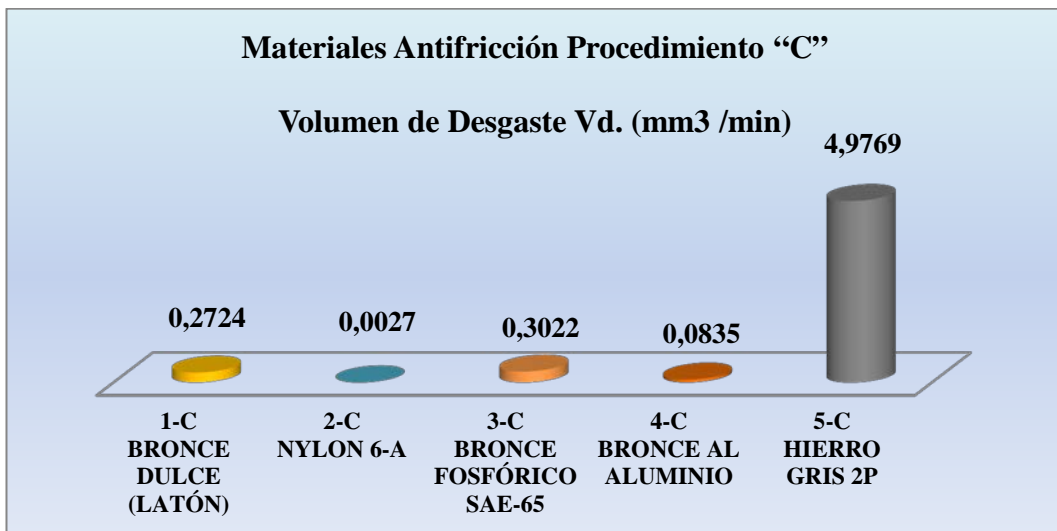


Figura 4.37 Gráfico de comparación, Volumen de Desgaste con relación al tiempo, en materiales antifricción, (Procedimiento “A”)

Fuente: Autor

La figura 4.37, muestra los valores del volumen de desgaste de los materiales antifricción ensayados bajo el Procedimiento “C”, como se puede observar el valor del HIERRO GRIS 2P es extremadamente alto en comparación con el mayor valor de los bronce, mientras que el NYLON es el que presenta el menor valor de los cinco materiales antifricción ensayados.

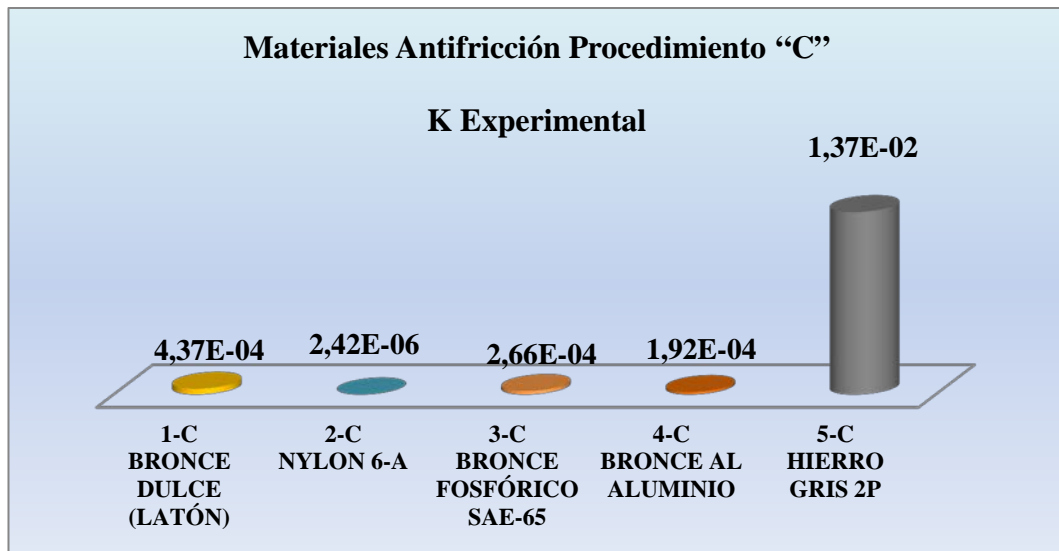


Figura 4.38 Gráfico de comparación, del Coeficiente de Fricción K, en materiales antifricción, (Procedimiento “C”)

Fuente: Autor

La figura 4.38, muestra los valores de una de las propiedades tribológicas más importantes de los materiales antifricción ensayados bajo el procedimiento “C”, como podemos observar el Coeficiente de Fricción K para el HIERRO FUNDIDO presenta el valor más alto, en comparación con los bronce,

El BRONCE AL ALUMINIO tiene el mejor coeficiente del grupo de los bronce, mientras que el valor más bajo le corresponde al NYLON 6-A de todos los materiales antifricción.

4.2.8 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ACERO AISI 4340, (PROCEDIMIENTO “C”)

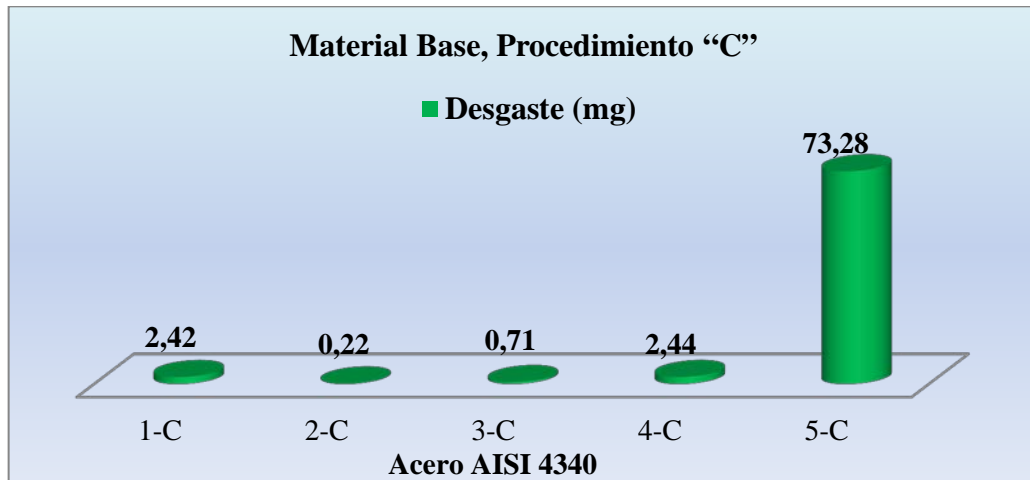


Figura 4.39 Gráfico de comparación, del Desgaste (mg) del Acero AISI 4340, en relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento “C”)

Fuente: Autor

La figura 4.39, muestra los valores del Desgaste de los cinco materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 respectivamente, como podemos observar el material que más daño superficial causa es el HIERRO GRIS 2P en comparación con el resto del resto de materiales, mientras que el BRONCE AL ALUMINIO es el material antifricción que presenta el valor más alto de desgaste en el grupo de los bronce, en tanto que el NYLON 6-A presenta el menor valor de todos los materiales antifricción ensayados.

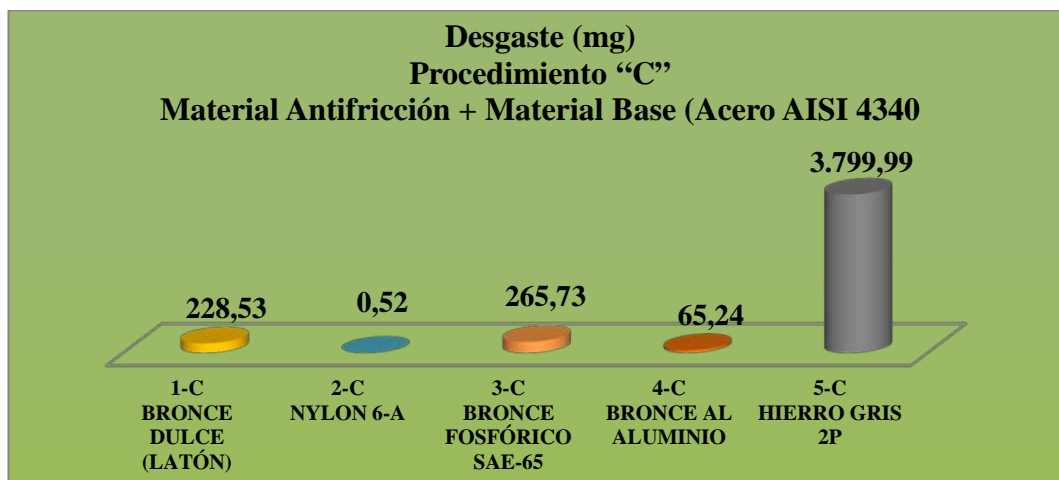


Figura 4.40 Gráfico de la suma del Desgaste del par tribológico expresado en miligramos, (Procedimiento “C”)

Fuente: Autor

La figura 4.40, muestra los valores de la suma de desgaste de las probetas de cada par tribológico respectivamente, como se observa el par tribológico que presenta el mayor valor es el HIERRO GRIS 2P con el Acero AISI 4340, mientras que el menor valor corresponde al NYLON 6-A.

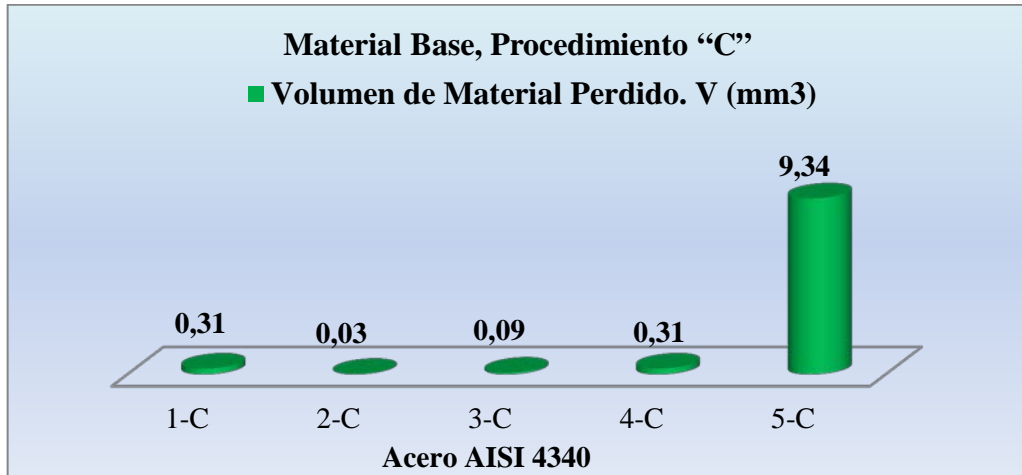


Figura 4.41 Gráfico de comparación, Volumen de Material Perdido (mm³) del Acero AISI 4340, con relación al tiempo de duración del ensayo, (Procedimiento "C")

Fuente: Autor

La figura 4.41, muestran los valores de Volumen de Material Perdido del Acero AISI 4340 con cada uno de los materiales antifricción ensayados mediante el Procedimiento "C" como se puede observar el valor más elevado presenta el ensayo del HIERRO GRIS 2P con el Acero AISI 4340, mientras que el menor valor corresponde al NYLON 6-A.

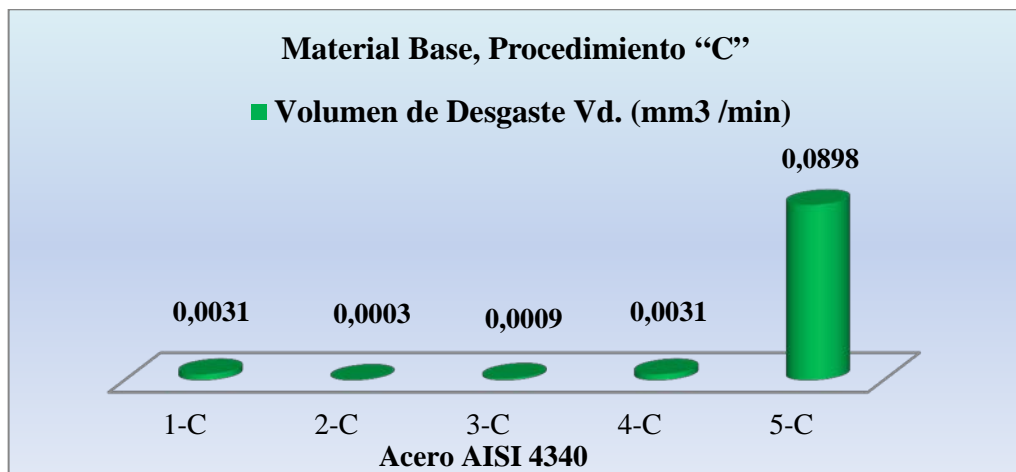


Figura 4.42 Gráfico del Volumen de Desgaste (mm³/min) del Acero AISI 4340, (Procedimiento "C")

Fuente: Autor

La figura 4.42, muestra los valores del Volumen de Desgaste del Acero AISI 4340 durante el Procedimiento “C”, como se puede observar el volumen de desgaste en el par tribológico del HIERRO GRIS 2P con el Acero AISI 4340 es el presenta el mayor valor, mientras que el NYLON 6-A es el presenta el menor Volumen de Desgaste.

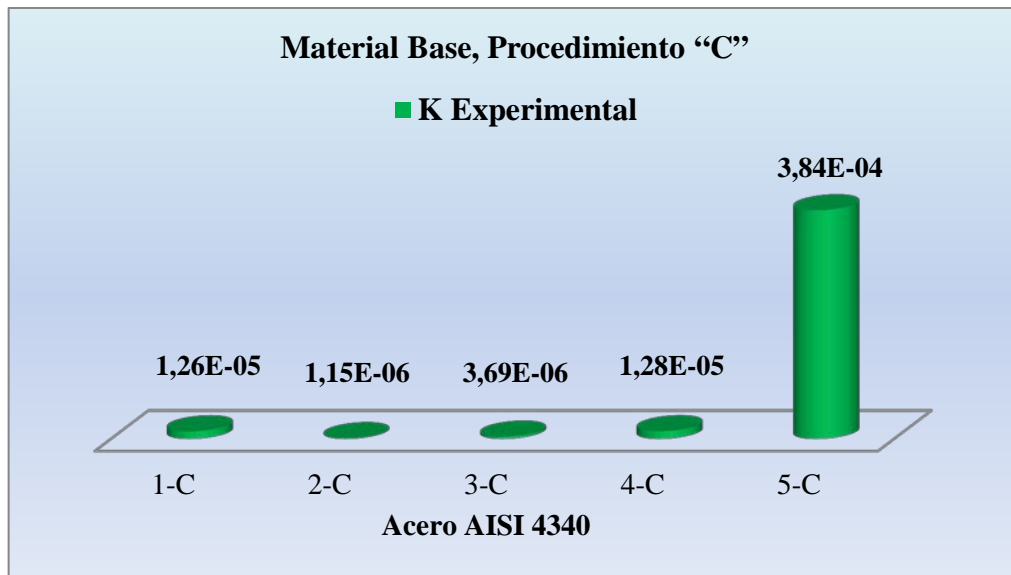


Figura 4.43 Gráfico del Coeficiente de Fricción K, del Acero AISI 4340, (Procedimiento “C”)

Fuente: Autor

La figura 4.43, muestra los valores del Coeficiente de Fricción K, del Acero AISI 4340, como podemos observar el ensayo del Acero AISI 4340 presenta un menor coeficiente de fricción es con el HIERRO GRIS 2P, mientras que para el grupo de los bronce el mejor coeficiente de fricción presenta el BRONCE DULCE, mientras tanto el NYLON 6-A es el polímero que mejor características presenta frente al desgaste.

4.2.8.1 Resumen de valores del Desgaste (mg) para Materiales Antifricción

La figura 4.44, muestra el resumen de valores de Desgaste expresado en miligramos (mg) de cinco materiales antifricción durante los tres procedimientos que establece la norma ASTM G83-96.

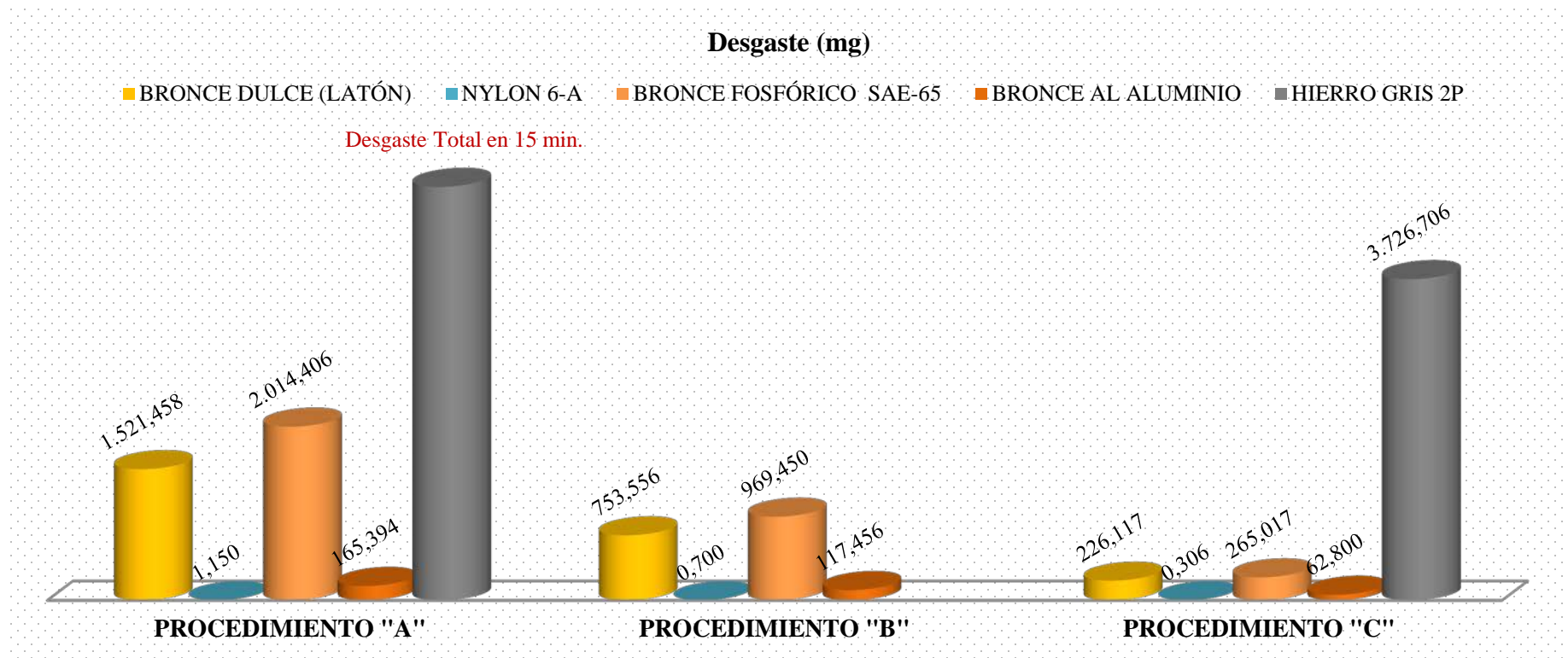
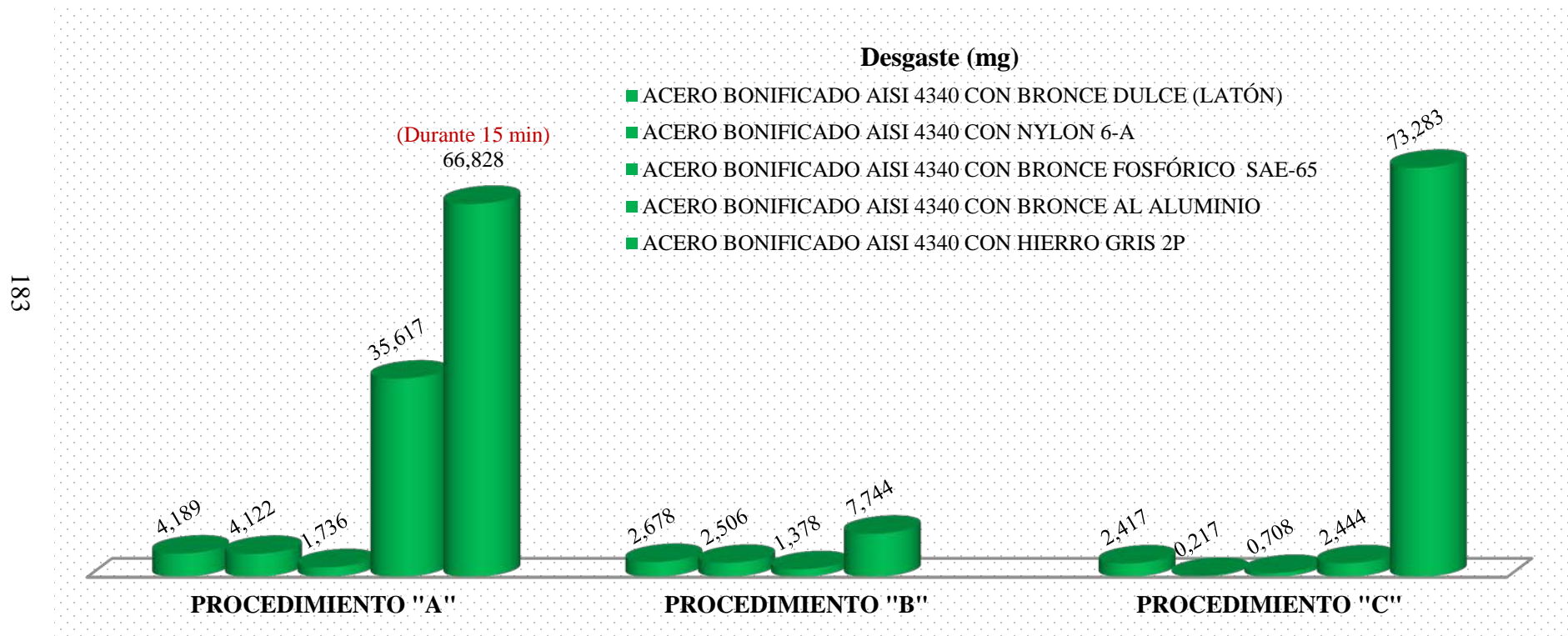


Figura 4.44 Gráfico de valores de Desgaste en miligramos (mg), para materiales antifricción durante tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96

Fuente: Autor

4.2.8.2 Resumen de valores del Desgaste (mg) para el Acero AISI 4340

La figura 4.45, muestra valores de Desgaste expresado en miligramos (mg), del Acero AISI 4340 durante tres procedimientos que establece la norma ASTM G83-96.



183

Figura 4.45 Gráfico de valores de Desgaste en miligramos (mg) del Acero AISI 4340, para tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96

Fuente: Autor

4.2.8.3 Resumen de valores del Desgaste Total (mg) para los tres procedimientos

La figura 4.46, muestra la suma de valores de Desgaste para cada probeta ensayada, bajo tres procedimientos de la norma ASTM G83-96.

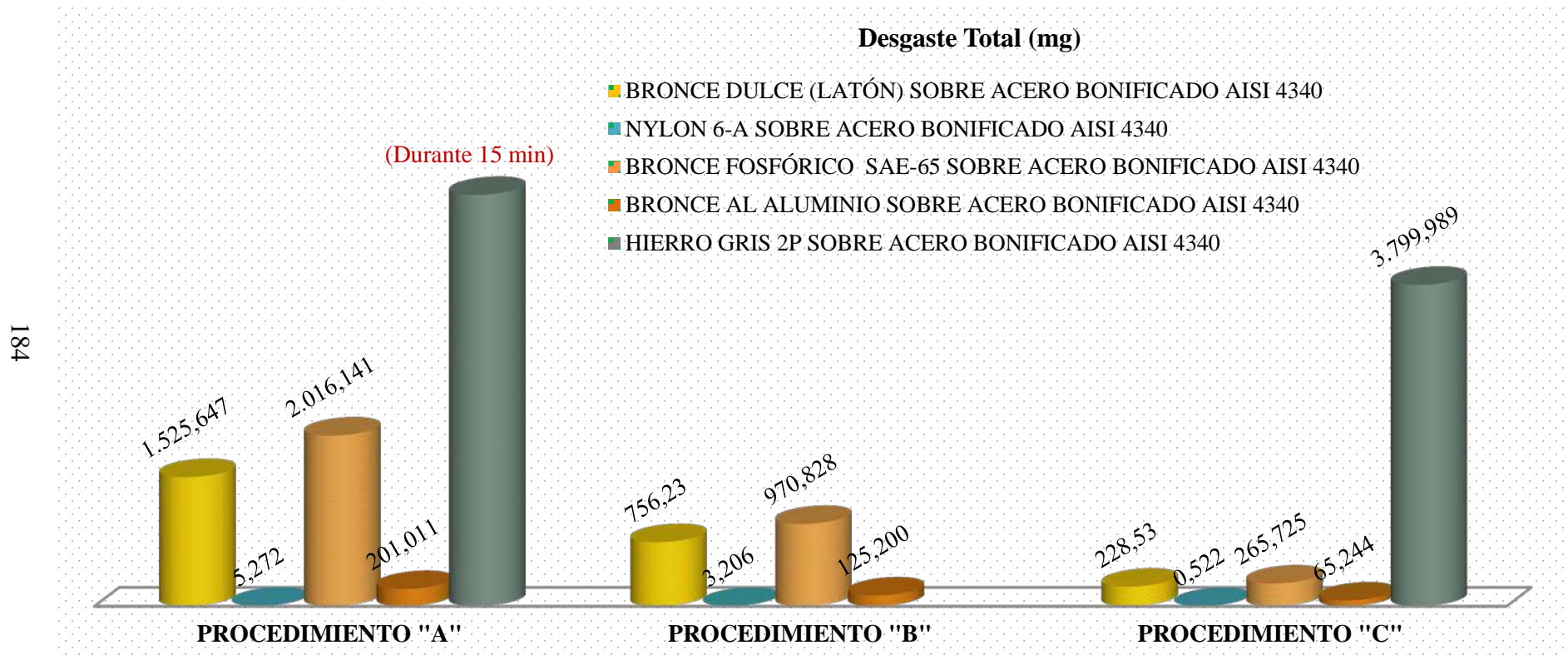


Figura 4.46 Gráfico de la suma de valores de Desgaste de cada probeta ensayada bajo tres procedimientos de la norma ASTM G83-96

Fuente: Autor

4.2.8.4 Resumen de valores del Volumen de Material Perdido (mm^3), para Materiales Antifricción

La figura 4.47, muestra el resumen de valores del Volumen de Material Perdido en cinco materiales antifricción obtenidos mediante tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96.

185

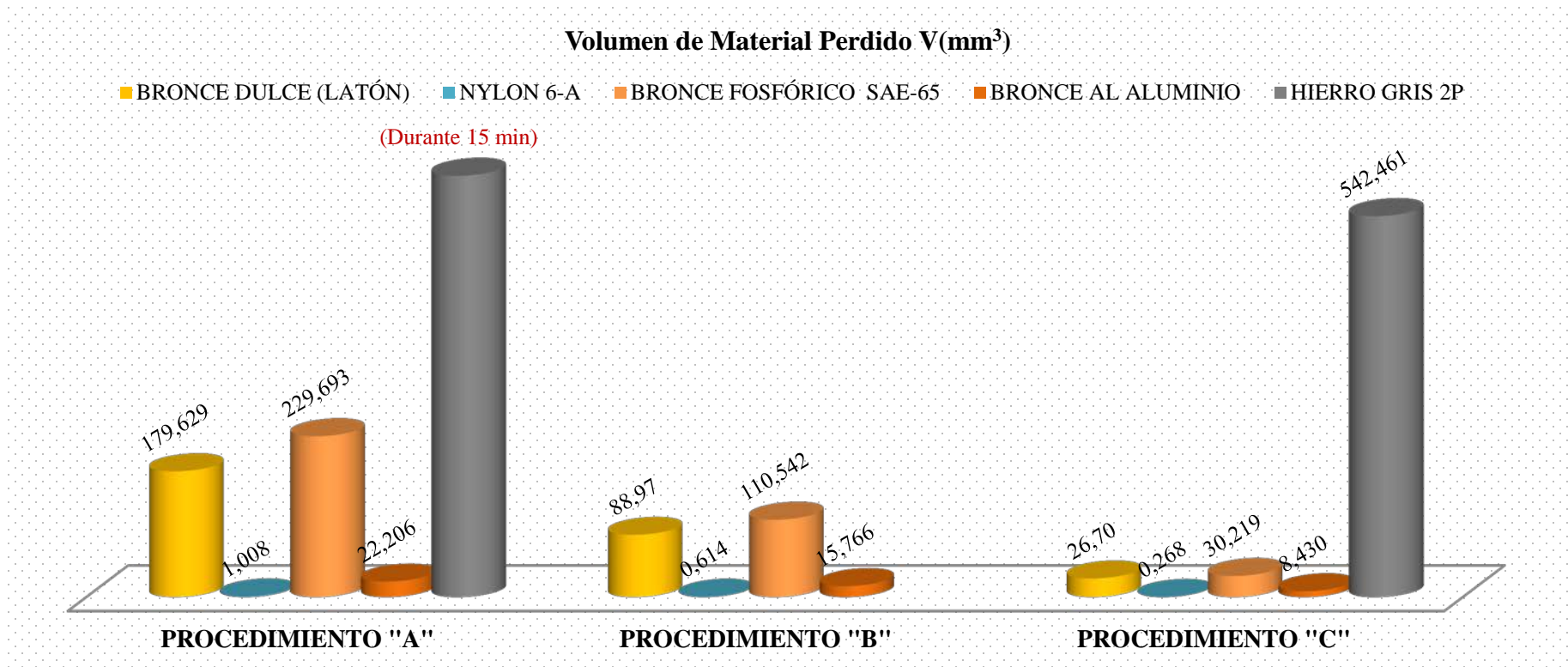


Figura 4.47 Gráfico de resumen de los valores de Volumen de Material Perdido en materiales antifricción

Fuente: Autor

4.2.8.5 Resumen de valores del Volumen de Material Perdido (mm^3), para el Acero AISI 4340

La figura 4.48, muestra el resumen de valores de Volumen de Material Perdido en el Acero AISI 4340 obtenidos mediante tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96.

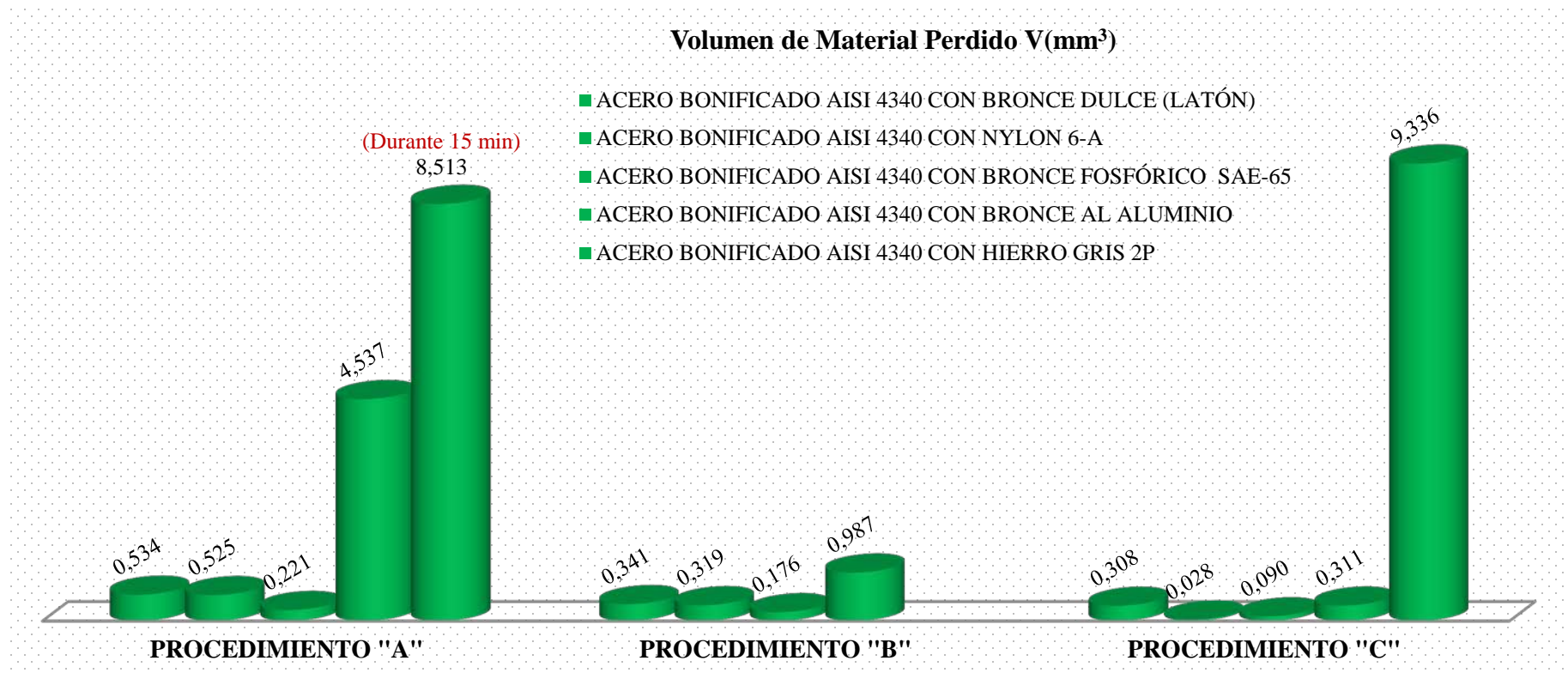


Figura 4.48 Gráfico del resumen de valores de Volumen de Material Perdido en el Acero AISI 4340

Fuente: Autor

4.2.8.6 Resumen de valores del Volumen de Desgaste (mm^3/min), para Materiales Antifricción

La figura 4.49, muestra el resumen del Volumen de Desgaste de cinco materiales antifricción, ensayados mediante tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96, como se puede observar en el gráfico, el volumen de desgaste es una de las propiedades tribológicas muy importantes a tomar en cuenta durante el diseño y selección de materiales para componentes de máquinas.

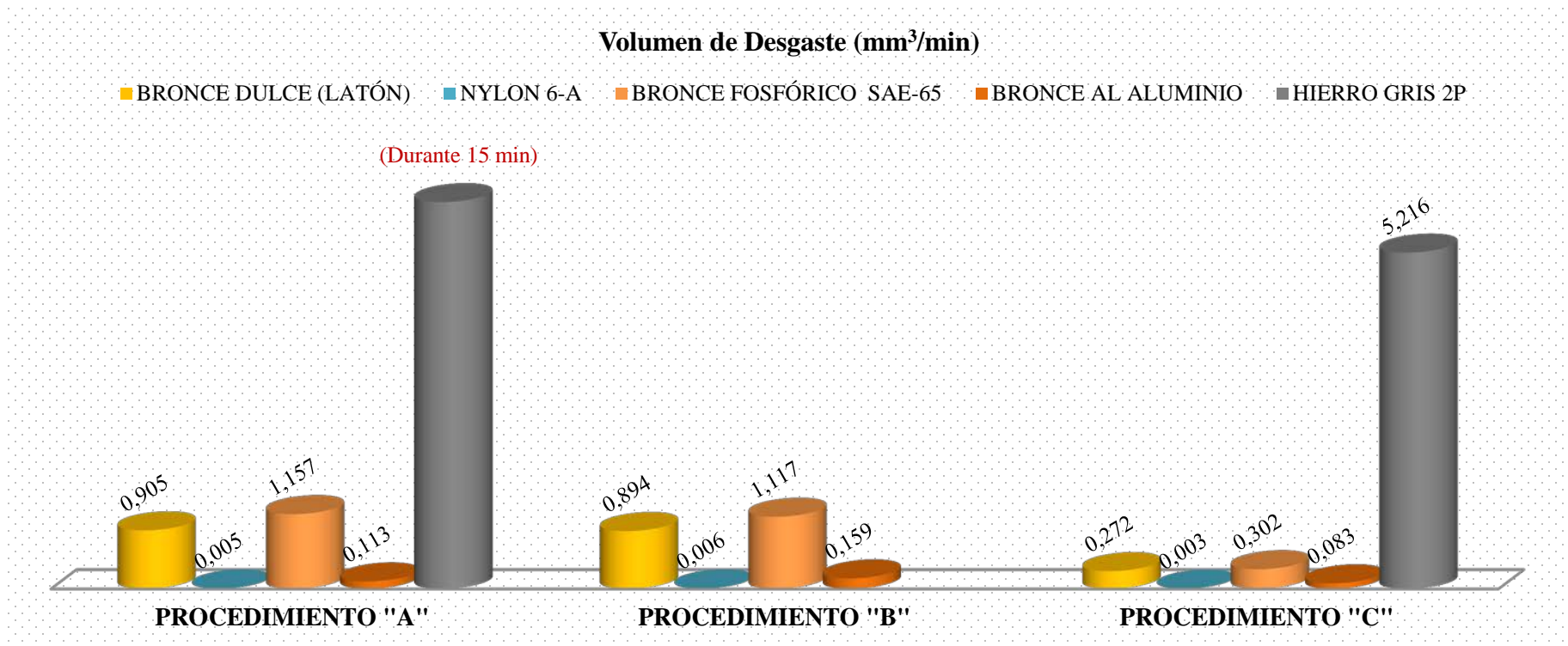


Figura 4.49 Gráfico del Volumen de Desgaste de materiales antifricción sometidos a tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96

Fuente: Autor

4.2.8.7 Resumen de valores del Volumen de Desgaste (mm^3/min), para el Acero AISI 4340

La figura 4.50, muestra el resumen del Volumen de Desgaste del Acero AISI 4340, ensayado mediante tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96.

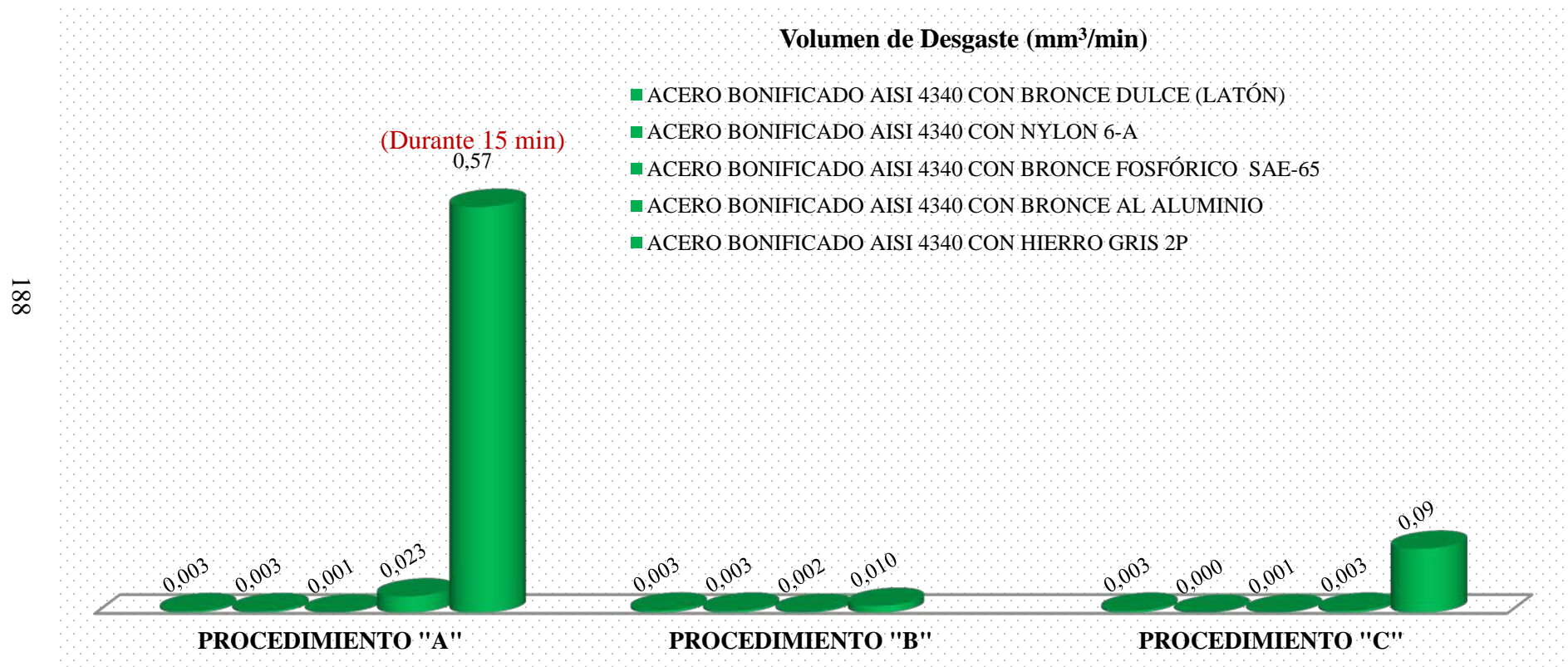


Figura 4.50 Gráfico del Volumen de Desgaste de Acero AISI 4340 sometido a tres procedimientos establecidos en la norma ASTM G83-96

Fuente: Autor

4.2.8.8 Resumen de valores del Coeficiente de Fricción K, para Materiales Antifricción

La figura 4.51, muestra valores de una de las propiedades tribológicas más importantes de los materiales antifricción, como se puede observar en el gráfico los valores del Coeficiente de Fricción K, fueron obtenidos mediante tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96

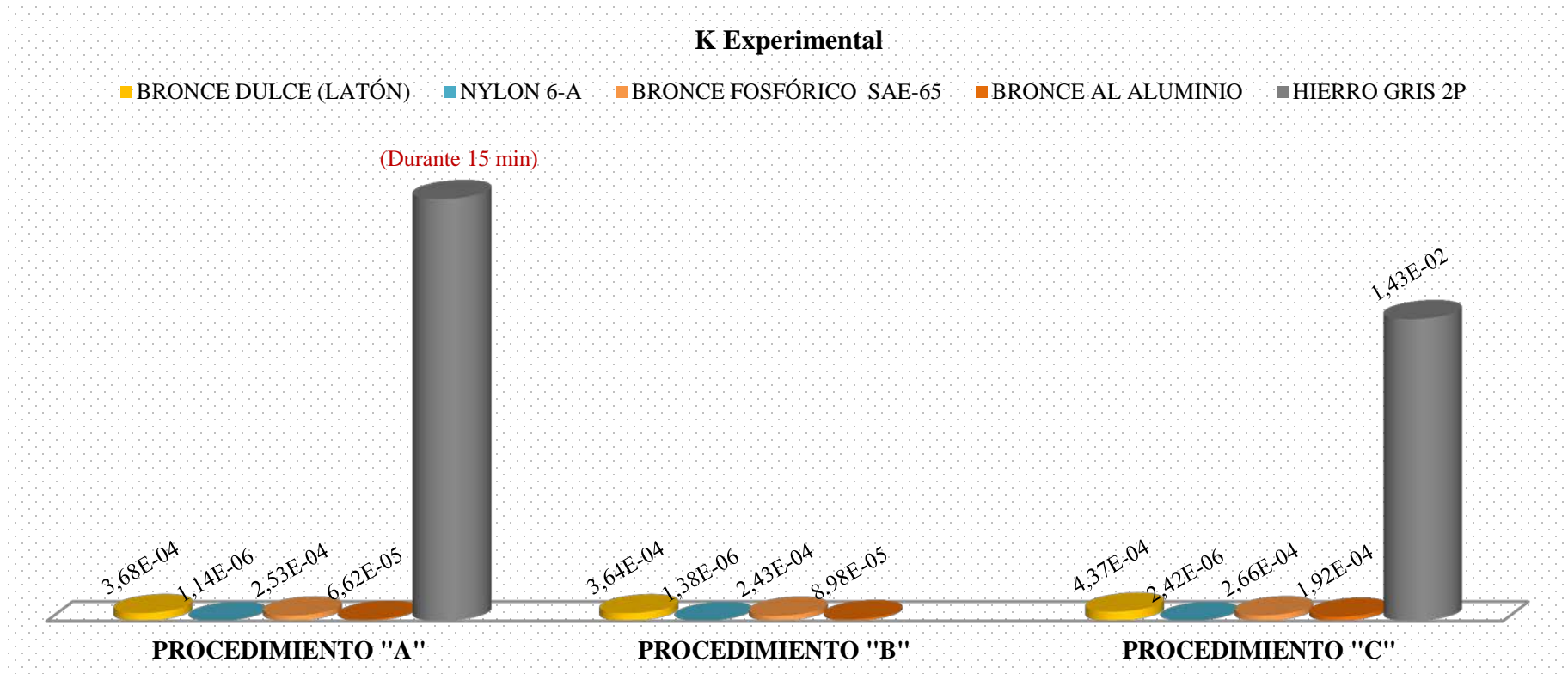


Figura 4.51 Gráfico del Coeficiente de Fricción K, en materiales antifricción sometidos a tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96

Fuente: Autor

4.2.8.9 Resumen de valores del Coeficiente de Fricción K, para el Acero AISI 4340

La figura 4.52, muestra valores del Coeficiente de Fricción K, para el Acero AISI 4340, ensayado con cinco materiales antifricción, como se puede observar el gráfico muestra valores de tres procedimientos según la norma ASTM G83-96

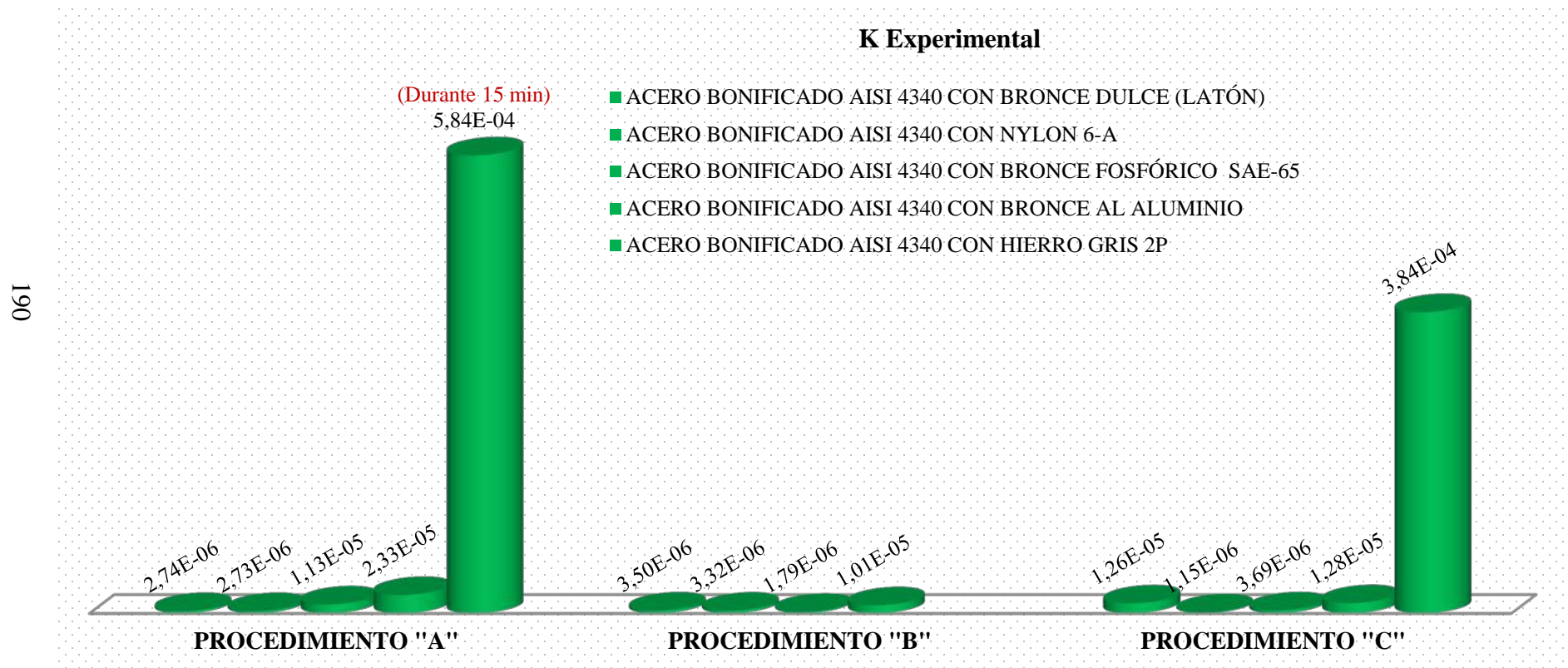


Figura 4.52 Gráfico del Coeficiente de Fricción K, en el Acero AISI 4340, sometido a tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96

Fuente: Autor

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

HIPÓTESIS:

La correcta evaluación de los factores de desgaste adhesivo de diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo norma ASTM G83, permitirá determinar las propiedades tribológicas.

Una vez que se ha realizado los ensayos de dureza y de desgaste adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo norma ASTM G83-96, sometidos a tres procedimientos:

- **Procedimiento “A” (Desgaste Severo)**
Fuerza aplicada 7.26 (Kgf), con una tolerancia del 3% ,
Velocidad 400 (rpm), tiempo 200 min, revoluciones 80.000 con una tolerancia del 2%
- **Procedimiento “B” (Desgaste Moderado)**
Fuerza aplicada 7.26 (Kgf), con una tolerancia del 3% ,
Velocidad 400 (rpm), tiempo 100 min, revoluciones 40.000 con una tolerancia del 2%
- **Procedimiento “C” (Desgaste Suave)**
Fuerza aplicada 7.26 (Kgf), con una tolerancia del 3% ,
Velocidad 400 (rpm), tiempo 100 min, revoluciones 10.000 con una tolerancia del 2%

Se puede llegar a determinar las propiedades tribológicas de los materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340, para cada procedimiento respectivamente.

La primera propiedad tribológica que se determinó es el Volumen de Desgaste en materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 como se puede observar en la figura 4.49, se presenta los resultados de dicha propiedad para cada uno de los ensayos establecidos por la norma ASTM G83-96, del mismo modo como establece la norma cuando se ensaya materiales diferentes se debe presentar los cálculos por separado para cada material, de tal manera que en la figura 4.50 se presenta el Volumen de Desgaste para el Acero AISI 4340.

Como se puede observar en las figuras 4.49 y 4.50, el material antifricción que mejor se comporta mejor ante el desgaste adhesivo es el NYLON 6-A, debido a que es un polímero de alta resistencia al desgaste, mientras que el HIERRO GRIS 2P es el material que menor resistencia al desgaste presenta.

La segunda propiedad es el coeficiente de fricción K, considerada la propiedad más importante es la que se muestra en la figura 4.51 y 4.52, respectivamente para cada material antifricción y para el Acero AISI 4340, como se puede observar en la figura 4.51, el material que mejor coeficiente de fricción presenta es NYLON 6-A esto debido a que es un polímero, mientras que el HIERRO GRIS 2P es material que presenta el coeficiente de fricción más bajo es por eso que para los procedimientos A y B no se lo puede aplicar, en tanto que en el grupo de los bronce el que mejor coeficiente de fricción posee es el BRONCE AL ALUMINIO.

En la figura 4.52, muestra los valores del Coeficiente de Fricción para el Acero AISI 4340 ensayado con cinco materiales antifricción, como se puede observar el material con el que mejor coeficiente de fricción presenta es con el NYLON 6-A para los procedimiento A y C, mientras que para el procedimiento B presenta mejor coeficiente de fricción con el BRONCE FOSFÓRICO, también se puede determinar que las probetas ensayadas con el BRONCE AL ALUMINIO presentan un bajo coeficiente de fricción.

Por lo expuesto se verifica la hipótesis.

4.3.1 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS POR SELECCIÓN ESTADÍSTICO.

la Tabla 4,17 según (Archard, J.F. y Hirst, W. 1956), provee una indicación de los valores observados del coeficiente de desgaste K para un número de pares tribológicos con deslizamiento en seco, los cuales nos ayudaran a comprobar la hipótesis estadísticamente mediante el método de Chi Cuadrado.

Tabla 4.17 Valores observados del coeficiente de desgaste K para un número de pares tribológicos con deslizamiento en seco.

Material	k
Acero (sobre acero)	7.0E-03
Latón	6.0E-04
PTFE	2.5E-05
Aleación Cobre-Berilio	3.7E-05
Acero endurecido para herramienta	1.3E-04
Acero perlítico inoxidable	1.7E-05
Polietileno	1.3E-07

Fuente: Cubillán T. Alfredo A. 2002, pp. 34

Los datos también indican que los valores experimentales de K , los cuales varían para diferentes condiciones y diferentes combinaciones de materiales sometidos a desgaste adhesivo. Esto, es cierto, para muchas aplicaciones de ingeniería, en los cuales generalmente tiene asociaciones con valores de K en el rango de 10^{-5} o más pequeños como se muestra en la tabla 4.18, según Raymond G. Bayer, 1994.

Tabla 4.18 Valores de K para desgaste adhesivo.

COMBINACIÓN	K
<i>METALES DEL MISMO TIPO</i>	
SECO	2×10^{-4} - 0.2
LUBRICADO	2×10^{-7} - 9×10^{-4}
<i>METALES NO DEL MISMO TIPO</i>	
SECO	6×10^{-4} - 2×10^{-3}
LUBRICADO	9×10^{-8} - 3×10^{-4}
<i>PLÁSTICOS SOBRE METALES</i>	
SECO	3×10^{-7} - 2×10^{-5}
LUBRICADO	1×10^{-6} - 5×10^{-6}

Fuente: Gallardo H. Ezequiel A. 2002, pp 73

4.3.1.1 Demostración de la hipótesis mediante Chi-Cuadrado, para el Ensayo de desgaste adhesivo del Bronce Dulce (Latón) con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Tabla 4.19 Datos obtenidos del Coeficiente de Fricción del Bronce Dulce (Latón) con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Nº de ensayos	Coeficiente de Fricción	O	E	O - E	(O - E) ²	(O - E) ²
						E
1	3,78E-04	3,78E-04	6,00E-04	-2,22E-04	4,92E-08	8,20E-05
2	3,70E-04	3,70E-04	6,00E-04	-2,30E-04	5,31E-08	8,85E-05
3	4,05E-04	4,05E-04	6,00E-04	-1,95E-04	3,81E-08	6,35E-05
4	3,47E-04	3,47E-04	6,00E-04	-2,53E-04	6,42E-08	1,07E-04
5	3,37E-04	3,37E-04	6,00E-04	-2,63E-04	6,92E-08	1,15E-04
6	3,48E-04	3,48E-04	6,00E-04	-2,52E-04	6,35E-08	1,06E-04
Promedio	3,64E-04	Chi-Cuadrado			X² =	5,62E-04

Fuente: Autor

Cálculo estadístico en Excel

Tabla 4.20 Chi-Cuadrado calculado para ensayo de desgaste adhesivo del Bronce Dulce (Latón) con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Coeficiente de Fricción esperado	6,00E-04	
Error	α	30%
Nº de Filas	r	2
Nº de Columnas	k	6
Grados de libertad	(r-1)*(k-1)	5
Chi-cuadrado X^2 de la tabla	6,0644	
Probabilidad de X^2 prueba	1,0000	
$X^2 = \sum \frac{(o_i - e_e)^2}{e_i}$		0,000562

Fuente: Autor

Distribución del Chi-Cuadrado

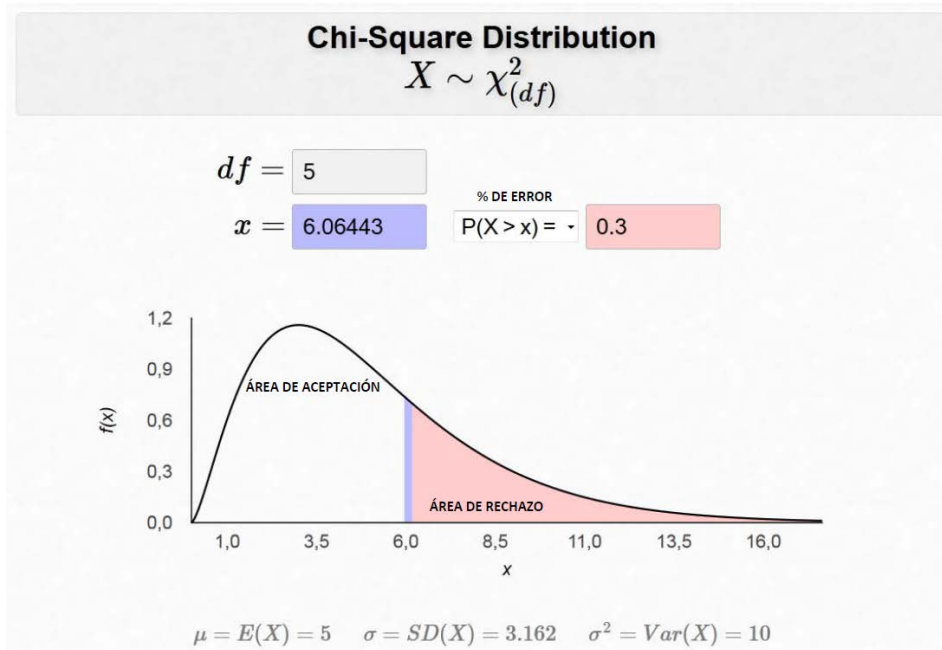


Figura 4.53 Prueba de hipótesis, $\alpha = 0.3$, con 5 grados de libertad para el Bronce Dulce (Latón) con el Acero AISI 4340

Fuente: <http://homepage.stat.uiowa.edu/~mbognar/applets/chisq.html>

La figura 4.53, muestra que el Coeficiente de Fricción calculado del Bronce Dulce (Latón), se encuentra dentro del área de aceptación con relación a los valores del Coeficiente de Fricción esperado.

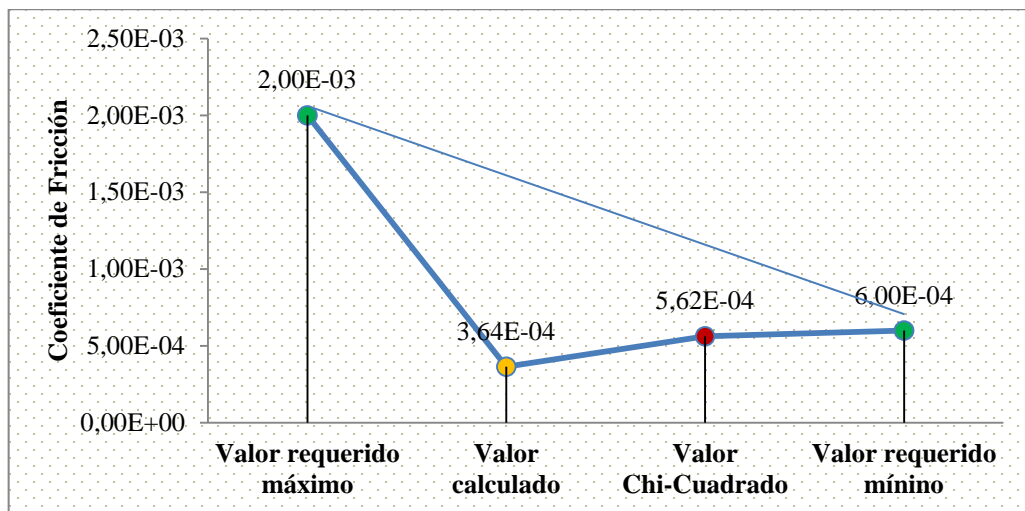


Figura 4.54 Gráfico del Coeficiente de Fricción calculado vs Coeficiente de Fricción esperado para el Bronce Dulce (Latón) con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Fuente: Autor

4.3.1.2 Demostración de la hipótesis mediante Chi-Cuadrado, para el Ensayo de desgaste adhesivo del Nylon 6-A con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Tabla 4.21 Datos obtenidos del Coeficiente de Fricción del Nylon 6-A con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

N° de ensayos	Coeficiente de Fricción	O	E	O - E	(O - E) ²	(O - E) ²
						E
1	1,38E-06	1,38E-06	3,00E-07	1,08E-06	1,17E-12	3,92E-06
2	1,52E-06	1,52E-06	3,00E-07	1,22E-06	1,48E-12	4,93E-06
3	1,45E-06	1,45E-06	3,00E-07	1,15E-06	1,32E-12	4,41E-06
4	1,32E-06	1,32E-06	3,00E-07	1,02E-06	1,04E-12	3,45E-06
5	1,19E-06	1,19E-06	3,00E-07	8,86E-07	7,85E-13	2,62E-06
6	1,45E-06	1,45E-06	3,00E-07	1,15E-06	1,32E-12	4,41E-06
Promedio	1,38E-06	Chi-Cuadrado			X² =	2,37E-05

Fuente: Autor

Cálculo estadístico en Excel

Tabla 4.22 Chi-Cuadrado calculado para ensayo de desgaste adhesivo del Nylon 6-A con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Coeficiente de Fricción esperado	3,00E-07	
Error	α	30%
N° de Filas	r	2
N° de Columnas	k	6
Grados de libertad	(r-1)*(k-1)	5
Chi-cuadrado X^2 de la tabla	6,0644	
Probabilidad de X^2 prueba	1,0000	
$X^2 = \sum \frac{(o_i - e_e)^2}{e_i}$		0,0000237

Fuente: Autor

Distribución del Chi-Cuadrado

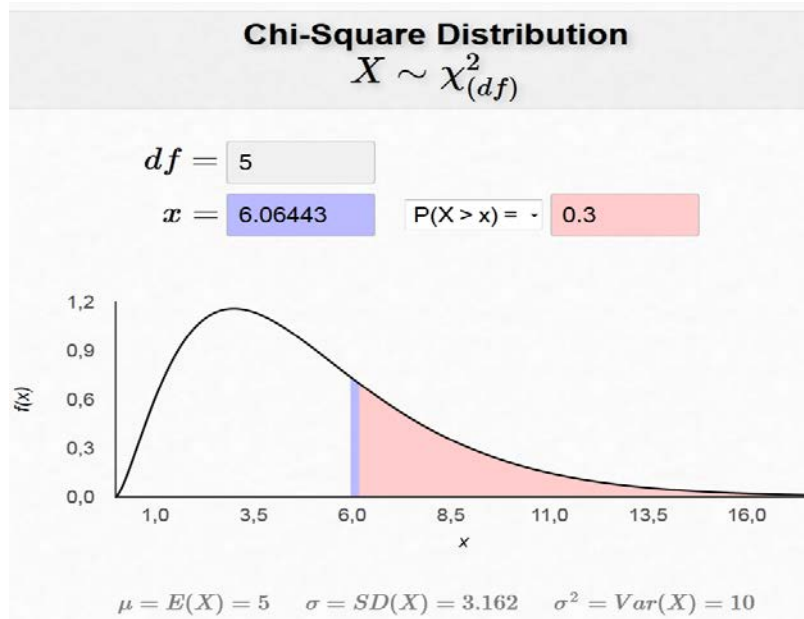


Figura 4.55 Prueba de hipótesis, $\alpha=0.3$, con 5 grados de libertad para el Nylon 6-A con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Fuente: <http://homepage.stat.uiowa.edu/~mbognar/applets/chisq.html>

La figura 4.55, muestra que el Coeficiente de Fricción calculado del Nylon 6-A, se encuentra fuera del área de aceptación con relación a los valores del Coeficiente de Fricción esperado, pero sin embargo el del coeficiente valor calculado se encuentra dentro del área de aceptación de los valores de Chi-Cuadrado.

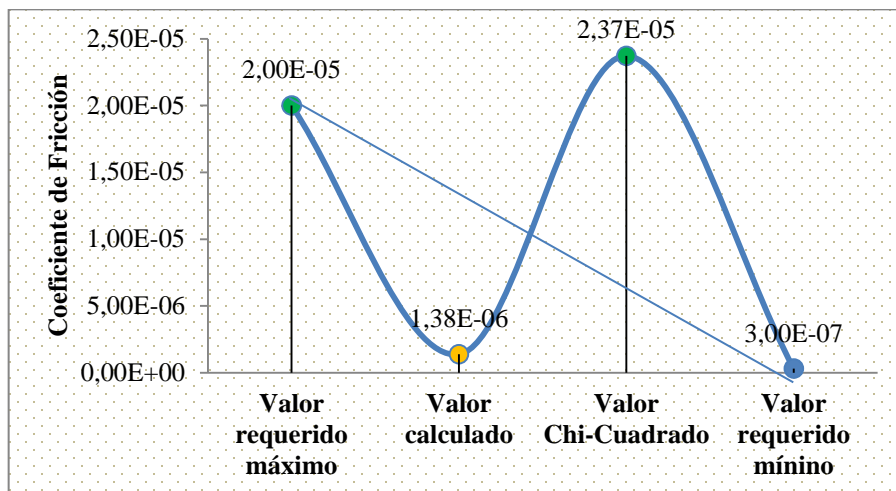


Figura 4.56 Gráfico del Coeficiente de Fricción calculado vs Coeficiente de Fricción esperado para el Nylon 6-A con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Fuente: Autor

4.3.1.3 Demostración de la hipótesis mediante Chi-Cuadrado, para el Ensayo de desgaste adhesivo del Bronce Fosfórico con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Tabla 4.23 Datos obtenidos del Coeficiente de Fricción del Bronce Fosfórico con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Nº de ensayos	Coeficiente de Fricción	O	E	O - E	(O - E) ²	(O - E) ²
						E
1	2,52E-04	2,52E-04	6,00E-04	-3,48E-04	1,21E-07	2,02E-04
2	2,45E-04	2,45E-04	6,00E-04	-3,55E-04	1,26E-07	2,11E-04
3	2,43E-04	2,43E-04	6,00E-04	-3,57E-04	1,28E-07	2,13E-04
4	2,47E-04	2,47E-04	6,00E-04	-3,53E-04	1,25E-07	2,08E-04
5	2,22E-04	2,22E-04	6,00E-04	-3,78E-04	1,43E-07	2,38E-04
6	2,52E-04	2,52E-04	6,00E-04	-3,48E-04	1,21E-07	2,02E-04
Promedio	2,43E-04	Chi-Cuadrado			X² =	1,27E-03

Fuente: Autor

Cálculo estadístico en Excel

Tabla 4.24 Chi-Cuadrado calculado para ensayo de desgaste adhesivo del Bronce Fosfórico con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Coeficiente de Fricción esperado	6,00E-04	
Error	α	30%
Nº de Filas	r	2
Nº de Columnas	k	6
Grados de libertad	(r-1)*(k-1)	5
Chi-cuadrado X^2 de la tabla	6,0644	
Probabilidad de X^2 prueba	1,0000	
$X^2 = \sum \frac{(o_i - e_e)^2}{e_i}$		0,00127

Fuente: Autor

Distribución del Chi-Cuadrado

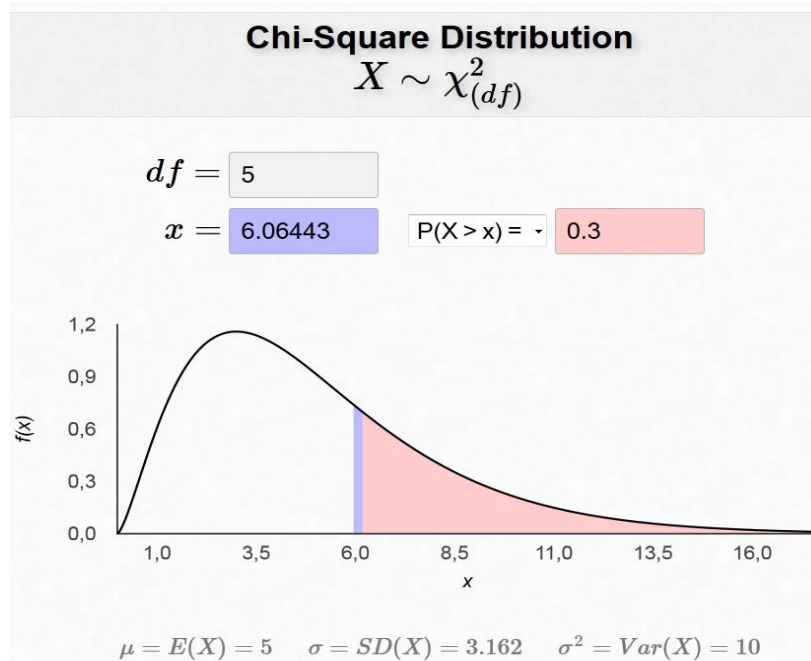


Figura 4.57 Prueba de hipótesis, $\alpha=0.3$, con 5 grados de libertad para el Bronce Fosfórico con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Fuente: <http://homepage.stat.uiowa.edu/~mbognar/applets/chisq.html>

La figura 4.57, muestra que el Coeficiente de Fricción calculado del Bronce Fosfórico se encuentra dentro del área de aceptación con relación a los valores del Coeficiente de Fricción esperado.

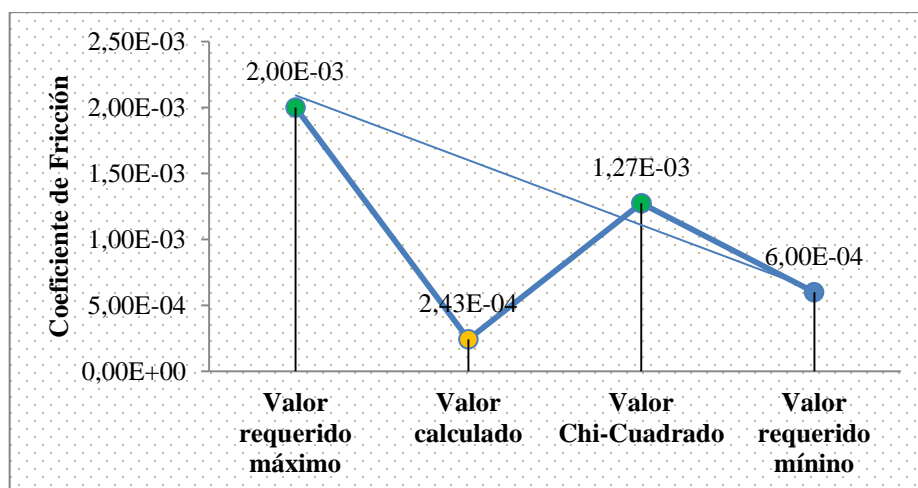


Figura 4.58 Gráfico del Coeficiente de Fricción calculado vs Coeficiente de Fricción esperado para el Bronce Fosfórico con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Fuente: Autor

4.3.1.4 Demostración de la hipótesis mediante Chi-Cuadrado, para el Ensayo de desgaste adhesivo del Bronce al Aluminio con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Tabla 4.25 Datos obtenidos del Coeficiente de Fricción del Bronce al Aluminio con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Nº de ensayos	Coeficiente de Fricción	O	E	O - E	(O - E) ²	(O - E) ²
						E
1	9,74E-05	9,74E-05	6,00E-04	-5,03E-04	2,53E-07	4,21E-04
2	9,52E-05	9,52E-05	6,00E-04	-5,05E-04	2,55E-07	4,25E-04
3	8,84E-05	8,84E-05	6,00E-04	-5,12E-04	2,62E-07	4,36E-04
4	8,64E-05	8,64E-05	6,00E-04	-5,14E-04	2,64E-07	4,40E-04
5	8,42E-05	8,42E-05	6,00E-04	-5,16E-04	2,66E-07	4,43E-04
6	8,70E-05	8,70E-05	6,00E-04	-5,13E-04	2,63E-07	4,39E-04
Promedio	8,98E-05	Chi-Cuadrado			X² =	2,60E-03

Fuente: Autor

Cálculo estadístico en Excel

Tabla 4.26 Chi-Cuadrado calculado para ensayo de desgaste adhesivo del Bronce al Aluminio con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Coeficiente de Fricción esperado	6,00E-04	
Error	α	30%
Nº de Filas	r	2
Nº de Columnas	k	6
Grados de libertad	(r-1)*(k-1)	5
Chi-cuadrado X^2 de la tabla	6,0644	
Probabilidad de X^2 prueba	1,0000	
$X^2 = \sum \frac{(o_i - e_e)^2}{e_i}$		0,0026

Fuente: Autor

Distribución del Chi-Cuadrado

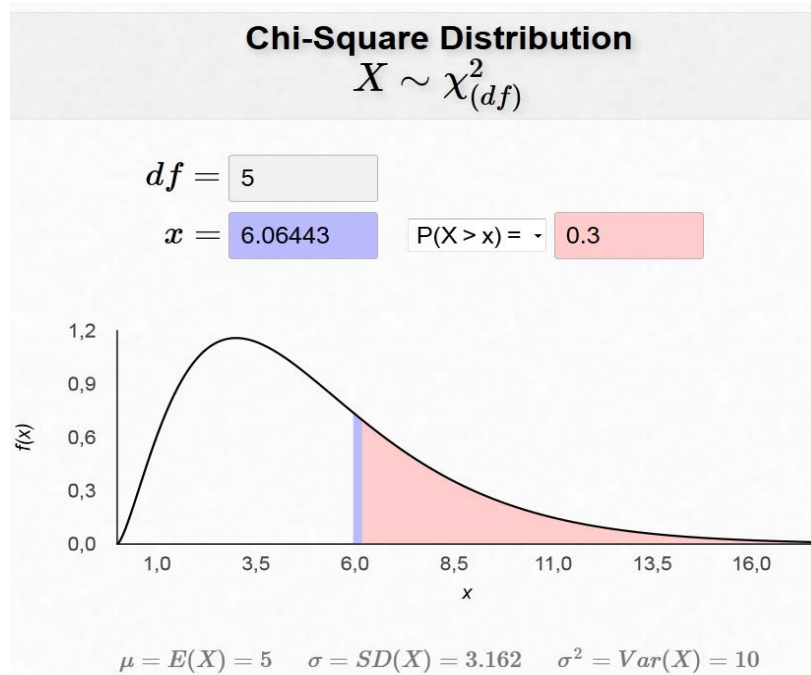


Figura 4.59 Prueba de hipótesis, $\alpha=0.3$, con 5 grados de libertad para el Bronce al Aluminio con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Fuente: <http://homepage.stat.uiowa.edu/~mbognar/applets/chisq.html>

La figura 4.59, muestra que el Coeficiente de Fricción calculado se encuentra dentro del área de aceptación con relación a los valores del Coeficiente de Fricción esperado.

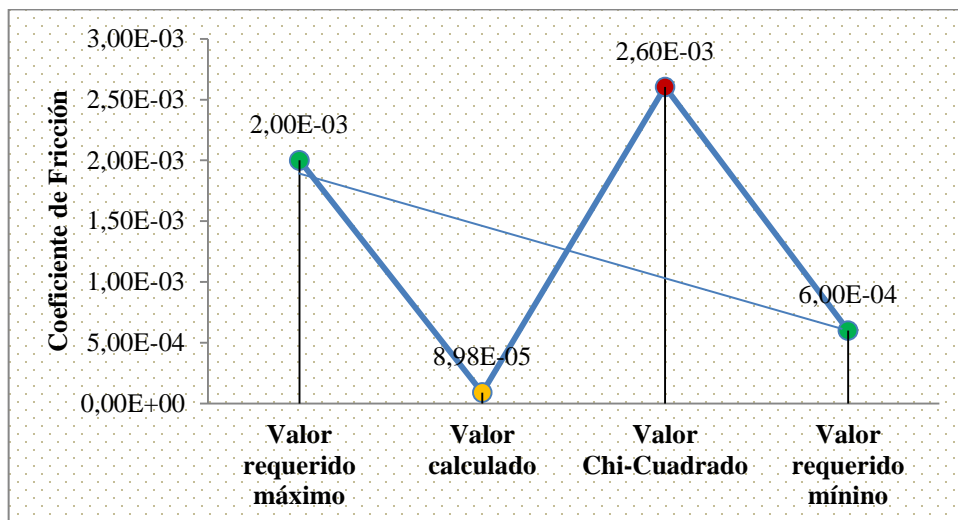


Figura 4.60 Grafico del Coeficiente de Fricción calculado vs Coeficiente de Fricción esperado para el Bronce al Aluminio con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Fuente: Autor

4.3.1.5 Demostración de la hipótesis mediante Chi-Cuadrado, para el Ensayo de desgaste adhesivo del Hierro Gris 2P con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Tabla 4.27 Datos obtenidos del Coeficiente de Fricción del Hierro Gris 2P con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

N° de ensayos	Coeficiente de Fricción	O	E	O - E	(O - E) ²	(O - E) ²
						E
1	3,03E-02	3,03E-02	6,00E-04	2,97E-02	8,82E-04	1,47E+00
2	2,47E-02	2,47E-02	6,00E-04	2,41E-02	5,82E-04	9,70E-01
3	3,00E-02	3,00E-02	6,00E-04	2,94E-02	8,62E-04	1,44E+00
4	3,09E-02	3,09E-02	6,00E-04	3,03E-02	9,19E-04	1,53E+00
5	2,94E-02	2,94E-02	6,00E-04	2,88E-02	8,32E-04	1,39E+00
6	3,05E-02	3,05E-02	6,00E-04	2,99E-02	8,97E-04	1,49E+00
Promedio	2,93E-02	Chi-Cuadrado			X² =	8,29E+00

Fuente: Autor

Cálculo estadístico en Excel

Tabla 4.28 Chi-Cuadrado calculado para ensayo de desgaste adhesivo para el Hierro Gris 2P con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Coeficiente de Fricción esperado		6,00E-04
Error	α	30%
N° de Filas	r	2
N° de Columnas	k	6
Grados de libertad	(r-1)*(k-1)	5
Chi-cuadrado X^2 de la tabla		6,0644
Probabilidad de X^2 prueba		1,0000
$X^2 = \sum \frac{(o_i - e_e)^2}{e_i}$		8,2905

Fuente: Autor

Distribución del Chi-Cuadrado

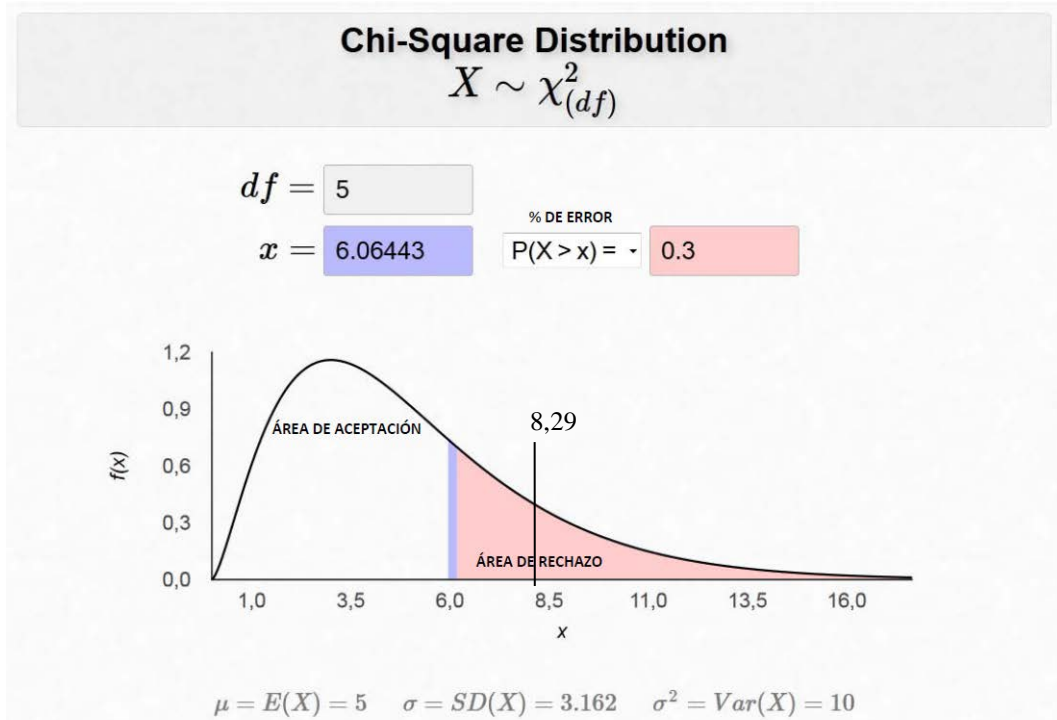


Figura 4.61 Prueba de hipótesis, $\alpha = 0.3$, con 5 grados de libertad para el Hierro Gris 2P con el Acero AISI 4340 (Procedimiento "B")

Fuente: <http://homepage.stat.uiowa.edu/~mbognar/applets/chisq.html>

Como se puede observar en la figura 4.61, El valor obtenido de Chi-Cuadrado se encuentra en el área de rechazo, por lo cual se demuestra q la hipótesis no cumple para el Hierro Gris 2P.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Una vez que se ha realizado el análisis de los factores de Desgaste Adhesivo en diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 bajo norma ASTM G83-96 se puede anotar las siguientes conclusiones.

- Se determinó la que la carga aplicada durante el ensayo de desgaste adhesivo está dentro de los parámetros establecidos por la norma ASTM G83-96.
- Se determinó que la velocidad es un parámetro importante durante el proceso de desgaste adhesivo mientras mayor sea la velocidad mayor es el desgaste.
- Se determinó que el tiempo sobre la velocidad, influye directamente en el proceso de desgaste pues el volumen de material perdido, depende del tiempo que se expone al desgaste.
- Se determinó las propiedades tribológicas de los cinco materiales antifricción seleccionados, sobre el Acero AISI 4340, este Acero fue seleccionado de acuerdo a sus características que presenta ante el desgaste por eso es ampliamente utilizado en la industria.
- Se pudo comprobar que la adhesión es el fenómeno predominante en el desgaste por deslizamiento de los materiales antifricción, y en este proceso de desgaste por deslizamiento en seco sobre el Acero AISI 4340 se transfiere partículas de los dos materiales que se adhiere a la contracara y

cuando la rugosidad aumenta se presenta la influencia del desgaste abrasivo y el desgaste por deslizamiento aumenta.

- Los valores de Volumen de Desgaste y Coeficiente de Fricción asociados a la relación de Archard fueron los registrados en las figuras 4.49, 4.50, 4.51, 4.52, Como se puede observar el Nylon tiene la resistencia al desgaste más alta.
- El NYLON 6-A al poseer un elevado Coeficiente de Fricción, al momento de realizar los ensayos mediante los procedimientos “A” y ”B”, se puede observar que existe un gran aumento de temperatura en todo el par tribológico debido a la fricción.
- Según la literatura en el (ANEXO 5.1 Propiedades mecánicas del NYLON 6-A) se puede observar que el NYLON 6-A presenta un Coeficiente de Fricción muy alto ($9,00E-11$) que en comparación con el mayor valor obtenido en la figura 4.51, que es $1,12E-5$ por lo tanto este valor presenta un margen de error del 50 % aproximadamente, esto se debe a que la norma ASTM G83-96 establece sus ensayos solo para materiales que puedan soportar flexión excesiva por cada material debe ser ensayado en las dos posiciones tanto fijas como móviles.
- Los resultados de la tasa de desgaste del NYLON 6-A con relación al resto de materiales antifricción ensayados es la mejor, pues este material es un polímero usado en situaciones donde se requiere baja fricción, es por eso que por su costo, bajo coeficiente de desgaste y su alta resistencia a la tracción, constituye una excelente alternativa en el momento de seleccionar un material.
- El NYLON 6-A, debido a que es un polímero no es apto para realizar los ensayos de Desgaste Adhesivo bajo norma ASTM G83-96, debido a que es un material con baja resistencia a la flexión.

- El resultado más importante dentro de los materiales antifricción es el BRONCE AL ALUMINIO, pues, presenta un bajo Coeficiente de Fricción y alta resistencia a la flexión, de esta manera cumple con las características de los materias que establece la Norma ASTM G83-96, tanto en su dureza como en sus propiedades anti desgaste, es por eso que este material es considerado como el más óptimo dentro de nuestro estudio.
- Al analizar las probetas del Acero AISI 4340 se pudo observar que el desgaste presento con mayor intensidad en la probeta ensayada con el BRONCE AL ALUMINIO, esto debido a que su dureza es mayor en relación el resto de bronce y su elevada resistencia al desgaste ocasiona que el Acero sufra más daños superficiales que con los otros materiales.
- Se comprobó que el HIERRO GRIS 2P, no es aplicable para el procedimiento A y B, debido a que la probeta sufre un desgaste total en tan solo 15 min
- Debido a que durante el Procedimiento “A” el HIERRO GRIS 2P, se desgasto totalmente en 15 min, por tal razón dicho material no fue ensayado mediante el procedimiento “B”.
- Los resultados obtenidos tienen una relación lógica y coherente con los registrados en la literatura, lo que constituye un verdadero logro pues los métodos, los materiales y los equipos pueden diferir mucho, motivo por el cual primero se calibro el tribómetro de acuerdo a los valores de la Tabla 2 (Typical Volume Loss Ranges) de la norma ASTM G83-96.

5.2 RECOMENDACIONES

- Al momento de seleccionar el material que se va a estudiar, se debe tener en cuenta que dicho material cumpla con las propiedades de flexión adecuadas, debido a que debe soportar una fuerza de 7,2 Kg, es por esta razón que los polímeros no son materiales aplicables para el método ASTM G83-96.

- Se recomienda para el estudio desgaste adhesivo de diferentes materiales estos sean accesibles en el mercado pues se deberá hacer una evaluación y consulta previa con los proveedores para saber la disponibilidad de estos materiales en medidas de ½ pulgada de diámetro pues con esto se evitaría el tiempo de maquinado de las probetas para cumplir con los parámetros de la norma.
- Las probetas que han sido maquinadas, es decir torneadas se recomienda pulirlas en el mismo torno con diferentes números de lijas hasta obtener una superficie libre de defectos apreciables a simple vista.
- Luego de obtener las probetas se recomienda que se utilice una capa protectora en toda su superficie para evitar el óxido, pero al momento de realizar las mediciones de masa correspondiente estas deben estar libres de cualquier tipo de sustancia adherente, como polvo, grasa, óxido, agua, etc.
- La balanza debe estar calibrada de acuerdo al nivel de burbuja que posee, al momento de realizar las mediciones de masa estas deben contener un sistema de protección para el flujo de aire circundante en el lugar, el cual no altere los valores de masa que se van a obtener.
- Una vez obtenido la masa de las probetas cada una de estas debe numerada o identificada para evitar la confusión de probetas el momento de realizar los ensayos.
- Al momento de realizar los ensayos se debe tener muy en cuenta que las probetas estén debidamente sujetas para evitar el desgaste por contacto con el porta-probetas.
- Evitar al máximo la vibración entre las dos probetas cuando esté trabajando el sistema.
- Estar pendiente del avance del proceso de desgaste durante el ensayo, ayudará a evitar que ocurra algún imprevisto entre las probetas.

- El tiempo que debe durar el ensayo debe ser cronometrado, esto no quiere decir que el ensayo dure el tiempo exacto que establece la norma, sino que en el ensayo debe cumplir estrictamente del número de revoluciones.
- Se recomienda que el ensayo con el NYLON 6-A no se realice en una máquina de cilindros cruzados, pues una máquina PIN ON DISK es mas adecuada para evaluar el desgaste en polímeros.
- El HIERRO GRIS 2P, debido a su baja resistencia al Desgaste Adhesivo, no es recomendable utilizar en elementos de máquinas que estén en contacto superficial y en movimiento relativo.

De los tres procedimientos establecidos por la Norma ASTM G83-96, se determinó que el Procedimiento “B”, es el más óptimo para determinar las Propiedades Tribológicas de material que presenta alta resistencia al desgaste, mientras que para materiales con baja resistencia al desgaste se recomienda el Procedimiento “C”

La duración de la prueba será de aproximadamente 200 minutos para realizar el procedimiento A, y 100 min para los procedimientos B y C. El parámetro de control será el número de revoluciones y no el tiempo que establece la norma.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

Evaluación del Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 mediante el Procedimiento “B”

6.1 DATOS INFORMATIVOS

Luego de haber realizado el análisis de los factores de Desgaste Adhesivo de diferentes materiales antifricción sobre el Acero AISI 4340 se ha determinado que el par tribológico conformado por Bronce al Aluminio y el Acero AISI 4340 presenta la mejor resistencia al desgaste y su coeficiente de fricción y desgaste se las puede evaluar mediante el Procedimiento “B”, los resultados del procedimiento “A”, son similares al Procedimiento “B”, reduciendo el tiempo del ensayo de 200 minutos solamente a 100 minutos y obteniendo una mínima variación en los resultados de los datos en las propiedades tribológicas del par.

El estudio del Desgaste Adhesivo constituye un aporte importante dentro del área de ingeniería de materiales, debido a que se ha determinado el mejor procedimiento para lograr obtener las propiedades tribológicas de diferentes materiales bajo norma ASTM G83-96, y con esto lograr evaluar de manera correcta los factores de desgaste adhesivo, constituyendo además una base fundamental para realizar estudios posteriores del fenómeno de desgaste por adherencia en diferentes materiales empleados en el diseño y selección de componentes de máquinas.

Los ensayos de desgaste adhesivo 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 adhesivo, que dispone el laboratorio de Ingeniería de Materiales se puede mencionar: equipos necesarios para el Ensayo Metalográfico, Durómetro para Ensayos de Dureza. Dentro del Laboratorio de Química General de la F.C.I.A.L. se encuentra la balanza analítica de precisión de 0,1 miligramos indispensable para el ensayo.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El desgaste de los materiales ha sido un fenómeno que se ha evidenciado por siempre a nivel mundial, por lo que se ha buscado combatirlo y prevenirlo de muchas maneras, una de las formas de evitar que se presente, es la determinación de las características mecánicas del material (resistencia al desgaste, resistencia mecánica, resistencia a la fricción, etc.) y su comportamiento en el momento en que entra en contacto con otro, esto debido a que no solo basta que un material cumpla con los requerimientos de resistencia , sino que pueda cumplir con su función durante un periodo de tiempo razonable.

Existen pocas investigaciones anteriores a cerca del desgaste adhesivo en materiales antifricción, razón por la cual es muy difícil encontrar estudios específicos para ensayos con diferentes materiales como es el presente caso de investigación de la evaluación de las propiedades tribológicas del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340.

Según la norma ASTM G83-96, establece tres procedimientos recomendados que son apropiados para diferentes grados de resistencia al desgaste.

Procedimiento A.- Esto es una prueba relativamente severa que se ubicará materiales metálicos que tienen alta resistencia al desgaste. Los materiales con una resistencia al desgaste en la categoría de herramientas de Acero de alta velocidad son particularmente adecuados para esta prueba.

Procedimiento B.-Esta es una variación a corto plazo del Procedimiento A.

Procedimiento C.- Esta es una velocidad más baja de los dos procedimientos anteriores que es particularmente útil en materiales de baja resistencia al desgaste.

Tabla 6.1 Especifica la fuerza aplicada, el número de revoluciones, y la velocidad que son los parámetros de prueba para los tres procedimientos de ensayo.

Tabla 6.1 Procedimientos que especifica la norma ASTM G83-96

TABLE 1 Test Parameters					
Specified Procedure	Applied Force^A			Revolutions	Speed, r/min^B
	Equivalent (Newtons)	Force kgf	Pounds Equivalent)		
A	71.2	7.26	16	80 000	400
B	71.2	7.26	16	40 000	400
C	71.2	7.26	16	10 000	100

^A Tolerancia de la Fuerza = $\pm 3\%$.
^B Tolerancia de la Velocidad = $\pm 2\%$.

Fuente: NORMA ASTM G83-96, Standard Test Method for Wear Testing With a Crossed – Cylinder Apparatus.

En los procedimientos establecidos, podemos observar que varía la velocidad y el número de ciclos, pero ni estudios anteriores ni la norma establece el procedimiento más óptimo que ayude a evaluar las propiedades tribológicas.

6.3 JUSTIFICACIÓN

La evaluación del Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340 mediante el Procedimiento “B” establecido por la norma ASTM G83-96 permite obtener datos de las propiedades tribológicas de una manera más eficiente para así evitar el empleo de los demás procedimientos que el final los resultados tienen un mínimo rango de error, estos datos permiten evaluar las propiedades tribológicas de los materiales lo cual es muy indispensable tomar en cuenta en la selección de materiales.

El desgaste y la fricción son propiedades que no son tomadas en cuenta al momento de seleccionar materiales por eso la industria en general, padece severas pérdidas por estos fenómenos, la productividad disminuye considerablemente, por paros constantes de producción para el cambio de piezas desgastadas, aumentado costos de producción y así afectando directamente la calidad de vida de las personas, por ello es importante estudiar su comportamiento de los materiales cuando están sometidos a desgaste adhesivo, esto debido a la falta de lubricación o mantenimiento de las máquinas.

Por lo cual el estudio del desgaste adhesivo ayudará a disponer de una guía para realizar correctamente los ensayos mediante el procedimiento más adecuado y de esta manera contribuir que 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 GENERAL

Realizar la Evaluación del Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 mediante el Procedimiento “B”

6.4.2 ESPECÍFICOS

- Realizar el Análisis Metalográfico del Bronce al Aluminio y el Acero AISI 4340 para comprobar la autenticidad de cada material.
- Efectuar el Ensayo de Dureza para el Bronce al Aluminio y el Acero AISI 4340 y comparar dichos valores con los del catálogo del proveedor.
- Realizar los procedimientos para el Ensayo de Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340.
- Determinar la resistencia al desgaste del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 mediante el Procedimiento “B”

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El presente proyecto de investigación es factible 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 establece los parámetros más importantes de diseño lo que representa un costo considerable para realizar el estudio del desgaste adhesivo, la información necesaria para el ensayo proporciona la norma ASTM G83-96.

Los instrumentos y equipos adecuados para poder realizar 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 análisis metalográfico, el durómetro para el ensayo de dureza mientras que en el laboratorio de química general de la F.I.C.A.L. Posee una balanza de precisión de 0,1 miligramos indispensable para los ensayos y por estas razones fue muy factible realizar la investigación

6.5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

Con el fin de brindar información completa sobre la evaluación del desgaste adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340 se debe realizar el análisis económico del proyecto de investigación, con el fin de dar a conocer los costos directos e indirectos que están relacionados directamente con el desarrollo del proyecto de investigación.

6.5.2 ANÁLISIS TECNOLÓGICO

Para la realización de la evaluación del desgaste adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 mediante el Procedimiento “B” debe utilizar equipos de última tecnología como son:

Equipos para realizar el Análisis Metalográfico tales como bancos de lijas, pulidora de paño, sistema de microscopio metalográfico y computadora.

- Durómetro para el ensayo de dureza
- Balanza analítica de presión de 0,1 miligramos
- Tribómetro de ejes cruzados el cual se construyó de acuerdo a la norma ASTM G83-96.

Todos estos equipos deben estar adecuadamente calibrados con el fin de obtener resultados fiables como establece la norma.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

Los cálculos se realizaron fundamentados en la teoría del Capítulo II, donde se puede apreciar la relación de Archard para ensayo de desgaste adhesivo únicamente y los datos de la norma ASTM G83-96.

A continuación se presentan los cálculos realizados para la Evaluación del desgaste adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 mediante el Procedimiento “B”

6.7 METODOLOGÍA

En el inicio del capítulo IV se detalla el proceso de obtención y análisis de resultados para la Evaluación del desgaste adhesivo del Bronce al aluminio sobre el Acero AISI 4340 bajo Norma ASTM G83-96 mediante el Procedimiento “B”

6.7.1 ADQUISICIÓN DEL MATERIAL

Una vez evaluado el material que se va a utilizar en para el ensayo, se realizo la adquisición de los materiales en la empresa distribuidora de aceros PROMETAL de la ciudad de Ambato.



Figura 6.1 Adquisición del Acero AISI 4340

Fuente: Autor

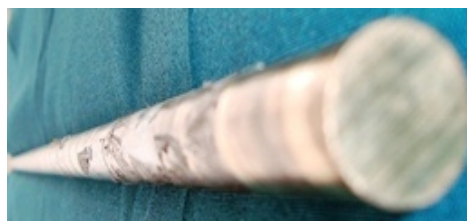


Figura 6.2 Adquisición del Bronce al Aluminio

Fuente: Autor

6.7.2 EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS METALOGRÁFICO



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



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO METALOGRÁFICO

Código:	PR-EM-01	Fecha de Elab:	04/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V

1.- Objetivo.

Realizar el análisis metalográfico del Acero AISI 4340 y Bronce al Aluminio, para conocer la micro estructura que poseen y las características con las que cuenta, y de esta manera poder determinar si corresponde al material especificado.

2.- Alcance.

El análisis metalográfico o metalografía es el estudio de la microestructura de los materiales, la cual permite determinar si el material ha sido procesado de manera correcta cumpliendo las composiciones químicas establecidas en los catálogos, siendo así una etapa crítica en la determinación de la confiabilidad de un producto o bien en la determinación de las causas de las fallas ocurridas debido al proceso de desgaste adhesivo.

3.- Documentación de Referencia.

El estándar más común para el análisis metalográfico son las Normas, ASTM E 3-01, ASTM E 112-96 las cuales establecen los parámetros para realizar el ensayo Metalográfico.

4.- Generalización.

El análisis metalográfico es el estudio microscópico de las características estructurales de un metal o aleación, mediante este análisis es posible determinar el tamaño de grano, la forma y distribución de varias fases e inclusiones que tienen efecto sobre las propiedades mecánicas del metal.



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO METALOGRAFICO

Código:	PR-EM-01	Fecha de Elab:	04/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V

5.- Realización.

5.1.- Preparación de la probeta

Con la finalidad de facilitar la manipulación de la probeta durante la preparación de la superficie para el ensayo metalográfico, se maquinaron probetas de Bronce al Aluminio y Acero AISI 4340 de 20 mm de longitud con un diámetro de ½ pulgada las cuales se las obtuvo del material como viene de fábrica como se muestra en la tabla 4.1, 4.4 respectivamente para posteriormente comparar la micro estructura obtenida con análisis metalográficos ya realizados, 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 4 Datos Técnicos del Acero AISI 4340, ANEXO 7 Datos Técnicos del Bronce al Aluminio).

Para realizar el análisis metalográfico de los materiales que se va a ensayar es necesario que se cumplan los siguientes pasos:

5.2.- Desbaste grueso

Una vez cortado las probetas de acuerdo a las dimensiones adecuadas se debe retirar las rebabas ocasionadas por el corte para lo cual se aconseja sujetar en la entenalla de sujeción y mediante una lima de grano fino proceder a dejar la superficie lo más liza posible para poder dar paso al desbaste grueso

5.3.- Desbaste fino

El desbaste fino es un paso muy importante durante 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:



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO METALOGRAFICO

Código:	PR-EM-01	Fecha de Elab:	04/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V

Tabla 6.2 Número de lijas para desbaste fino.

Nº de lija	Tiempo aproximado de lijado
240 granos/pulgada ²	5 min
320 granos/pulgada ²	5 min
400 granos/pulgada ²	5 min
600 granos/pulgada ²	5 min
1000 o 1500 granos/pulgada ²	5 min

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.



Figura 6.3 Lijado de las probetas para el Ensayo Metalográfico

Fuente: Autor

5.4.- Pulido

Luego de terminar de lijar con la lija de grano más fino se procede al pulir la superficie mediante una pulidora de paño a una velocidad de 200 rpm aproximadamente, durante el pulido se debe aplicar Alúmina (Oxido de Aluminio), mezclado con agua, esto con el fin de ayudar al paño a pulir más rápido dicha superficie, durante el proceso de pulido se debe sujetar la probeta 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.



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO METALOGRAFICO

Código:	PR-EM-01	Fecha de Elab:	04/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V



Figura 6.4 Pulido de la superficie de las probetas para el Ensayo Metalográfico

Fuente: **Autor**



Figura 6.5 Probetas pulidas, superficie tipo espejo

Fuente: **Autor**

6.- Preparación Metalográfica de la superficie (Ataque Químico).

Una vez que la superficie de la probeta presenta un superficie tipo espejo se la debe liberar 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 una 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.



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO METALGRÁFICO

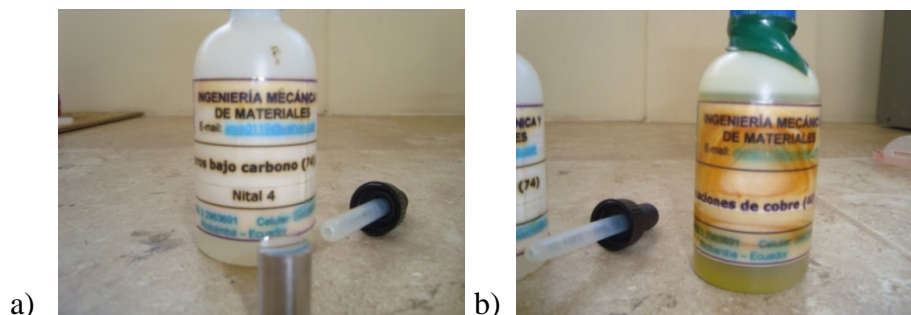
Código:	PR-EM-01	Fecha de Elab:	04/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V



Figura 6.6 Lavado de las probetas para el Ensayo Metalográfico

Fuente: Autor

Una vez que se comprobado que la superficie esta apta para el ataque con el químico respectivo, para el Bronce al Aluminio se utilizó el químico para aleaciones de cobre durante 14 segundos, para el Acero AISI 4340 se utilizó el Nital 4 durante 16 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.



a)

b)

Figura 6.7 Químicos utilizados en el Ensayo Metalográfico

a) NITAL4 b) aleaciones de Cobre

Fuente: Autor



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO METALOGRAFICO

Código:	PR-EM-01	Fecha de Elab:	04/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V



Figura 6.8 Aplicación del Químico empleado en el Ensayo Metalográfico

Fuente: Autor

Una vez que la superficie cambie de color se debe lavar con agua para suspender la reacción y tomar el tiempo que duro el ataque químico, de la misma manera se procede a secar la superficie y llevar al microscopio para evaluar el ataque.

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.

7.- Evaluación de resultado.

“Una vez que la probeta ha sido atacada correctamente se procede a observar su microestructura, para esto el Laboratorio de Metalografía de la Carrera de Ingeniería Mecánica cuenta con un sistema de circuito cerrado de televisión, el mismo que consta de microscopio metalográfico, computador con su respectivo software, televisor los que permiten apreciar de la mejor manera la microestructura del material” [2].

² “ESTUDIO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE NORMALIZADO EN EL HIERRO FUNDIDO GRIS Y SU INCIDENCIA EN LA DUREZA Y LA RESISTENCIA” Atacusí Braulio pág. 172



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO METALOGRAFICO

Código:	PR-EM-01	Fecha de Elab:	04/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V



Figura 6.9 Obtención de datos para el Ensayo Metalográfico

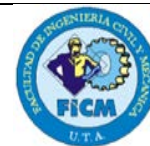
Fuente: Autor

Los resultados del ensayo metalográfico del Acero AISI 4340 para las probetas que se muestra en la tabla 4.2, y del Bronce al Aluminio tabla 4.3, se presentan a continuación en los siguientes formatos:

6.7.3 EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE DUREZA



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



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DUREZA

Código:	PR-ED-01	Fecha de Elab:	03/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V

1.- Objetivo.

Realizar el ensayo de dureza para el Acero AISI 4340 y Bronce al Aluminio.

2.- Alcance.

Realizar el ensayo de dureza para el Bronce al Aluminio y el Acero AISI 4340, como viene de fábrica para poder comparar con las durezas establecidas en catálogos.

3.- Documentación de Referencia.

La Norma ASTM E 18-03, que se refiere al Método para realizar el Ensayo de Dureza Rockwell.

4.- Generalización.

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.

5.- Realización.

Para el ensayo de dureza del Acero AISI 4340 y del Bronce al Aluminio se realizó los siguientes pasos:



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DUREZA

Código:	PR-ED-01	Fecha de Elab:	03/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V

- Preparación de la probeta.
- Calibración del durómetro.
- Ejecución del ensayo de dureza.
- Evaluación de resultado.

5.1.- Preparación de la probeta.

5.2.-Desbaste grueso

Una vez cortado las probetas de acuerdo a las dimensiones adecuadas se debe retirar las rebabas ocasionadas por el corte para lo cual se aconseja sujetar en la entenalla de sujeción y mediante una lima de grano fino proceder a dejar la superficie lo más liza posible para poder dar paso al desbaste fino.

5.3.- Desbaste fino

El desbaste fino es un paso muy importante durante el ensayo de dureza, 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:

Tabla 6.3 Número de lijas para desbaste fino

Nº de lija	Tiempo aproximado de lijado
240 granos/pulgada ²	5 min
320 granos/pulgada ²	5 min
400 granos/pulgada ²	5 min
600 granos/pulgada ²	5 min
1000 0 1500 granos/pulgada ²	5 min

Fuente: Autor



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DUREZA

Código:	PR-ED-01	Fecha de Elab:	03/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V



Figura 6.10 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.

5.4.- Pulido

Luego de lijar con la lija de grano más fino se procede al pulir la superficie mediante una pulidora de paño a una velocidad de 200 rpm aproximadamente, durante el pulido se debe aplicar Alúmina (Oxido de Aluminio), mezclado con agua, esto con el fin de ayudar al paño a pulir más rápido dicha superficie, durante el proceso de pulido se debe sujetar la probeta 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.



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DUREZA

Código:	PR-ED-01	Fecha de Elab:	03/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V



Figura 6.11 Pulido de las probetas para el Ensayo de Dureza

Fuente: Autor



Figura 6.12 Superficie tipo espejo para el Ensayo de Dureza

Fuente: Autor

6.- Calibración del Durómetro.

El durómetro debe estar previamente calibrado para lo cual colocamos el indentador de 1/16 de pulgada en el durómetro, posteriormente seleccionamos la carga de 980 Newtons requerida para la escala Rockwell B, procedemos a aplicar la carga establecida en la placa metálica de calibración, para saber si el valor de dureza se encuentra dentro del de los rangos que se establece para el material de calibración.



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DUREZA

Código:	PR-ED-01	Fecha de Elab:	03/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V

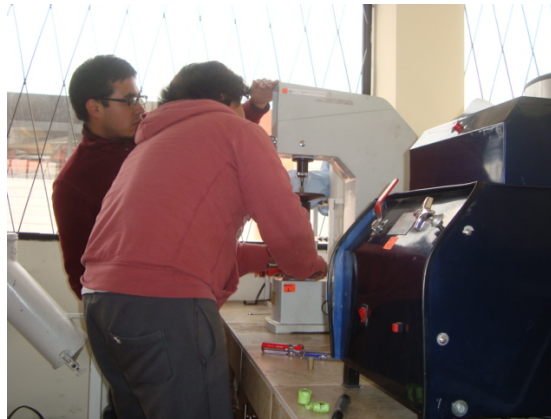


Figura 6.13 Calibración del Durómetro

Fuente: Autor

7.- 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 4 min.

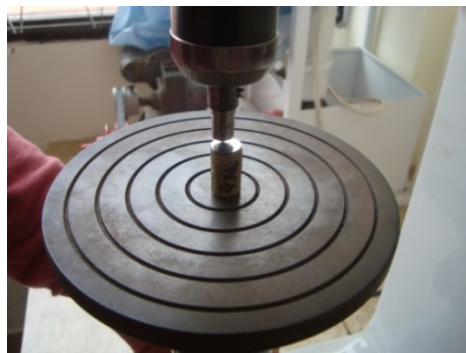


Figura 6.14 Colocación de la probeta en el Durómetro

Fuente: Autor



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DUREZA

Código:	PR-ED-01	Fecha de Elab:	03/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V



Figura 6.15 Ejecución del Ensayo de Dureza

Fuente: Autor

Se recomienda por lo mínimo realizar 9 penetraciones con el indentador como se establece en la siguiente figura:

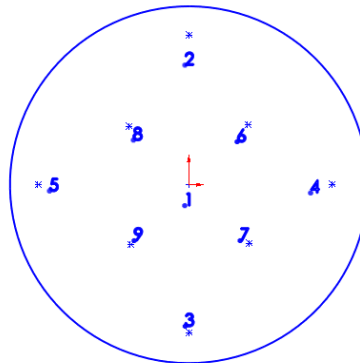




Figura 6.16 Distancias recomendadas para los Ensayos de Dureza

Fuente: Autor

6.7.4 EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO PROCEDIMIENTO “B”

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO					
Código:	PR-EDA-01	Fecha de Elab:	19/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V
Probeta Estática	Bronce al Aluminio	Probeta Móvil	Acero AISI 4340	Procedimiento	“B”
<p>1.- Objetivo.</p> <p>Realizar el análisis de Desgaste Adhesivo del Bronce al aluminio sobre el Acero AISI 4340 para determinar el comportamiento tribológico del par.</p> <p>2.- Alcance.</p> <p>Este procedimiento sirve para realizar el ensayo de Desgaste Adhesivo con un aparato de cilindros cruzados bajo Norma ASTM G-83.</p> <p>3.- Documentación de referencia.</p> <p>La normativa con la cual rige el ensayo de Desgaste Adhesivo es la Norma ASTM G83-96.</p> <p>4.- Generalización.</p> <p><i>1.-</i> Este método de ensayo describe un ensayo de laboratorio para determinar la resistencia de los materiales metálicos a desgaste metal-metal producido en un aparato de cilindro cruzado. La intención de este método de ensayo es producir datos reproducibles que ocupará el material a su resistencia al desgaste y evaluar la compatibilidad de las parejas de metales diferentes. El método de ensayo se utiliza normalmente para determinar la resistencia al desgaste de un material cuando se desgasta contra sí misma. Sin embargo, la prueba también se puede utilizar para evaluar la compatibilidad de los diferentes materiales.</p>					



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO

Código:	PR-EDA-01	Fecha de Elab:	19/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V
Probeta Estática	Bronce al Aluminio	Probeta Móvil	Acero AISI 4340	Procedimiento	"B"

2.- Cuando la rotación y las barras estacionarias son del mismo material, usan los resultados del ensayo se indican como la pérdida de volumen total en milímetros cúbicos para la rotación y cilindros estacionarios.

La forma de registrar los resultados también especifica el procedimiento de ensayo particular utilizado. El valor se obtiene mediante la adición de la pérdida de volumen del miembro giratorio a la pérdida de volumen del miembro no giratorio. Los materiales de mayor resistencia al desgaste tendrán una menor pérdida de volumen.

Nota 1.- Para lograr uniformidad entre laboratorios, es la intención de este método de ensayo para requerir que la pérdida de volumen debido al desgaste se presente sólo en el sistema métrico como milímetros cúbicos ($1 \text{ mm} = 6,102 \times 10^{-10} \text{ cm}^3$).

3.- Cuando materiales diferentes están siendo probados, los resultados de prueba de desgaste se presentan como la pérdida de volumen en milímetros cúbicos para la rotación y las barras estacionarias de ensayo separado. Cuando dos metales diferentes o de aleaciones se prueban, se recomienda también que cada metal o aleación a ensayo en ambas de las posiciones estacionarias y móviles. Entonces, para cada metal o aleación, el volumen combinado de desgaste en ambas posiciones se debe utilizar en las comparaciones con volumen de desgaste auto-acoplado.

5.- Realización.

Para realizar el ensayo de Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340 mediante el Procedimiento "B" de la norma ASTM G83-96, se realiza los siguientes pasos:



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO

Código:	PR-EDA-01	Fecha de Elab:	19/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V
Probeta Estática	Bronce al Aluminio	Probeta Móvil	Acero AISI 4340	Procedimiento	"B"

- 1.- Obtención de las masas iniciales de cada una de las probetas antes de ensayar.
- 2.- Calibración de los parámetros del ensayo en el equipo (tribómetro de ejes cruzados).
- 3.- Montaje de las probetas.
- 4.- Determinación del tiempo del ensayo.
- 5.- Obtención de las masas finales de cada una de las probetas luego del ensayo.
- 6.- Evaluación de resultado.

6.- Preparación de la probeta.

Para la realización de este ensayo, las probetas deben tener un diámetro de $\frac{1}{2}$ pulgada y una longitud de 4 pulgadas como establece la norma ASTM G83-96 como se muestra en el (ANEXO 1 Norma ASTM G83-96), para lo cual con la ayuda de un torno procedemos a cortar de acuerdo a las dimensiones especificadas.



Figura 6.17 Mecanizado de las probetas para el Ensayo de Desgaste Adhesivo

Fuente: Autor



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO

Código:	PR-EDA-01	Fecha de Elab:	19/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V
Probeta Estática	Bronce al Aluminio	Probeta Móvil	Acero AISI 4340	Procedimiento	"B"



Figura 6.18 Probetas de Bronce al Aluminio sin pulir

Fuente: Autor



Figura 6.19 Probetas de Acero AISI 4340 sin pulir

Fuente: Autor

Para el ensayo de Desgaste Adhesivo las probetas deben presentar una superficie pulida tipo espejo para lo cual con la ayuda de un torno y lijas N° 240, 360 y 600

Procedemos a pulir la superficie hasta obtener la superficie recomendada.

Una vez pulidas todas las probetas debemos identificarlas de acuerdo al material y al procedimiento que se vaya a ensayar.



Figura 6.20 Pulido de las probetas para el Ensayo de Desgaste Adhesivo

Fuente: Autor



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO

Código:	PR-EDA-01	Fecha de Elab:	19/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V
Probeta Estática	Bronce al Aluminio	Probeta Móvil	Acero AISI 4340	Procedimiento	"B"



Figura 6.21 Probetas pulidas del Bronce al Aluminio

Fuente: Autor



Figura 6.22 Probetas pulidas del Acero AISI 4340

Fuente: Autor

7.- Obtención de las Masas Iniciales de cada una de las probetas antes de ensayar.

Para la medición de las masas, las probetas deben presentar su superficie libre de cualquier sustancia que pueda alterar el resultado.

Para la medición de la masa se utilizó la balanza de precisión de 0,1 miligramos, para lo cual se utilizó la balanza analítica del laboratorio de química general de la F.I.C.A.L. de la Universidad Técnica de Ambato.



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO

Código:	PR-EDA-01	Fecha de Elab:	19/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V
Probeta Estática	Bronce al Aluminio	Probeta Móvil	Acero AISI 4340	Procedimiento	"B"



Figura 6.23 Balanza Analítica de Precisión

Fuente: Autor



Figura 6.24 Medición de las masas de las probetas

Fuente: Autor



Figura 6.25 Identificación de las probetas para el Ensayo de Desgaste Adhesivo

Fuente: Autor



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO

Código:	PR-EDA-01	Fecha de Elab:	19/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V
Probeta Estática	Bronce al Aluminio	Probeta Móvil	Acero AISI 4340	Procedimiento	"B"

8.- Calibración de Parámetros en el equipo, (Tribómetro de ejes cruzados), para el ensayo.

El Tribómetro de cilindros cruzados utilizado en el ensayo de Desgaste Adhesivo dispone de un variador de velocidad el cual controla las revoluciones del motor, esta velocidad se debe calibrar para su posterior utilización, para obtener las 400 rpm simplemente se aplica una regla de tres simple, pues el motor a 60 Hz da 1730 rpm a 400 rpm cuantos Hz deberá marcar el variador.



Figura 6.26 Calibración del parámetro de velocidad, (Hz del Motor)

Fuente: Autor

Una vez calculado los Hz del variador solamente debemos presionar la tecla ENTER y con las teclas seleccionar el valor de Hz calculado, como se muestra en el (ANEXO 12 Especificaciones Variador de Frecuencia para calibrar las rpm del Motor).

9.- Montaje de las probetas

Luego de haber calibrado el variador procedemos al montaje de las probetas.



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO

Código:	PR-EDA-01	Fecha de Elab:	19/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V
Probeta Estática	Bronce al Aluminio	Probeta Móvil	Acero AISI 4340	Procedimiento	"B"

9.1.- Montaje de la Probeta Fija

Para el montaje de la probeta móvil, el porta probetas debe estar elevado y asegurado, luego se debe observar que la superficie con mejor acabado superficial de la probeta, quede de cara al área de contacto con la probeta móvil, una vez colocada en el porta probetas fijo se debe ajustar los seguros para evitar que se mueva.



Figura 6.27 Montaje de la probeta fija

Fuente: Autor



Figura 6.28 Sujeción de la probeta fija

Fuente: Autor



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO

Código:	PR-EDA-01	Fecha de Elab:	19/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V
Probeta Estática	Bronce al Aluminio	Probeta Móvil	Acero AISI 4340	Procedimiento	"B"

9.2 Montaje de la Probeta Móvil

Para sujetar la probeta móvil se debe controlar que los mandriles presenten la abertura correcta para introducir la probeta, luego de introducir la probeta, se debe ajustar el mandril con su respectiva llave, el porta probetas móvil cuenta con un sistema de recorrido móvil con el fin de lograr un espacio adecuado para el montaje de la probeta.



Figura 6.29 Montaje de la probeta móvil

Fuente: Autor

El sistema de recorrido móvil cuenta en su extremo con un mandril el cual sujeta el otro extremo de la probeta, el cual dispone de un seguro para evitar que la probeta se afloje, por este motivo esta es la parte crítica del ensayo y se recomienda revisar que el seguro este ajustado.



Figura 6.30 Aplicación de la Carga.

Fuente: Autor



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO

Código:	PR-EDA-01	Fecha de Elab:	19/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V
Probeta Estática	Bronce al Aluminio	Probeta Móvil	Acero AISI 4340	Procedimiento	"B"

Ya sujetas las probetas se baja el vástago del porta probetas fijo y verificar que las probetas entren en contacto perpendicularmente a 90°.



Figura 6.31 Verificación del ángulo entre probetas

Fuente: Autor

10.- Determinación del Tiempo del ensayo.

Una vez que se realizó el montaje de las probetas se debe colocar el cronometro en cero para arrancar la maquina al mismo tiempo, con el fin de obtener el tiempo exacto de duración del ensayo.



Figura 6.32 Cronometración del tiempo de duración del ensayo

Fuente: Autor



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO

Código:	PR-EDA-01	Fecha de Elab:	19/10/2013	Revisión:	00
Elaborado por :	Neris Zambonino	Revisado por :	Ing.Mg Henry V.	Aprobado por	Ing.Mg Henry V
Probeta Estática	Bronce al Aluminio	Probeta Móvil	Acero AISI 4340	Procedimiento	"B"

11.- Obtención de Masas Finales de cada probeta, luego del ensayo

Una vez realizado el ensayo se debe retirar las probetas del porta probetas del tribómetro para posteriormente limpiar con alcohol etílico, su superficie con el fin de evitar error al momento de evaluar la pérdida de masa.



Figura 6.33 Obtención de las masas finales de cada una de las probetas luego del ensayo.

Fuente: Autor

12.- Evaluación de Resultado

Con la obtención de la pérdida de masa de cada probeta se procede a evaluar los datos de cada material por separado como establece la Norma ASTM G83-96.

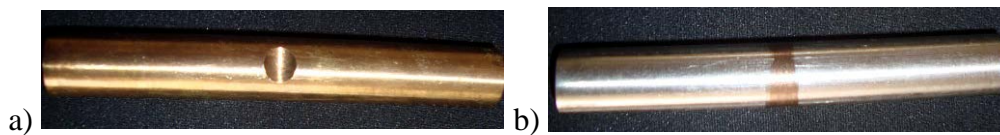


Figura 6.34 Huellas del Desgaste de cada probeta.

a) Probeta fija (Bronce al Aluminio) b) Probeta móvil (Acero AISI 4340)



Fuente: Autor

A continuación se presenta las tablas de datos obtenidos mediante el Procedimiento "B" del ensayo de Desgaste Adhesivo, para cada material.

6.7.5 PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO SOBRE EL ACERO AISI 4340.

6.7.5.1 Datos para el Ensayo

Tabla 6.4 Datos para en ensayo de desgaste adhesivo (Procedimiento “B”)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 						
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL BRONCE AL ALUMINIO, SOBRE EL ACERO AISI 4340.						
Datos Informativos:						
Centro de Estudio y Análisis:				Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M		
Tipo de estudio:	De laboratorio			Ensayo N°	4-B	
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino		
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	19/09/2013		
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	19/09/2013		
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: "B"	Fuerza Aplicada			Revoluciones (rev)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)
	(N)	(Kgf)	(lb)			
	71.2	7.26	16	40.000	400	100
Tolerancia 3%			Tolerancia 2%			
Identificación del componente de estudio:						
Probeta Estática:	Material:	BRONCE AL ALUMINIO		Designación :	SAE 68	
	Densidad:	7,45	gr/cm ³	Dureza:	96	HRB
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	14	mm
	Resistencia a la Tracción			73,42		Kg/mm ²
Probeta Móvil:	Material:	ACERO		Designación :	AISI 4340	
	Densidad:	7,85	gr/cm ³	Dureza:	37,25	HB
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm
	Resistencia a la Tracción			119,89		Kgf/mm ²
Tipo de aparato:				Cilindros Cruzados		
Tipo de movimiento:				Deslizamiento simple		
Tipo de lubricación:				Seca (sin lubricación)		
Acondicionamiento de la superficie:				Pulido mecánico		
Rugosidad de la superficie:				Limpieza:	Alcohol Etílico	
Observaciones:						
Los datos fueron tomados del ANEXO 7 Datos Técnicos del Bronce al Aluminio ANEXO 7.1 Datos Técnicos del Bronce al Aluminio según ASM MetalHandbook.						

6.7.5.2 Cálculo de la Densidad del Acero AISI 4340

$$\text{Ecuación 6.1 } \delta = \frac{m}{v} \qquad \text{Ecuación 6.2}$$

Dónde:

δ = densidad del material

m = masa

v = volumen

$$v = \pi * r^2 * l \qquad \text{Ecuación 6.3}$$

Dónde:

l = longitud

Datos:

Masa = 100,4307 gr

Longitud = 101.6 mm

Diámetro = 12.7 mm

$$v = \pi * 6.35^2 * 101.6$$

$$v = 12870.37 \text{ mm}^3$$

$$\delta = \frac{100,4307 \text{ gr}}{12870.37 \text{ mm}^3} * 1000$$

$$\delta = 7.80 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Con este cálculo comprobamos que la densidad del material es la misma que se presenta en el catálogo del (ANEXO 4 Datos Técnicos del Acero AISI 4340.)

6.7.5.3 Cálculo de la Densidad del Bronce al Aluminio

Datos:

Masa = 118,3517 gr

Longitud= 101,6 mm

Diámetro: 14 mm

$$v = \pi * 7^2 * 101,6$$

$$v = 15640,10 \text{ mm}^3$$

$$\delta = \frac{118,3517 \text{ gr}}{15640,10 \text{ mm}^3} * 1000$$

$$\delta = 7,457 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

La densidad calculada es semejante a la que establece el catalogo, para el cálculo se tomó la densidad de $7,45 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ debido a al error que puede presentar en la masa y el volumen.

6.7.5.4 Datos de las Masas Iniciales:

Tabla 6.5 Pesos iniciales de las probetas obtenidas en el Laboratorio de la F.I.C.A.L.

PESO INICIAL					
Probeta Estática	Material:	BRONCE AL ALUMINIO	Probeta Móvil	Material:	ACERO AISI 4340
	4B-1			4B-1	
118,3517			100,4307		

Fuente. Autor

Tabla 6.6 Pesos finales de las probetas

PESO FINAL					
Probeta Estática	Material:	BRONCE AL ALUMINIO	Probeta Móvil	Material:	ACERO AISI 4340
	4B-1			4B-1	
118,2243			100,4233		

Fuente. Autor

6.7.5.5 Cálculo del Desgaste en miligramos (mg), para el Bronce al Aluminio

$$\text{Desgaste (gr)} = m_i - m_f$$

Ecuación 6.4

$$\text{Desgaste (mg)} = m_i - m_f * 1000 \quad \text{Ecuación 6.5}$$

Dónde:

$$m_i = \text{masa inicial} = 118,3517 \text{ gr}$$

$$m_f = \text{masa final} = 118,2243 \text{ gr}$$

$$\text{Desgaste (mg)} = 118,3517 - 118,2243 * 1000$$

$$\text{Desgaste} = 127,4333 \text{ mg}$$

6.7.5.6 Cálculo del Desgaste en miligramos (mg), para el Acero AISI 4340

Dónde:

$$m_i = 100,4307 \text{ gr}$$

$$m_f = 100,4233 \text{ gr}$$

$$\text{Desgaste (mg)} = 100,4307 - 100,4233 * 1000$$

$$\text{Desgaste} = 7,3667 \text{ mg}$$

6.7.5.7 Cálculo del Volumen de Material Perdido en mm³, para el Bronce al Aluminio

$$\text{Volumen de material perdido (mm}^3\text{)} = \frac{m_i - m_f}{\delta} * 1000 \quad \text{Ecuación 6.6}$$

Datos:

$$m_i = 118,3517 \text{ gr}$$

$$m_f = 118,2243 \text{ gr}$$

$$\delta = 7.45 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Volumen de material perdido} = \frac{118,3517 \text{ gr} - 118,2243 \text{ gr}}{7.45 \text{ gr/mm}^3} * 1000$$

$$\text{Volumen de material perdido} = 17.1051 \text{ mm}^3$$

6.7.5.8 Cálculo del Volumen de Material Perdido en mm^3 , para el Acero AISI 4340.

Datos:

$$m_i = 100,4307 \text{ gr}$$

$$m_f = 100,4233 \text{ gr}$$

$$\delta = 7,85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Volumen de material perdido} = \frac{100,4307 \text{ gr} - 100,4233 \text{ gr}}{7,85 \text{ gr/mm}^3} * 1000$$

$$\text{Volumen de material perdido} = 0,9384 \text{ mm}^3$$

6.7.5.9 Cálculo de la Distancia Total Deslizada del Bronce al Aluminio

Distancia Deslizada L (mm)

$$L(\text{mm}) = d * \pi * \# \text{ de rev del ensayo} \quad \text{Ecuación 6.7}$$

Dónde:

d = diámetro de la probeta

Datos:

$$d = 14 \text{ mm}$$

$$\# \text{ de rev del ensayo} = 40000 \text{ rev.}$$

$$L = 14 * \pi * 40000$$

$$L = 1759296 \text{ mm}$$

6.7.5.10 Cálculo de la Distancia Total Deslizada del Acero AISI 4340

Distancia Deslizada L (mm)

Datos:

$$d = 112,7 \text{ mm}$$

$$\# \text{ de rev del ensayo} = 40000 \text{ rev.}$$

$$L = 12,7 * \pi * 40000$$

$$L = 1595932,80 \text{ mm}$$

6.7.5.11 Cálculo del Volumen de Desgaste del Bronce al Aluminio

Volumen de Desgaste Vd. (mm³ /min)[³]

$$Vd. = \frac{V (mm^3)}{t (min)} \quad \text{Ecuación 6.8}$$

Dónde:

$V (mm_3)$ = volumen perdido (mm³)

$t (min)$ = tiempo real del ensayo

Datos:

$$V = 17.1051 \text{ mm}^3$$

$$t = 99 \text{ min}$$

$$Vd. = \frac{17.1051 \text{ mm}^3}{99 \text{ min}}$$

$$Vd. = 0,17278 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}$$

6.7.5.12 Cálculo del Volumen de Desgaste del Acero AISI 4340

Datos:

$$V = 0,9384 \text{ mm}^3$$

$$t = 99 \text{ min}$$

$$Vd. = \frac{0,9384 \text{ mm}^3}{99 \text{ min}}$$

$$Vd. = 0,0095 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}$$

³ ASM Metals Handbook, Vol. 18-Fricción, Lubricación y Tecnología del Desgaste pág. 437

6.7.5.13 Cálculo del Coeficiente de Fricción (K Experimental)^[4] para el Bronce al Aluminio.

$$K = \frac{V*H}{P*S} \quad \text{Ecuación 6.9}$$

Dónde:

V = Volumen de desgaste

H = Dureza (carga por unidad área)

L = Distancia de deslizamiento

P = Carga aplicada

$$\text{Carga Real aplicada (Kgf)} = 7208,76 + m_i \quad \text{Ecuación 6.10}$$

Dónde:

7208,76 = Peso aplicado bajo Norma ASTM G83-96

m_i = Masa inicial de la probeta.

Datos:

$$V = 17.1051 \text{ mm}^3$$

$$H = 73,42 \quad (\text{Kg/mm}^2)$$

$$L = 1759296 \text{ mm}$$

$$P = 7208,76 \text{ gr} + 118,3517\text{gr} = 7327,11 \text{ gr} \quad \text{o} \quad 7,33 \text{ Kg}$$

$$K = \frac{17.1051 \text{ mm}^3 * 73,42 \text{ Kg/mm}^2}{7,33 \text{ Kg} * 1759296 \text{ mm}}$$

$$K = 9,74\text{E} - 05$$

6.7.5.14 Cálculo del Coeficiente de Fricción (K Experimental), para el Acero AISI 4340.

Datos:

⁴ ASM Metals Handbook, Vol. 20-Diseño y Selección de Materiales pág. 1438

$$V = 0,9384 \text{ mm}^3$$

$$H = 119,89 \text{ (Kgf/mm}^2)$$

$$L = 1595932,80 \text{ mm}$$

$$P = 7208,76 \text{ gr} + 118,3517 \text{ gr} = 7327,11 \text{ gr} \quad \text{o} \quad 7,33 \text{ Kg}$$

$$K = \frac{0,9384 \text{ mm}^3 * 119,89 \text{ Kg/mm}^2}{7,33 \text{ Kg} * 1595932,80 \text{ mm}}$$

$$K = 9,62\text{E} - 06$$

6.7.5.15 Cálculo del Coeficiente de Variación de los resultados del Bronce al Aluminio, (Procedimiento “B”)

Dónde:

n = número de repeticiones del ensayo.

\bar{x} = Media o la media aritmética para n pruebas,

R = Diferencia entre el valor más alto y el más bajo de prueba

d_2 = Factor de desviación que varía con el tamaño de la muestra (ver Tabla X1.1, Norma ASTM G83-96). (ANEXO 1 Norma ASTM G83-96)

s = Desviación Estándar para tamaño pequeño de la muestra, (2 a 10)

$$s = \frac{R}{d_2} \quad \text{Ecuación 6.11}$$

v = Variabilidad del procedimiento de ensayo se expresa en % [⁵]

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \quad \text{Ecuación 6.12}$$

Datos:

$$n = 6$$

$$\bar{x} = 117,4556$$

⁵ ASTM G83-96 pág. 5

$$R = 127,4333 - 110,1667$$

$$R = 17,2667$$

$$d_2 = 2,534$$

Desviación Estándar

$$s = \frac{R}{d_2}$$

$$s = \frac{17,2667}{2,534}$$

$$s = 6,8140$$

Coefficiente de Variación

$$v = \frac{s}{\bar{x}} * 100$$

$$v = \frac{6,8140}{117,4556} * 100$$

$$v = 5.80 \%$$

6.7.5.16 Cálculo del Coeficiente de Variación de los resultados del, Acero AISI 4340, (Procedimiento "B")

$$n = 6$$

$$\bar{x} = 7,7444$$

$$R = 8,3667 - 7,30$$

$$R = 1,0667$$

$$d_2 = 2,534$$

Desviación Estándar

$$s = \frac{R}{d_2}$$

$$s = \frac{1,0667}{2,534}$$

$$s = 0,4209$$

Coefficiente de Variación

$$v = \frac{s}{\bar{x}} * 100$$

$$v = \frac{0,4209}{7,7444} * 100$$

$$v = 5,43 \%$$

6.8 ADMINISTRACIÓN

A continuación se presentan en las siguientes tablas de acuerdo a los materiales y recursos utilizados:

6.8.1 COSTOS DIRECTOS

Tabla 6.7 Costos Directos para la evaluación del Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340.

Probetas para el ensayo				
Producto	Dimensiones	Cantidad	Valor unitario	Valor USD
Acero AISI 4340	Ø ½ in * 6 pies	2	50	100
Bronce al Aluminio	Ø ½ in * 1,80 metro	1	90	90
Acero SAE 1018 (1 ¼ in)	16 cm	1	3,00	3,00
Maquinado			5,00	5,00
Acero SAE 1018 (1 ¼ in)	15 cm	1	2,00	2,00
Maquinado			5,00	5,00
Acero SAE 1018 (1 ¾ in)	13 cm	1	5,00	5,00
Maquinado			5,00	5,00
Acero SAE 1018 (5 in)	7 cm	1	20,00	20,00
Maquinado			10,00	10,00
Subtotal (1)				245
Norma ASTM G83-96.				50,00
Subtotal (2)				50,00

Fuente: Autor

Tabla 6.14 Costos directos para la evaluación del Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340. (Continuación.)

Tribómetro de ejes cruzados bajo Norma ASTM G83-96.		
Producto	Cantidad	Valor USD
Motor/Trifásico/WEG	1	140,00
Variador de velocidad LG 1 HP	1	340,00
Encoder incremental 100 pulsos honner	1	220,00
Contador /temporizador digital 48 X 48 mm H Y	1	110,00
Lamp Electron 1x8 W C/BAL C/T T4 lumicino	2	10,00
Micro switch moujen p/corta rodillo	1	8,00
Cable flexible N° 18 awg indeco	10 m	5,00
Cable flexible N° 12 awg indeco	10 m	6,00
Pulsador csc 22 mm rojo	1	1,00
Pulsador csc verde	1	1,00
Pulsador mini	1	3,00
Selector camasco 22 mm 2 posiciones metálico	1	3,00
Luz piloto sassin	1	2,00
Contador digital DH 48J 220V 48x48	1	60,00
Breker para riel LG BKM 3P 6A	1	20,00
Breker para riel LG BKM 1P 2A	1	5,00
Relé auxiliar 2P 220V vac	1	5,00
Base para relé 8 pines pequeño Camasco	1	2,00
Mtr. Riel din metalica	1	2,00
Bronnera leipold contact jxb 4/35	2	2,00
Adhesivo porta amarra Camasco	2	2,00
Terminal puntera N° 18	20	2,00
Terminal puntera N° 16	20	2,00
Amarra plástica	10 cm	1,00
Mtr. Espiral 6 mm Camasco	1 m	1,00
Caja metalica 30x30x16	1	30,00
Chumaceras de piso 1 ¼ in	2	20,00
Mandril porta brocas Rohm	2	50,00
Angulo 50x50x3	6 m	30,00
Tubo cuadrado 40x40x3	3 m	15,00
Electrodo E6011	1 Kgr	4,00
Disco de pulir 6 in	1	3,00
Broca diámetro ¼ in	1	1,00
Broca diámetro ½ in	1	2,00
Broca diámetro ¾ in	1	2,00

Fuente: Autor

Tabla 6.14 Costos directos para la evaluación del Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340. (Continuación.)

Juego de Machuelos 3/16 in, 1/4 in, 1/2 in, 3/4 in	1	20,00
Mano de obra		100,00
Subtotal (3)		1230,00

Fuente: Autor

6.8.2 COSTOS DIRECTOS

Tabla 6.8 Costos Indirectos del Análisis para la Evaluación del Desgaste Adhesivo del Bronce al Aluminio sobre el Acero AISI 4340

Cuadro de Gastos de Recursos Humanos	
Rubro de Gastos	Valor USD
Computador (alquiler)	50,00
Impresora	150,00
Anillados y empastados	100,00
Materiales de oficina	50,00
Alimentación	200,00
Transporte	50,00
Subtotal (4)	600,00

Fuente: Autor

Para obtener el valor total de la propuesta sumamos los subtotales:

Tabla 6.9 Valor Total de la Propuesta

Subtotal (1)	245,00
Subtotal (2)	50,00
Subtotal (3)	1230,00
Subtotal (4)	600,00
Total	2125,00 usd.

Fuente: Autor

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Una vez culminado el presente proyecto de investigación se ha podido determinar que de los tres procedimientos establecidos por la norma ASTM G83-96, el más óptimo para realizar los ensayos de desgaste adhesivo es el procedimiento “B”

mediante el cual se puede evaluar las propiedades tribológicas del Bronce al Aluminio y el Acero AISI 4340, siendo este, el par tribológico que mejor resistencia presenta ante el desgaste adhesivo.

La presente investigación contribuye un aporte muy importante para el área de materiales, debido a que mediante el proceso más óptimo de la norma ASTM G83-96, se ha logrado determinar las propiedades tribológicas del par constituido por el bronce al aluminio y del Acero AISI 4340, parámetros fundamentales para el diseño y selección de materiales para componentes de máquinas, estos materiales se utiliza generalmente en la fabricación de piezas que requieren una buena combinación entre dureza y tenacidad. Tornillería de alta resistencia templada y revenida de gran sección, levas de mando, engranajes para máquinas, ejes para carros y camiones, discos de freno, cardanes, bielas para motores, árboles para automóviles, ejes de transmisión de grandes dimensiones, Cuerpos de bombas, impulsores y turbinas hidráulicas, Hélices para barcos, Coronas, sinfines y engranes, Bujes y pernos para mecánica pesada, Guías de válvulas, pernos y bielas para motores diesel. En fin son materiales con una gran aplicación industrial de aquí el interés por el estudio de estos materiales.

Es muy importante destacar que los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería de Materiales de la Universidad Técnica de Ambato, con ayuda de equipos debidamente calibrados para la obtener datos reales, veraces y confiables.

La presente investigación deja abierto un gran número de investigaciones posteriores, pues el fenómeno de desgaste se presenta en todos los materiales, pues de esta manera se ayuda a reducir perdidas por daños en los componentes de máquinas.

Con el fin de facilitar la investigación de desgaste adhesivo, se recomienda que las autoridades a cargo de los Laboratorios de la F.I.C.M de la Universidad Técnica de Ambato, adquieran una balanza de precisión (0,1 mg), pues este instrumento es muy importante para determinar la variación de masas parte básica para arrancar el análisis de cualquier tipo de desgaste

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] Landolt-Börnstein - Group IV Physical Chemistry Volume 5d, 1994, *Cu-Nb (Copper-Niobium)* pp 1-5.
- [2] Castillo M., Villa G., Vite M., Palacios F., 2005, *Estudio del comportamiento mecánico-metalúrgico de la aleación inconel 600 y estelita*, ESIME Zacatenco, IPN-MÉXICO.
- [3] Glover, D. 2000, *A ball-rod rolling contact fatigue tester*, ASTM STP-771, J.J.C.Hoo, Ed., pp.107-124.
- [4] Stachowiak, G. W. 2001, *Engineering Tribology*, Second edition, Edit. Butterworth Heinemann, USA.
- [5] E. Vera, M. Vite, 2005, *Comparative Study of Failure by Rolling Contact Fatigue (FCR) of AISI 4140, Base, Nitriding and Hard Chromium*, 15th Steelmaking Conference, pp. 735-742, San Nicolas, Argentina.
- [6] Arnell, R. D. 1991, *Tribology, Principles and Design Applications*, Macmillan Education LTD, U.K.,.
- [7] R. Joost, J. Pirso, M. Viljus. 2008, *The Effect of Carbon Content on the Mechanical and Tribological Properties of WC-Co Cemented Carbides*, Nordtrib, Tampere, Finland.
- [8] University of Texas at Oustin. 2008, *Boundary Lubrication*. Mechanical Engineering Department.
- [9] Downson D. 1979, *History of tribology*, Longraman Group limited London.
- [10] Napier D. & Son Ltd. 1918, *Engineering Components - Manufacturing Processes. England, Great Britain*.
- [11] Santillana G. 1978, *Leonardo Da Vinci:An Artabras Book*, copyright by Intituto De Agostin, Novara, Italy.

- [12] Masterkush. 2012, *Sistema Tribológico*, pp. 1-3
- [13] Scientia et Technica. 2009, *Verificación del Tribosistema, una Herramienta para la Identificación y Análisis de Fallas*. pp. 84, Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.
- [14] Gallardo E., 2002, *Estudio Del Fenómeno De Desgaste Adhesivo Mediante La Proposición De Una Máquina Tribológica De Configuración Perno Sobre Disco*, Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Mecánica, pp. 23
- [15] Edward Arnold. 1992. *Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials*, Ian M. Hutchings
- [16] Aguilar J. 2009, *Tribology*, Atlantic International University Honolulu, Hawaii
- [17] Landolt-Börnstein. 1994, Group IV Physical Chemistry Volume 5d.
- [18] Williams J.A. 1994, *Engineering Tribology*, Oxford Science Publications, Great Britain.
- [19] Dpto. de Ing. de Materiales y Fabricación 2003 “*Introducción a la tribología*”. pp.10
- [20] Arnell R.D. 1991, *Tribology*. MacMillan Press Ltd, New York.
- [21] Aguilar J. 2011, *Practica de Desgaste*. Ciencia de Materiales II, Instituto Politécnico Nacional, México
- [22] Burnwell, J. T. 1957. *Survey of Possible Wear Mechanisms*, Volumen I, pp. 119-141.
- [23] Iglesias. C. y Schulz. B. 2003, *Posible influencia del nitrógeno en aceros Hadfield*, en Jornadas sam/Conamet/ Simposio Materia, pp. 323-326.

- [24] Mahallawi E. 2001, *Evaluation of effect of chromium on wear performance of high manganese steel*, Materials Science and Technology, vol 17, pp. 1385-1390.
- [25] Garcia A. 2005, *Comparing the tribological behaviour of an austenitic Steel subjected to diverse thermal treatments,*” vol. 258, pp. 203–207.
- [26] Bharat Bhushan, Balkishan K. Gupta. 1991, *Handbook of tribology*, pp 13.55-13.56 and 14.19, McGraw Hill. New York.
- [27] Broszeit E., Matthes B., W. Herr, and K. H. Kloos, 1993, *Surface and Coatings Technology*. Copyright © Elsevier B.V, Miami, FL, USA, pp. 58, 29.

Referencias

Normas ASTM

- ASTM Standards G83. 1996, *Standard Test Method for Wear Testing with a Crossed – Cylinder Apparatus.* (-96), AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.
- ASTM D785-93. *Standard Test method for Rockwell Hardness of plastics and Electrical Insulating Materials.*

Metal Handbook

- ASM Handbook Vol.1, (2005), *Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys.* Pag.223, ASM, International. USA.
- ASM Handbook Vol.2, (1990), *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials.* pp. 1057, 1231, 1257 ASM, International. USA.
- ASM Handbook Vol.18, 1992, *Friction, Lubrication and Wear Technology.*, pp. 437, 1469, ASM, International. USA.

- ASM Handbook Vol.20, 1997, *Materials Selection and Design*, pp. 1438, ASM, International. USA.

Páginas Web

- Ingenieros de Lubricación LTDA, Herramienta eficaz de incrementar la productividad de los equipos.
[Online] Available:
<http://www.ingenierosdelubricacion.com/articulos>
- Society of Tribologists and Lubrication Engineers, La Tribología práctica diaria en la industria.
[Online] Available:
http://www.conservaenergia.com/empresas/asociaciones/STLE/para_que_tribologia.htm
- Manual técnico de la pastilla de freno ,Capitulo 2 “Introducción a la Tribología”.
[Online] Available:
<http://www.roadhouse.es/manual/cap2.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1 NORMA ASTM G83-96



Designation: G 83 – 96

Standard Test Method for Wear Testing with a Crossed-Cylinder Apparatus¹

This standard is issued under the fixed designation G 83; 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 reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers a laboratory test for ranking metallic couples in their resistance to sliding wear using the crossed-cylinder apparatus. During the test, wear occurs at a contact between a rotating cylinder and a stationary cylinder which have their long axes oriented normal to each other.

1.2 When the rotating and stationary cylinders are of the same material, wear test results are reported as the total volume loss in cubic millimetres for the rotating and stationary cylinders. The manner of recording the results also specifies the particular test procedure used. The value is obtained by adding the volume loss of the rotating member to the volume loss of the nonrotating member. Materials of higher wear resistance will have lower volume loss.

NOTE 1 To attain uniformity among laboratories, it is the intent of this test method to require that volume loss due to wear be reported only in the metric system as cubic millimetres ($1 \text{ mm}^3 = 6.102 \times 10^{-5} \text{ in.}^3$).

1.3 When dissimilar materials are being tested, wear test results are reported as the total volume loss in cubic millimetres for the rotating and stationary test cylinders as well as the volume loss of each cylinder separately. When two different metals or alloys are tested, it is also recommended that each metal or alloy be tested in both the stationary and moving positions. Then, for each metal or alloy, the combined volume of wear in both positions should be used in comparisons with self-mated wear volume.

1.4 The test method describes three recommended procedures that are appropriate for different degrees of wear resistance.

NOTE 2—The crossed-cylinder wear test inherently exhibits a time varying contact area. A plot of wear volume versus sliding distance is typically nonlinear. Therefore, results obtained using parameters other than those specified in the test method cannot be used to calculate an expected value.

1.4.1 *Procedure A*—This is a relatively severe test that will rank metallic materials which have high-wear resistance. Materials with wear resistance in the high-speed tool steel category are particularly suited to this test.

1.4.2 *Procedure B*—This is a short-term variation of Procedure A.

1.4.3 *Procedure C*—This is a lower speed and shorter term variation of Procedure A that is particularly useful in ranking materials of low-wear resistance.

1.5 In reporting, the values stated in SI units are preferred.

1.6 *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:

E 122 Practice for Choice of Sample Size to Estimate a Measure of Quality for a Lot or Process²

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods²

G 40 Terminology Relating to Wear and Erosion³

3. Terminology

3.1 Definitions used in this test method are defined in accordance with Terminology G 40 as follows:

3.1.1 *coefficient of friction or f in tribology*—the dimensionless ratio of the friction force (F) between two bodies to the normal force (N) pressing these bodies together

$$\mu = (F/N)$$

3.1.2 *debris*—in tribology, particles that have become detached in a wear or erosion process.

3.1.3 *lubricant*—any substance interposed between two surfaces for the purpose of reducing the friction or wear between them.

3.1.4 *wear*—damage to a solid surface generally involving progressive loss of material, due to relative motion between that surface and a contacting substance or substances.

3.1.5 *wear rate*—the rate of material removal or dimensional change due to wear per unit of exposure parameter for example, quantity of material removed (mass, volume, thickness) in unit distance of sliding or unit time.

3.1.5.1 *Discussion*—Because of the possibility of confusion, the manner of computing wear rate should always be carefully specified.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee G-2 on Wear and Erosion and is the direct responsibility of Subcommittee G02.40 on Non-Abrasive Wear.

Current edition approved Nov. 11, 1996. Published January 1997. Originally published as G 83 – 89. Last previous edition G 83 – 90.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.02.

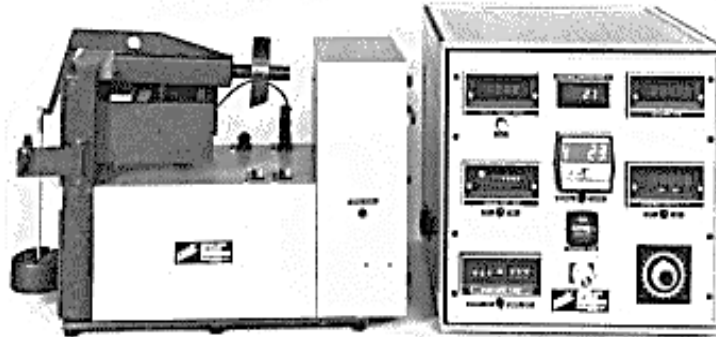


FIG. 1 Falex Crossed-Cylinders Test Machine

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *applied load*—the dead-weight load placed on the crossed-cylinders.

3.2.1.1 *Discussion*—The weight of the stationary specimen holder is included.

3.2.2 *crossed-cylinder apparatus*—machine capable of testing two cylindrical specimens, positioned perpendicular to each other under load, one rotating at a specified speed while the other is stationary.

3.2.3 *sliding distance*—the distance computed, as the product of the circumference of the unworn cylinder and the number of revolutions.

3.2.4 *sliding speed*—the test speed of the rotating specimen.

3.2.5 *wear track*—the visual surface damage due to relative motion between the crossed cylinder specimens.

4. Summary of Test Method

4.1 For the crossed-cylinder wear test, two cylindrical specimens are positioned perpendicular to each other. The test machine should allow one specimen to rotate at speeds up to 400 r/min. The second, nonrotating specimen is pressed against the rotating specimens at a specified load by means of an arm and attached weights. It is the intent of the apparatus design that dead-weight loading be used. The test duration and rotational speed are varied as noted in Procedures A through C (see Section 8).

4.2 The amount of wear is determined by weighing the specimens before and after the test. Because of the wide differences in the density of materials, it is necessary to convert the weight loss to volume loss in cubic millimetres. Wear measurements are reported as volume loss per specified procedure.

5. Significance and Use

5.1 The amount of wear in any system will, in general, depend upon a number of factors such as the applied load,

sliding speed, the sliding distance, environment as well as the material properties. In this test method, these conditions are standardized to provide a means of determining the relative wear rates of different metal couples. The value of the test method lies in predicting the relative ranking of various materials where metal-to-metal contact takes place. Since the test method does not attempt to duplicate all the conditions that may be experienced in service (for example, lubricant, load, removal of wear debris, and presence of corrosive environment), there is no assurance that the test will predict the relative wear rate of a given material under conditions differing from those in the test.

6. Apparatus

6.1 *General Description*—Fig. 1 shows a commercially available design of this test equipment. This type of machine will typically consist of a belt-driven spindle, a chuck or collet device for holding the rotating specimen, a lever-arm device to hold the nonrotating specimen and attachments to allow the nonrotating specimen to be forced against the rotating specimen with a controlled load. The commercially available unit has an optional friction force measuring system that allows coefficient of friction to be calculated.^{1,2}

6.2 *Rotating Specimen Holder*—This critical part of the test device consists of a chuck or collet and an accurate bearing system. A three-jaw chuck has been found to be unsatisfactory and its use is not recommended.

6.3 *Motor Drive*—A variable speed motor, capable of maintaining constant speed under load is required. A minimum

¹ Original users of this test method designed and fabricated their own test machines.

² The sole source of supply of a commercially built apparatus known to the committee at this time is Falex Corp., 2055 Campbellsville Dr., Aurora, IL 60505. If you are aware of alternative suppliers, please provide this information to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration as a means of the responsible technical committee, which you may attend.

motor size should be 0.56 kW (¾ hp). The motor should be mounted in such a manner that its vibration does not affect the two cylinders. The drive system between the rotating specimen and the motor should be positive so that there is no slippage. A variable test speed up to 400 r/min (41.9 rad/s) should be obtainable. The test speed should be accurately set, preferably with a digital speed readout.

6.4 *Revolution Counter*—The machine shall be equipped with a revolution counter that will record the number of specimen revolutions as specified in the procedure. It is recommended that the cycle counter have the ability to shut off the machine after a preselected number of revolutions is obtained.

6.5 *Nonrotating Specimen Holder and Lever Arm*—The specimen holder is attached to the lever arm which has a pivot. If the lever is unbalanced, it is necessary to check the loading at the specimens with a direct-force measurement. The commercial design utilizes a calibrated lever that is balanced and the weights produce a test force proportional to the weights applied.

6.6 *Analytical Balance*—The balance used to measure the loss in mass of the test specimen shall have a sensitivity of 0.1 mg.

7. Test Specimens and Their Preparation

7.1 *Materials*—This test may be applied to a variety of metallic materials, such as wrought metals, castings, plasma spray deposits, and powder metals. The only requirement is that specimens having the specified dimensions can be prepared and that they will withstand the stresses imposed during the test without failure or excessive flexure. The materials being tested shall be described by composition, heat treatment, product form, and hardness.

7.2 *Specimen Specifications*—The typical specimen is cylindrical in shape having dimensions 12.7-mm diameter times 102-mm long (0.5-in. diameter times 4.0-in. long) as shown in Fig. 2. Since the runout is critical all specimens shall be ground on centers capable of maintaining cylindricity of the specimen outside diameter within 0.0025 mm (0.0001 in.).

7.3 *Specimen Finish*—Test specimens shall be straight and free from scale. Surface roughness of 1.25 µm (32 µin.) arithmetic average or less is acceptable. Measurements shall be made with the trace parallel to the cylinder axis. State the type of surface or surface preparation in the data sheet.

8. Test Parameters

8.1 Table 1 specifies the applied force, the number of

TABLE 1 Test Parameters

Specified Procedure	Applied Force ^A			Revolutions	Speed, r/min ^B
	Equivalent (Newtons)	Force kgf	(Pounds Equivalent)		
A	71.2	7.26	16	80 000	400
B	71.2	7.26	16	40 000	400
C	71.2	7.26	16	10 000	100

^A Force Tolerance is ± 3%.
^B Speed Tolerance is ± 2%.

revolutions, and the test speed for the three test procedures.

8.2 *Duration*—The duration of the test will be approximately 200 min for Procedure A, and 100 min for Procedures B and C. The number of revolutions and not the time shall be the controlling parameter.

9. Procedure

9.1 *Cleaning*—Immediately prior to weighing, the specimens must be cleaned and dried. Care must be taken to remove all dirt and foreign matter from the specimen. Materials with open grains (some powder metals) must be dried to remove all traces of the cleaning solvent which may be entrapped in the material. Demagnetize steel specimens having residual magnetism. Record the methods used for cleaning.

9.2 Weigh the specimens to the nearest 0.0001 g.

9.3 The rotating cylinder is inserted in the chucking device. A dial gage is placed perpendicular to the rotating cylinder on the likely location of the wear track. The dial indicator is read continuously as the rotating cylinder goes through one or more complete revolutions. The deviation from the center reading on the dial gage shall be less than 0.0051 mm (0.0002 in.). The final determination of concentricity shall be determined at the speed of the desired test.

9.4 Insert the nonrotating specimen securely in its holder and add the proper mass to develop the prescribed force pressing the nonrotating specimen against the rotating specimen. The force may be measured by means of an accurate spring scale that is hooked around the specimen and pulled back to lift the specimen away from the wheel.

9.5 Set the revolution counter to the prescribed number of revolutions.

9.6 Start the rotation, adjust the speed to within the ± 2 r/min at 100 r/min and ± 8 r/min at 400 r/min.

9.7 When the test has run the desired number of revolutions, lift the stationary specimen away from the rotating specimen.

9.8 Remove the specimens and clean the specimen of wear debris. Note the existence of any lip, displaced metal, retained oxide, discoloration, microcracking, or spotting.

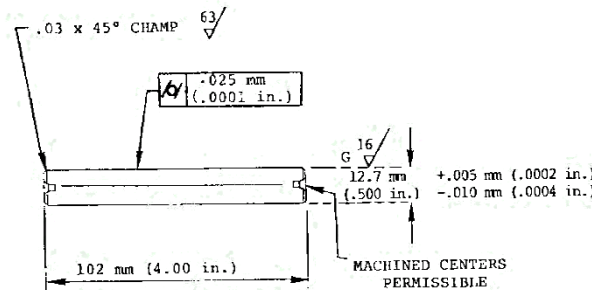


FIG. 2 Typical Test Specimen

9.9 Reweigh the specimens to the nearest 0.0001 g.

10. Report

10.1 The wear test results should be reported as the total volume loss in cubic millimetres for like couples per the specified procedure used in the test. The volume loss for each bar in each position should be reported for dissimilar couples.

10.1.1 For example, _____ mm³ per ASTM _____, Procedure _____. While mass loss results may be used internally in test laboratories to compare materials of equivalent densities, it is essential that all users of this test procedure report their results uniformly as volume loss in publications or reports so that there is no confusion caused by variations in density. Care should be taken to use the best available density value for the specific materials(s) tested.

10.1.2 The following equation for conversion of mass loss to volume loss shall be used:

$$\text{Volume loss, mm}^3 = \frac{\text{Mass loss, g}}{\text{Density, g/cm}^3} \times 1000$$

10.2 If the materials being treated exhibit considerable transfer without loss from the system, volume loss may not adequately reflect the actual amount or severity of wear. In these cases, this test method should not be used.

10.3 If the materials being tested exhibit physical deformation during the test and the displaced metal increases the specimen diameter by more than 0.002 in. (0.051 mm) then this test method should not be used.

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 specified test parameters.

11.2 The reproducibility of repeated tests on the same material will depend upon material homogeneity, machine and material interaction, and careful adherence to the specified test procedure by a competent machine operator.

11.3 Normal variations in the procedure will tend to reduce the accuracy of the method as compared to the accuracy of such material property tests as hardness, density, or thermal expansion rate. Properly conducted tests will, however, maintain a within laboratory coefficient of variation of 15 % or less for the volume-loss values. Interlaboratory tests have shown a coefficient of variation of 30 % between laboratories.

11.4 *Initial Machine Operation and Qualification*—The number of tests required to establish the precision of the machine for initial machine operations shall be at least five for each of the Test Procedures A, B, and C. The test samples shall be taken from the same homogeneous material.

11.5 The standard deviation from the mean average shall be calculated from the accumulated test results and reduced to the coefficient of variation. The coefficient of variation shall not

exceed 15 %. If this value is exceeded, the machine operation shall be considered out of control and steps taken to eliminate erratic results.

11.6 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 obvious faulty machine operation.

11.7 While two or more laboratories may develop test data which is within the acceptable coefficient of variation for their own individual test apparatus, the actual data of each laboratory 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 method of Practice E 122, Practice E 177, and STP 15D.⁶

11.8 Table 2 shows volume loss ranges of typical materials

TABLE 2 Typical Volume Loss Ranges

NOTE 1—All Samples Were Self-Mated

	Material		
	M4	1020	304
Condition	hardened, tempered	hot rolled	hot rolled, annealed
Microstructure	alloy carbides and tempered martensite	pearlite and ferrite	austenite
Hardness	64 HRC	69 HRB	78 HRB
Volume Loss:			
Procedure A, mm ³	1.00 ± 0.30
Procedure B, mm ³	0.5 ± 0.15	...	24.5 ± 2
Procedure C, mm ³	...	210 ± 20	9 ± 2

established in interlaboratory testing by the sub-Committee. They may be used as a general indication of the bias of test results.

12. Typical Volume Loss Values

12.1 The crossed-cylinder wear test will produce volume losses in metallic materials. The more wear resistant materials will develop the least volume loss. Table 2 shows typical volume loss ranges which can be expected in the metals listed. They are offered as guidelines only and not as purchasing specifications.

12.2 Any material specifications involving this test method must be agreed upon between the material vendor and the purchaser.

13. Keywords

13.1 crossed-cylinder apparatus; metallic couples; non-abrasive wear; sliding wear; tribology; wear resistance ranking; wear test

⁶ *Manual on Quality Control of Materials, ASTM STP 15D, ASTM, 1951.*

(Nonmandatory Information)

X1. SOME STATISTICAL CONSIDERATIONS FOR CROSSED CYLINDER WEAR TESTING

X1.1 *Background*—This method has been in various stages of evolution and use over the last two or more decades. A number of variations of the test procedure have been used by several research and industrial laboratories in the United States who were faced with the problem of evaluating hardsurfacing alloys, powdered metal tool steels, and wrought products for their resistance to 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, ASTM subcommittee G02.40 formed a task group to study the effect of each test parameter on the overall results within individual laboratories and among all laboratories, as a group. While standardization of test parameters was attained, it became evident that the variability or experimental error inherent in each laboratory was a factor which 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 was the selection of adequate sample size. More specifically, there 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 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, and in the references.

X1.2 *Statistical Equations*—Several equations 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 this method, the standard deviation and coefficient of variation of results produced from a series of tests shall be calculated by the following:

$$s = \text{standard deviation} \\ (\text{small sample size, 2 to 10}) = R/d_2 \quad (X1.1)$$

$$s = \text{standard deviation} \\ (\text{any sample size}) = [\sum (x - \bar{x})^2 / (n - 1)]^{1/2} \quad (X1.2)$$

$$v = \% \text{ coefficient of variation} \\ v = (s/\bar{x}) \cdot 100 \quad (X1.3)$$

$$n = \text{sample size} \\ (95 \% \text{ Confidence level}) = (1.96 / e)^2 \quad (X1.4)$$

where:

- s = standard deviation from the mean,
- v = variability of the test procedure expressed in %,
- x = value of each test result (volume loss in mm^3),

- \bar{x} = mean or arithmetic average for n tests,
- n = number of tests or observations,
- e = allowable sampling error expressed in %,
- R = difference between the highest and lowest test value, and
- d_2 = deviation factor which varies with sample size (see Table X1.1).

X1.3 *Use of Statistical Methods*—In evaluating the precision and bias of any test procedure, new users must deal with the concepts of mean, average, 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 wear-test evaluations are made on a small number of samples. This is due to the fact that in much wear-resistance testing, large numbers of test specimens are just not available. In addition to this, a new user is concerned with evaluating the bias of his first few (two or three) 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 general indication of precision of the apparatus and test method. As more data is accumulated from the same homogeneous material and new data is accumulated from different materials, the accumulated variability values may be averaged to provide a better estimate of the precision of the apparatus and procedure.

X1.4 *Small Sample Size (2 to 10)*—In statistical analysis, the estimated standard deviations of large sample sizes (over ten) 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 ten test results. In these cases, the standard deviation (s) is more accurately derived by 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 the lowest

TABLE X1.1 Factors for Estimating Standard Deviation from the Range on the Basis of Sample Size

Sample Size (n)	d_2	$1/d_2$
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

numerical value) by a deviation factor (Eq X1.1) 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 and multiplying by 100. The deviation factor is obtained from Table X1.1:

X1.5 *Example*—Table X1.2 shows a typical analysis for standard deviation of six tests (Procedure A) made upon hardened tool steel. This data, as well as subsequent data shown in the table, is taken from actual interlaboratory test data obtained in the early stages of the standardization of this test procedure.

TABLE X1.2 Results of Typical Analysis

NOTE 1—Sample Size (2 to 10), M2 Tool Steel—400 r/min, (16 lbs.) is 71.2 N, 80 000 Cycles

Test No.	Fixed Specimen		Moving Specimen, Weight Loss, mg, mils	Total Wear, mg
	Weight Loss, mg	Scar Diameter, 64 th in., mm		
1	6.7	8 (3.2)	4.6 (1.6)	11.3
2	6.3	8 (3.2)	4.5 (0.4)	10.8
3	7.2	8.5 (3.4)	6.0 (2.5)	13.2
4	6.9	8 (3.2)	5.0 (4.5)	11.9
5	8.3	8.5 (3.4)	4.3 (3.0)	12.6
6	7.6	8.5 (3.2)	4.6 (3.5)	12.2
	$\bar{x} = 7.17$		$\bar{x} = 4.83$	$\bar{x} = 12.0$
	$R = 8.3 - 6.3 = 2.0$		$R = 6.0 - 4.3 = 1.7$	$R = 13.2 - 10.8 = 2.4$
	$d_2 = 2.534$		$d_2 = 2.534$	$d_2 = 2.534$
	$s = R/d_2 = 2.0/2.534$		$s = R/d_2 = 1.7/2.534$	$s = R/d_2 = 2.4/2.534$
	$s = 0.7893$		$s = 0.6709$	$s = 0.9471$
	$v = s/\bar{x} = 0.7893/7.17$		$v = s/\bar{x} = 0.6709/4.83$	$v = s/\bar{x} = 0.9471/12.0$
	$v = 11.0\%$		$v = 13.9\%$	$v = 7.9\%$

The American Society for Testing and Materials 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 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, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (<http://www.astm.org>).

ANEXO 2 RELACIÓN DE ARCHRAD

Wear Equations, Design Criteria, and Material Selection

The above brief description of the wearing process showed it involves very many variables, few of which have been researched sufficiently to formulate wear equations that can be used by designers. Some wear equations can be found in the literature, but none can be generally applied. The most widely publicized equation is due to Archard, in which the rate of wear, Υ (volume per unit of time), is:

$$\Upsilon = k \cdot \frac{WV}{H} \quad (\text{Eq 1})$$

Fuente: ASM Metals Handbook, Vol 18-Fricción, Lubricación y Tecnología del Desgaste, pp 437

Table 1 Sliding wear coefficients

Wear mechanism	Sliding wear coefficient ^(a)
Adhesive wear	10^{-7} to 10^{-1}
Abrasive wear	10^{-6} to 10^{-1}
Corrosive wear	10^{-7} to 10^{-2}
Fatigue wear	$\leq 10^{-6}$

(a) $(V \times H)/(P \times S)$, where V is the volume of wear, H is the hardness (load per unit area), P is the applied load, and S is the sliding distance

Control Methods. Fortunately, the severity of these mechanisms can be controlled and reduced to acceptable levels by the appropriate choice of various design parameters.

Adhesive Wear Control. The severity of adhesive wear mechanisms can be reduced by the appropriate selection of material pairs and by the use of lubricants, as shown by the range in data in Table 1. Studies have indicated that adhesive wear requires a minimum stress to operate. This stress is typically a small fraction of the materials hardness. Consequently, the severity of adhesive wear can also be reduced by reducing the contact stress.

Fuente: ASM Metals Handbook, Vol 20-Diseño y Selección de Materiales. pp, 1438

ANEXO 3 DATOS TÉCNICOS DEL ACERO INOXIDABLE 304, PARA CALIBRACIÓN DEL TRIBÓMETRO DE EJES CRUZADOS, BAJO NORMA ASTM G83-96.

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 (Kg/mm ²)	Resistencia a la cedencia mín. (Kg/mm ²)	Elongación %	Dureza HB (max)	W.Nr	AF NOR	European Designation	SS
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	X6Cr 17	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
Acetileno	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Acetona	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Ácido acético	Solución al 10%	21	70	Agitado	Muy resistente
	Vapor al 30%	-	-	Caliente	Mediano
	Vapor al 100%	-	-	Caliente	No resistente
Ácido benzoico	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Ácido carbónico seco	-	-	-	Muy resistente	Muy resistente
Ácido fosfórico	10%	-	-	Agitado	Muy resistente
	10%	-	-	Ebullición	Muy resistente
	25%	-	-	Ebullición	Resistente
	40%	-	-	Ebullición	Poco resistente
Ácido hidroclorhídrico	21	70	-	No resistente	No resistente
Ácido láctico	5%	21	70	-	Muy resistente
	10%	21	70	-	Muy resistente
	Concentrado	-	-	Ebullición	Mediano
Ácido muriático	21	70	-	No resistente	No resistente
Ácido nítrico	5%	21	70	-	Muy resistente
	5%	-	-	Ebullición	Muy resistente
	65%	-	-	Ebullición	Resistente
	Concentrado	-	-	Ebullición	Resistente
	Concentrado	-	-	Vaporización	Poco resistente
Ácido nítrico al 5%	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Ácido oxálico	10%	21	70	-	Muy resistente
	50%	-	-	Ebullición	Poco resistente
Ácido sulfúrico	5%	21	70	-	Mediano
	5%	-	-	Ebullición	No resistente
	10%	21	70	-	Mediano
	10%	-	-	Ebullición	No resistente
	50%	21	70	-	Poco resistente
	50%	-	-	Ebullición	No resistente
	Concentrado	21	70	-	Muy resistente
	Concentrado	-	-	Ebullición	Poco resistente
Humeante	-	-	-	Mediano	
Aqua clorinada saturada	21	70	-	Mediano	
Aqua de mar	21	70	-	Riesgo de pitting	
Aqua oxigenada	21	70	-	Muy resistente	
Alcohol etílico	21	70	-	Muy resistente	
	-	-	Ebullición	Muy resistente	
Alcohol metílico	21	70	-	Muy resistente	
Amoniaco	En general	21 - 100	70 - 212	Ebullición	Muy resistente
	Anhidrido	43+	109+	Ventilado	No resistente
Anhidrido acético	Hidróxido	-	-	Ebullición	Muy resistente
	90% anhidrido	21	70	-	Muy resistente
	90% anhidrido	82	180	Ventilado	Poco resistente

**ANEXO 3.1 DATOS DE CALIBRACIÓN DEL TRIBÓMETRO DE EJES
CRUZADOS CON MATERIAL ACERO INOXIDABLE 304**

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304						
Datos Informativos:						
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Metalografía de Materiales - FICM			
Tipo de estudio:	De laboratorio		Ensayo N°	1		
Solicitado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Realizado por:	Neris Zambonino		
Supervisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Fecha Inicio:	21/08/2013		
Normas Aplicables:	ASTM G83-96		Fecha Finalización:	22/08/2013		
PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96						
Procedimiento: "C"	Fuerza Aplicada			Revoluciones	Velocidad (rpm)	Tiempo min
	(N)	(Kgf)	(lb)			
	71.2	7.26	16	10.000	100	100
	Tolerancia 3%			Tolerancia 2%		
Identificación del componente de estudio:						
Probeta Estática:	Material:	Acero inoxidable		Designación :	AISI 304	
	Densidad:	8	gr/cm ³	Dureza:	160	HB
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm
	Resistencia a la Tracción			65,26		(Kg/mm2)
Probeta Móvil:	Material:	Acero inoxidable		Designación :	AISI 304	
	Densidad:	8	gr/cm ³	Dureza:	91.5	HRB
	Longitud:	101,6	mm	Diámetro	12,7	mm
	Resistencia a la Tracción			65,26		(Kg/mm2)
Tipo de aparato:	Cilindros Cruzados					
Tipo de Movimiento:	Deslizamiento Simple					
Tipo de Lubricación:	Seca (Sin lubricación)					
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido mecánico					
Rugosidad de la superficie:	Limpieza:		Alcohol Etilico			
Observaciones						
Los datos expuestos fueron obtenidos del catálogo de IVAN BOHOMAN C.A						

Fuente: Autor



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



OBTENCION DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304,
(PROCEDIMIENTO "C").

Lugar de realización	Laboratorio de Química general	Facultad	CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS			
Temperatura ambiente del lugar	20 °C.	Flujo de aire del lugar:	Estático	Autorizado Por:	Egd. Diana Sandoval	
Solicitado por:	Ing. Msc. Henry Vaca	Realizado Por:	Neris Zambonino		Fecha:	21/08/2013
Procedimiento	"C"		Tamaño de la muestra:	3		

PESO INICIAL

Probeta Estática		Material:	Acero Inoxidable AISI 304			Probeta Móvil		Material:	Acero Inoxidable AISI 304		
2A-1	2A-2	2A-3	2A-4	2A-5	2A-6	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
100,6805	100,4465	101,7288	102,1471	101,2734	100,3906	102,5134	101,9839	100,0091	102,5646	102,3704	101,9234
100,6802	100,4419	101,7286	102,1473	101,2736	100,3911	102,5123	101,9829	100,0058	102,5659	102,3689	101,9232
100,6804	100,4419	101,7287	102,1474	101,2728	100,3905	102,5138	101,9824	100,0053	102,5666	102,3695	101,9232
100,6804	100,4434	101,7287	102,1473	101,2733	100,3907	102,5132	101,9831	100,0067	102,5657	102,3696	101,9233

PESO FINAL

Probeta Estática		Material:	Acero Inoxidable AISI 304			Probeta Móvil		Material:	Acero Inoxidable AISI 304		
A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
100,6718	100,4319	101,7151	102,1357	101,2619	100,3814	102,4594	101,9344	99,9589	102,5199	102,3242	101,8698
100,6708	100,4328	101,7151	102,1356	101,2616	100,3819	102,4608	101,9349	99,9574	102,5191	102,3245	101,8696
100,6705	100,4326	101,7189	102,1359	101,2613	100,3814	102,4609	101,9352	99,9579	102,5196	102,3244	101,8715
100,6710	100,4324	101,7164	102,1357	101,2616	100,3816	102,4604	101,9348	99,9581	102,5195	102,3244	101,8703

Observaciones:



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304, (PROCEDIMIENTO "C").

Lugar de Realización:	Laboratorio de Materiales		Flujo de aire del medio:		Estático		Hz (Motor)	3,47			
T. ambiente del lugar:	20 °C.		Realizado por:		Neris Zambonino		Nº de Ciclos		10000		
Procedimiento "C"	Tamaño de la muestra	"6"	Probeta Estática	Material:	AISI	304	Probeta Móvil	Material:	AISI	304	
				Densidad:	8,00	gr/cm ³		Densidad:	8,00	gr/cm ³	
				Dureza:	65,26	(Kg/mm2)		Dureza:	65,26	(Kg/mm2)	
PESO INICIAL											
Ensayo Nº 1		Ensayo Nº 2		Ensayo Nº 3		Ensayo Nº 4		Ensayo Nº 5		Ensayo Nº 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
100,6804	102,5132	100,4434	101,9831	101,7287	100,0067	102,1473	102,5657	101,2733	102,3696	100,3907	101,9233
Fecha	21/08/2013	Fecha	21/08/2013	Fecha	21/08/2013	Fecha	21/08/2013	Fecha	21/08/2013	Fecha	22/08/2013
Hora Inicio	9:05	Hora Inicio	10,50	Hora Inicio	13,45	Hora Inicio	15,30	Hora Inicio	16,15	Hora Inicio	9,10
Hora Final	10,46	Hora Final	12,28	Hora Final	15,23	Hora Final	16,08	Hora Final	17,55	Hora Final	10,48
Tiempo(x ⁻)	101 min	Tiempo(x ⁻)	101 min	Tiempo(x ⁻)	101 min	Tiempo(x ⁻)	101 min	Tiempo(x ⁻)	101 min	Tiempo(x ⁻)	101 min
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
100,6710	102,4604	100,4324	101,9348	101,7164	99,9581	102,1357	102,5195	101,2616	102,3244	100,3816	101,8703
Pérdida de masa (gr)											
Nº de Ensayos	Fuerza Real aplicada (Kgf)	Tiempo Promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática			Probeta Móvil			Desgaste Total (gr) (Δpe+Δpm)	Vol. mat. Perdido (mm3)
				Peso inicial (Pi)	Peso Final (Po)	Desgaste (ΔPe)	Peso inicial (Pi)	Peso Final (Po)	Desgaste (ΔPm)		
1	7,3099	101	99	100,6804	100,6710	0,0093	102,5132	102,4604	0,0528	0,0621	7,7667
2	7,3099	101	99	100,4434	100,4324	0,0110	101,9831	101,9348	0,0482	0,0592	7,4042
3	7,3099	101	99	101,7287	101,7164	0,0123	100,0067	99,9581	0,0487	0,0610	7,6250
4	7,3099	101	99	102,1473	102,1357	0,0115	102,5657	102,5195	0,0462	0,0577	7,2125
5	7,3099	101	99	101,2733	101,2616	0,0117	102,3696	102,3244	0,0452	0,0569	7,1125
6	7,3099	101	99	100,3907	100,3816	0,0092	101,9233	101,8703	0,0530	0,0621	7,7667
(x⁻)				101,1106	101,0998	0,0108			0,0490	0,0598	7,4812
Observaciones:											



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



RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304, (PROCEDIMIENTO "C").

Tamaño de la muestra:	6	Método :	ASTM G 83-96
------------------------------	---	-----------------	--------------

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento "C"	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones Rev.			Velocidad (rpm)		
	7,3099		10000			99		
Prueba N°	Pérdida de masa (mg)		Desgaste Total (mg)	Volumen de Material Perdido V(mm3)	Tiempo Total (min)	Distancia deslizada L (mm)	Volumen de desgaste (Vd.) (mm3 /min)	K Experimental
	Probeta Estática	Probeta Móvil						
1	9,3333	52,8000	62,1333	7,7667	101	398983,20	0,0769	1,74E-04
2	11,0000	48,2333	59,2333	7,4042	101	398983,20	0,0733	1,66E-04
3	12,3333	48,6667	61,0000	7,6250	101	398983,20	0,0755	1,71E-04
4	11,5333	46,1667	57,7000	7,2125	101	398983,20	0,0714	1,61E-04
5	11,6667	45,2333	56,9000	7,1125	101	398983,20	0,0704	1,59E-04
6	9,1667	52,9667	62,1333	7,7667	101	398983,20	0,0769	1,74E-04
Promedio(\bar{x})	10,8389	49,0111	59,8500	7,4812	101,00	398983,20	0,0741	1,67E-04
R	3,1667	7,7333	5,2333	Coeficiente de variación %				
d2	2,5340	2,5340	2,5340					
s	1,2497	3,0518	2,0652					
v	11,5295	6,2268	3,4507					

Observaciones:

Fuente: Autor

ANEXO 4 DATOS TÉCNICOS DEL ACERO BONIFICADO AISI 4340

Una empresa de
ThyssenKrupp
Steel

ThyssenKrupp Aceros y Servicios S.A.



ThyssenKrupp

Catálogo Comercial

Aceros para Maquinarias	Normas		
	AISI/SAE	W. Nr.	DIN
Barras bonificadas	4340	1.6565	40NiCrMo7
	4337	1.6582	34CrNiMo6

Aplicaciones

Se utiliza generalmente en la fabricación de piezas que requieren una buena combinación entre dureza y tenacidad. Tornillería de alta resistencia templada y revenida de gran sección, levas de mando, engranajes para máquinas, ejes para carros y camiones, discos de freno, cardanes, bielas para motores, árboles para automóviles, ejes de transmisión de grandes dimensiones. Debido a su composición química (Cr, Ni, Mo) tiene un gran rendimiento en piezas sometidas a ciclos de trabajo.



Composición Química (Valores promedio, %)

SAE 4340

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P
0,38 - 0,43	0,15 - 0,3	0,6 - 0,8	0,7 - 0,9	1,65 - 2	0,2 - 0,3	≤ 0,04	≤ 0,035

34CrNiMo6

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P
0,3 - 0,38	≤ 0,4	0,5 - 0,8	1,3 - 1,7	1,3 - 1,7	0,15 - 0,3	≤ 0,035	≤ 0,035



Características del Acero

Acero de buena templabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga. Posee una maquinabilidad relativamente moderada con las herramientas indicadas. Se suministra en estado bonificado. Ideal para fabricar piezas y herramientas expuestas a tracción, torsión, flexión y que además estén expuestas a altos esfuerzos dinámicos y mecánicos. Condición de entrega: bonificado con una dureza aproximada de 260 a 320 HB.



Catálogo Comercial

Propiedades del Acero

Propiedades mecánicas

Ø mm.	Resistencia a la tracción MPa	Límite elástico MPa	% elongación	Tenacidad Kv a 20° C (J)
d ≤ 16	1200 - 1400	≥ 1000	≥ 9	≥ 35
16 < d ≤ 40	1100 - 1300	≥ 900	≥ 10	≥ 45
40 < d ≤ 100	1000 - 1200	≥ 800	≥ 11	≥ 45
100 < d ≤ 160	900 - 1100	≥ 700	≥ 12	≥ 45
160 < d ≤ 250	800 - 950	≥ 600	≥ 13	≥ 45
250 < d ≤ 500	740 - 890	≥ 540	≥ 14	≥ 45
500 < d ≤ 750	690 - 840	≥ 490	≥ 15	≥ 40

* Las propiedades expresadas en la tabla anterior son valores típicos y de carácter informativo, ya que en este tipo de material se garantiza la dureza; si se desea solicitar valores mecánicos específicos solicitamos se comunique con nuestro departamento técnico.

Características físicas

Valores a temperatura ambiente:

Modulo de elasticidad N/mm ²	210000
Densidad g/cm ³	7,84
Conductividad térmica W/m·K	37,7
Calor específico J/g·K	0,46

ANEXO 5 DATOS TÉCNICOS DEL NYLON 6-A

Nylon - Poliamida 6

Ficha técnica

Características mecánicas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Valor	Unidad
Densidad	53479	1,14	g/cm ³
Elongación en punto de fluencia	53455	85	MPa
Resistencia al desgarre	53455		MPa
Resistencia a la rotura por alargamiento	53455	70	%
Módulo de elasticidad a la tracción	53457	3200	MPa
Módulo de elasticidad a la flexión	53457		MPa
Dureza Brinell (por penetración de bola)	53456	70/160	MPa
Resistencia al impacto	53453	no.Br.	KJ/m ²
Resistencia a la fluencia tras 1000 h. de carga estática			MPa
Resistencia al alargamiento, por 1%, tras 1000 hrs		5	MPa
Coefficiente de fricción contra acero endurecido y afilado p=0,05 N/mm ² , v=0,6 m/s		0,38-0,45	-
Desgaste por fricción, en las mismas condiciones		0,23	m/km

Características térmicas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Valor	Unidad
Temperatura de fusión	53736	220	
Temperatura de vitrificación dinámica	53736	40	
Resistencia a la deformación Procedimiento A Procedimiento B	ISO 75 ISO 75	75 190	°C °C
Temperatura de empleo durante poco tiempo		160	°C
Capacidad de conductividad calorífica específica		0,23	W/(m.K)
Capacidad calorífica		1,7	J/(g.K)
Coefficiente de dilatación longitudinal		7	10(-5) /k

Características eléctricas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Valor	Unidad
Coeficiente dieléctrico	53483	3,7-7	
Factor de pérdida dieléctrica	53483	0,031-0,03	
Resistencia específica de paso	53482	10(15)	W.cm
Resistencia superficial	53482	10(13)	W
Resistencia de chispa eléctrica	53481	20-50	KV/mm
Resistencia a las corrientes parásitas	53480	KA 3c/3b	

Otros datos	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Valor	Unidad
Absorción de humedad en NK hasta alcanzar la saturación	53714	3	%
Absorción de agua hasta alcanzar la saturación	53495	9,5	%
Resistencia al agua caliente, lejía de lavado		Resistencia condicionada	
Inflamabilidad (norma UL 94)	UL 94	HB	
Comportamiento a la intemperie		Inestable	

Fuente: <http://www.sanmetal.es/subGrupo.php?id=9>

ANEXO 5.1 Propiedades mecánicas del Nylon 310 (Schwartz Technical Plastics LAMIGAMID® 310 Cast Polyamide 6, Conditioned)

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	1.15 g/cc	0.0415 lb/in ³	ISO R 1103
Moisture Absorption at Equilibrium	2.20 %	2.20 %	DIN 53473
Water Absorption at Saturation	7.00 % @Temperature 20.0 °C	7.00 % @Temperature 68.0 °F	ISO R 62
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Ball Indentation Hardness	125 MPa	18100 psi	Hc 30; ISO 2039; partially
Tensile Strength, Yield	65.0 MPa	9430 psi	ISO-DIS 527
Creep Strength	>= 12.0 MPa	>= 1740 psi	1% elongation, 1000 h; DIN 53444
	>= 16.0 MPa	>= 2320 psi	2% elongation, 1000 h; DIN 53444
Tensile Modulus	2.80 GPa	406 ksi	DIN 53457
Flexural Modulus	2.50 GPa	363 ksi	DIN 53457
Flexural Strength	60.0 MPa	8700 psi	DIN 54352
Compressive Strength	39.0 MPa	5660 psi	5% pressing; EN ISO 604
	63.0 MPa	9140 psi	10% pressing; EN ISO 604
	90.0 MPa	13100 psi	20% pressing; EN ISO 604
Coefficient of Friction	0.0800	0.0800	With lubrication
Coefficient of Friction, Dynamic	0.420	0.420	no lube; Steel 2162, Rvst=2E-6m, p=0.05 Mpa, v=0.6 m/s, t=40°C
Tear Strength Test	>= 0.250	>= 0.250	ISO-DIS 527
K Factor (Wear Factor)	9.00e-11	9.00e-11	
Izod Impact Resistance	NB	NB	swinging hammer 0,1 DIN 51222; DIN 53453
Izod Impact, Notched (ISO)	>= 15.0 kJ/m ²	>= 7.14 ft-lb/in ²	ISO 180-1A

Fuente: MatWeb Datos Técnicos de Materiales

<http://www.matweb.com/search/GetMatlsByTradenname.aspx?navletter=L&tn=LAMIGAMID%C2%AE>

ANEXO 6 DATOS TÉCNICOS DEL HIERRO GRIS 2P

HIERRO GRIS 2P

IBCA incluye como nuevo producto es hierro gris 2P, que es utilizado donde se requiere resistencia al desgaste y demandas físicas y mecánicas de los componentes diseñados. Muy superior a los hierros fundidos tradicionales. Posee una estructura perlítica con finas hojuelas de grafito, por lo que es apto para aplicaciones de fricción o deslizamiento.

PROPIEDADES		NYLON 6A
Propiedades mecánicas	Resistencia a la tensión kg/mm ²	22-26
	Resistencia a la compresión kg/mm ²	80-85
	Dureza Brinell HB	217-269
	Módulo de elasticidad	120-125 GPa
	Coefficiente de fricción	0.37
Normas	ASTM	A.48. CLASE 35-40
	BS	1452, grado 17
	DIN	1691.GG35



Aplicaciones:

Hidráulica y Neumática: Pistones, soporte de rodamientos, válvulas de control, rotores.
 Máquinas herramientas: Guías de deslizamiento, engranajes, bocines, etc.
 Bombas y compresores: Pistones, rines, rotores de bombas, cilindros, engranajes, bocines.
 Fábricas de vidrio: Quemadores, moldes de soplado, placas de soporte, deflectores.
 Industria automotriz: Guías de válvula, rines de pistón, cilindros, poleas.
 Otros: Maquinaria minera, industria química, papelera, textilera, etc.

MEDIDAS

REDONDO

Diámetro (mm)	Peso (kg/m)
40	9,86
50	15,41
60	22,20
70	30,21
80	39,46
90	49,94
100	61,65
110	74,60
120	88,78

PERFORADO

Diámetro exterior x diámetro interior (pulg)	Peso (kg/m)
3 x 2 3/4	5,7
3 1/2 x 2 3/4	18,5
3 1/2 x 3	12,8
4 x 3	27,7
4 x 3 1/2	14,8
4 1/2 x 4	16,8

Hierro Gris

► VERSA-BAR FC-200 - Hierro gris perlítico/ferrítico

► Descripción

VERSA-BAR FC-200 es un hierro gris cuya característica principal es su excelente maquinabilidad, esto aumenta la velocidad de corte y reduce el desgaste prematuro de las herramientas. Esta especificación es similar a la ASTM A48 Clase 30.

► Microestructura

La microestructura típica de VERSA-BAR FC-200 presenta grafito en forma laminar, forma VII, tipo A, tamaño 3 - 6 según la norma ASTM A247. La matriz es predominantemente perlítica con un 5% a 20% de ferrita. La periferia está compuesta de grafito tipo D, tamaño 6 - 8 y matriz esencialmente ferrítica con un 5% máximo de carburos dispersos. (Figuras 6 y 7).



Figura 6 - Microestructura típica en el núcleo (VERSA-BAR FC-200)

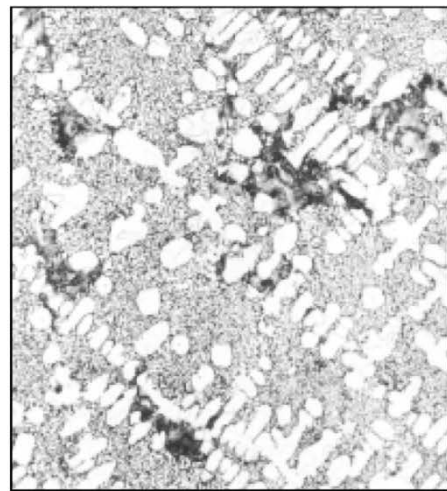


Figura 7 - Microestructura típica en la periferia (VERSA-BAR FC-200)

► Propiedades mecánicas

Los valores mínimos de dureza y límite de resistencia a la tracción de VERSA-BAR FC-200 se especifican en la Tabla 2 y se refieren a resultados encontrados en muestras de pruebas tomadas de la sección radial media de la barra.

Dimensión		Dureza	Fuerza de elasticidad (min.)	
(pulgada)	(mm)		(BHN)	(Psi)
hasta - 1.000	hasta - 25.4	163 - 229	30,000	207
1.001 - 1.750	25.4 - 44.4	163 - 229	28,500	197
1.751 - 2.500	44.4 - 63.5	163 - 229	27,000	186
2.501 - 3.125	63.5 - 79.4	163 - 229	25,500	176
3.126 - 3.625	79.4 - 92.0	163 - 229	24,000	166
3.626 - 4.375	92.1 - 111.1	163 - 229	22,500	155
4.376 - 5.000	111.1 - 127.0	163 - 229	21,000	145
5.001 - 5.750	127.0 - 146.0	163 - 229	19,500	135
5.751 - 10.000	146.0 - 254.0	163 - 229	18,000	124

Tabla 2 - Dureza y Limite de resistencia a la tracción de VERSA-BAR FC-200

► Composición química

La composición química general para VERSA-BAR FC-200, se muestra en la Tabla 3, las propiedades mecánicas dependen de la composición química. El análisis químico se refiere a muestras tomadas del horno de fusión y podrán variar ligeramente cuando son comparadas con la composición química de la pieza.

Elemento	%
C ¹	2.0 - 3.70
Si	2.30 - 2.70
Mn	0.40 - 0.80
S	0.20 máx.
P	0.10 máx.

Nota 1: Los rangos del carbono son especificados a cada grupo de medidas para controlar el tipo y tamaño de las laminas de grafito. La variación dentro del mismo es de aproximadamente un 0,20%.

Tabla 3 – Composición Química de VERSA-BAR FC-200

► Tratamiento térmico

VERSA-BAR FC-200 puede tratarse en aceite para aumentar la dureza en la periferia, aumentando así la resistencia al desgaste. Otro tratamiento térmico usual es el recocido, usado para reducir la dureza, y mejorar el mecanizado. Para tratamientos térmicos específicos, póngase en contacto con nuestro equipo de soporte técnico.

Fuente: Catálogo VERSA-BAR FC-200 - Hierro gris perlítico/ferrítico

ANEXO 7 DATOS TÉCNICOS DEL BRONCE AL ALUMINIO



Room Temp Tensile & Hardness Data

CASTING PROCESS	TEMPER	TENSILE (KSI) MIN	YIELD (KSI) MIN	ELONGATION IN HD MIN	BRINELL (5000 KG)
CENTRIFUGAL	AS CAST	75	30	12	150
	HEAT TREATED	90	45	6	190
CONTINUOUS	AS CAST	85	32	12	170
	HEAT TREATED	95	45	10	220

Chemical Composition

	Cu	Al	Fe	Mn	Ni ⁽¹⁾
min/max	83.0 min	10.0-11.5	3.0-5.0	.50	1.5
nominal	83.2	10.8	4.0	-	-

(1) Ni value includes Co.
NOTE: Cu +(sum of named elements) = 99.5% min.



Physical Properties

Melting Point - Liquidus	1900 F
Melting Point - Solidus	1880 F
Density	0.269 lb/in ³ at 68 F
Specific Gravity	7.45
Electrical Resistivity	80.2 ohms-cmil/ft @ 68 F
Electrical Conductivity	13 %IACS @ 68 F
Thermal Conductivity	33.9 Btu · ft/(hr · ft ² ·°F) at 68F
Coefficient of Thermal Expansion	9.0 · 10 ⁻⁴ per °F (68-572 F)
Specific Heat Capacity	0.1 Btu/lb/°F at 68 F
Modulus of Elasticity in Tension	15500 ksi
Machinability Rating	60%



Fuente: catálogo de aceros NBMMETALS

ANEXO 7.1 DATOS TÉCNICOS DEL BRONCE AL ALUMINIO SEGÚN ASM METALHANDBOOK

C95400 (85Cu-4Fe-11Al) and C95410

Commercial Names

Cu + sum of named elements. 99.5 min

Trade name. Ampco C3

Consequence of exceeding impurity limits. Possible hot shortness, reduced casting soundness, embrittlement and loss of heat treating response

Common names. Aluminum bronze 9C; G5; 85-4-11

Specifications

Applications

ASME. Sand castings: SB148

Typical uses. Pump impellers, bearings, gears, worms, bushings, valve seats and guides, rolling mill slippers, slides, nonsparking hardware

ASTM. Sand castings: B 148; centrifugal castings: B 271; continuous castings: B 505; ingots: B 30

Precautions in use. Not suitable for use in oxidizing acids. Prolonged heating in the 320 to 565 °C (610 to 1050 °F) range can result in loss of ductility and notch toughness.

Government. QQ-C-390. Sand castings, MIL-C-22229 (composition 6); investment castings, MIL-C-15345 (Alloy 13); centrifugal castings, MIL-C-22087 (composition 8)

Mechanical Properties

Ingot identification number 415

Tensile properties. Minimum values. As cast: tensile strength, 515 MPa (75 ksi); yield strength, 205 MPa (30 ksi); elongation, 12% in 50 mm (2 in.); reduction in area, 12%. TQ50 temper: tensile strength, 620 MPa (90 ksi); yield strength, 310 MPa (45 ksi); elongation, 6% in 50 mm (2 in.), reduction in area, 6%. See also Fig. 46.

Chemical Composition

Composition limits of C95400. 83 min Cu, 10.0 to 11.5 Al, 3.0 to 5.0 Fe, 0.50 Mn max, 2.5 Ni max (+ Co), 0.5 max other (total)

Composition limits of C95410. 83.0 Cu min, 3.0 to 5.0 Fe, 1.5 to 2.5 Ni (including Co), 10.0 to 11.5 Al, 0.50 Mn max

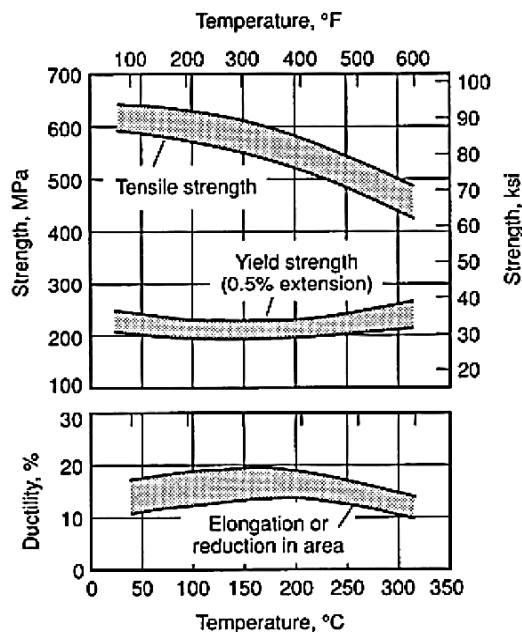


Fig. 46 Typical short-time tensile properties of C95400, as-cast

Compressive properties. Compressive strength, ultimate: as-cast, 940 MPa (136 ksi); TQ50 temper, 1070 MPa (155)

Hardness. As-cast, 83 HRB; TQ50 temper; 94 HRB

Poisson's ratio. 0.316

Elastic modulus. Tension, 110 GPa (16×10^6 psi); shear, 41 GPa (6.1×10^6 psi)

Impact strength. As-cast: Charpy keyhole, 15 J (11 ft · lbf); Izod, 22 J (16 ft · lbf) at 20 °C (68 °F). TQ50

temper: Charpy keyhole, 9 J (7 ft · lbf); Izod, 15 J (11 ft · lbf) at 20 °C (68 °F)

Fatigue strength. Reverse bending, 240 MPa (35 ksi) at 10^8 cycles (TQ50 temper)

Creep-rupture characteristics. Limiting creep stress at a strain rate of $10^{-3}\%/h$: 115 MPa (17 ksi) at 230 °C (450 °F); 51 MPa (7.4 ksi) at 315 °C (600 °F); 30 MPa (4.4 ksi) at 370 °C (700 °F); 20 MPa (2.9 ksi) at 425 °C (800 °F). See also Fig. 47.

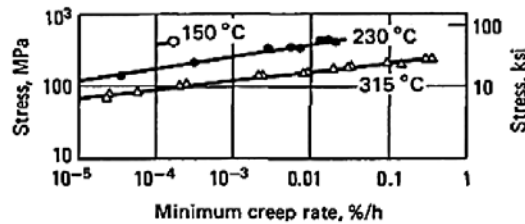


Fig. 47 Typical creep properties of C95400, as-cast

cture

Crystal structure. Alpha, face-centered cubic; beta, close-packed hexagonal

Microstructure. As-cast and annealed material normally consists of approximately 50% alpha and 50% metastable beta. Under some conditions, eutectoid decomposition may produce an alpha-gamma-2 structure instead of the beta phase. Quenched-and-tempered structures consist of fine acicular alpha crystals in a tempered beta matrix.

Mass Characteristics

Density. 7.45 g/cm³ (0.269 lb/in.³) at 20 °C (68 °F)

Patternmaker's shrinkage. 1.6%

Thermal Properties

Liquidus temperature. 1040 °C (1900 °F)

Solidus temperature. 1025 °C (1880 °F)

Coefficient of linear thermal expansion. 16.2 $\mu\text{m}/\text{m} \cdot \text{K}$ (9.0 $\mu\text{in.}/\text{in.} \cdot ^\circ\text{F}$) at 20 to 300 °C (68 to 572 °F)

Specific heat. 420 J/kg · K (0.10 Btu/lb · °F) at 20 °C (68 °F)

Thermal conductivity. 59 W/m · K (34 Btu/ft · h · °F) at 20 °C (68 °F); temperature coefficient, 0.117 W/m · K per K at 20 °C (68 °F)

Electrical Properties

Electrical conductivity. Volumetric, 13% IACS at 20 °C (68 °F)

Electrical resistivity. 133 n Ω · m at 20 °C (68 °F)

Magnetic Properties

Magnetic permeability. As-cast, 1.27 at field strength of 16 kA/m; TQ50 temper, 1.20 at field strength of 16 kA/m

Chemical Properties

General corrosion behavior. C95400 has fair resistance to attack by nonoxidizing solutions of mineral acids such as sulfuric and phosphoric, as well as to neutral salts such as sodium chloride. The alloy also resists acetic, lactic, and oxalic acids; organic solvents such as esters and ethers; and seawater, brackish water, and potable waters. In some environments, C95400 can undergo dealloying caused by corrosive attack on the beta phase. Heat treatment improves resistance to dealloying. Moist ammonia environments may cause stress-corrosion cracking under high levels of applied stress.

Fabrication Characteristics

Machinability. 60% of C36000 (free-cutting brass.) C95400, in either as-cast or TQ50 temper, is easily machined by all standard operations using high-strength tool steel or carbide cutters. Typical conditions using tool steel cutters: roughening speed, 90 m/min (300 ft/min) at a feed of 0.34 mm/rev (0.011 in./rev); finishing speed, 290 m/min (950 ft/min) at a feed of 0.1 mm/rev (0.004 in./rev)

Annealing temperature. 620 °C (1150 °F)

Fuente: ASM Metals Handbook, Vol 02-Propiedades y Selección Aleaciones no Ferrosas y materiales de propósito especial pag.1257-1259

ANEXO 8 DATOS TÉCNICOS DEL BRONCE DULCE (LATÓN)

BARRAS Y PERFILES DE LATÓN

Composición Química

Especificaciones ASTM/CDA	Nº Aleación CECIL	Elementos %				
		Cu	Pb	Fe (máx.)	Sn (máx.)	Zn
C 36000	360	60 - 63	2,5 - 3,7	0,35	0,30	Resto
C 37500	375(Latón p/ llaves)	58 - 61	1,2 - 2,1	0,15	0,15	Resto
C 37700	377	58 - 61	1,5 - 2,5	0,30	0,30	Resto
C 38000	380	55 - 60	1,5 - 2,5	0,35	0,30	Resto
C 38500	385	55 - 59	2,5 - 3,5	0,35	0,20	Resto

Propiedades Mecánicas

Especificaciones ASTM/CDA	Nº Aleación CECIL	Temple	Dureza HRB	Límite de Resistencia (kgf/mm ²)	Límite de Deformación Plástica/Elástica (kgf/mm ²)	Alargamiento en 50mm (%)
C 36000	360	1/2 Duro	60 - 80	35	14	7
C 37500	375(Latón p/ llaves)	1/2 Duro	54 - 74	—	—	—
C 37700	377	1/2 Duro	60 - 80	28	10	4
C 38000	380	1/2 Duro	65 - 85	38	16	15
C 38500	385	1/2 Duro	65 - 85	35	14	3

Propiedades Físicas

Especificaciones ASTM/CDA	Nº Aleación CECIL	Densidad a 20°C (g/cm ³)	Conductividad Térmica a 20°C (cal/cm ² /cm seg/°C)	Conductividad Eléctrica a 20°C (% IACS)	Torneabilidad (ref. aleación 360)
C 36000	360	8,50	0,28	26	100
C 37500	375(Latón p/ llaves)	8,44	0,28	28	80
C 37700	377	8,44	0,28	27	80
C 38000	380	8,47	0,29	28	80
C 38500	385	8,47	0,29	28	90

Principales Aplicaciones

Fabricación de componentes de alta precisión, por forja o extrusión, llaves prensadas o torneadas.

Los datos anteriores son referenciales, basados en las normas técnicas ASTM/CDA
Para obtener informaciones adicionales consulte nuestro Sector de Ventas.

Fuente: ASM Metals HandBook, Vol 02-Propiedades y Selección
Aleaciones no Ferrosas y materiales de propósito especial pag.1057

ANEXO 8.1 DATOS TÉCNICOS DEL BRONCE DULCE (LATÓN) SEGÚN ASM METALHANDBOOK

ASTM. Shapes: B 455

Chemical Composition

Composition limits. 55.0 to 60.0 Cu, 2.0 to 3.8 Pb, 0.35 Fe max, 0.5 max other (total), bal Zn

Applications

Typical uses. Architectural: extrusions, storefronts, threshold, and trim. Hardware: butts, hinges, and lock bodies. Industrial: forgings

Mechanical Properties

Tensile properties. M30 temper: tensile strength, 415 MPa (60 ksi); yield strength (0.5% extension), 140 MPa (20 ksi); elongation, 30% in 50 mm (2 in.)

Shear strength. M30 temper: 240 MPa (35 ksi)

Hardness. M30 temper: 65 HRB

Elastic modulus. Tension, 97 GPa (14×10^6 psi); shear, 37 GPa (5.3×10^6 psi)

Mass Characteristics

Density. 8.47 g/cm³ (0.306 lb/in.³) at 20 °C (68 °F)

Coefficient of linear thermal expansion. 20.9 $\mu\text{m}/\text{m} \cdot \text{K}$ (11.6 $\mu\text{in.}/\text{in.} \cdot ^\circ\text{F}$) at 20 to 300 °C (68 to 572 °F)

Specific heat. 380 J/kg · K (0.09 Btu/lb · °F) at 20 °C (68 °F)

Thermal conductivity. 123 W/m · K (71 Btu/ft · h · °F) at 20 °C (68 °F)

Electrical Properties

Electrical conductivity. Volumetric, O61 temper: 28% IACS at 20 °C (68 °F)

Electric resistivity. 62 n Ω · m at 20 °C (68 °F)

Fabrication Characteristics

Machinability. 90% of C36000 (free-cutting brass)

Formability. Cold working, poor; hot forming, excellent

Weldability. Soldering: excellent. Brazing: good. Resistance butt welding: fair. All other welding processes are not recommended.

Annealing temperature. 425 to 600 °C (800 to 1100 °F)

Hot-working temperature. 625 to 725 °C (1150 to 1350 °F)

Fuente: ASM Metals HandBook, Vol 02-Propiedades y Selección Aleaciones no Ferrosas y materiales de propósito especial pag.1057

ANEXO 9 DATOS TÉCNICOS DEL BRONCE FOSFÓRICO

 PROMECOL LTDA.		<h1 style="margin: 0;">SAE 65</h1> <h2 style="margin: 0;">BRONCE FOSFORADO</h2>									
COMPOSICIÓN QUÍMICA	Cu	Al	Sb	Fe	Pb	Ni	P	Si	S	Sn	Zn
	88.0/90.0	0.005	0.20	0.15	0.50	0.50	0.30	0.005	0.05	10.0/12.0	0.50
PROPIEDADES MECÁNICAS											
PARA FUNDICIÓN EN GENERAL											
Resistencia a la tracción	44.000 P.S.I. (305 MPA)										
Resistencia a la deformación permanente	22.000 P.S.I. (205 MPA)										
Elongación	20 % en 2"										
PARA FUNDICIÓN EN MOLDES PERMANENTES											
Resistencia a la tracción	55.000 P.S.I. (380 MPA)										
Resistencia a la deformación permanente	30.000 P.S.I. (205 MPA)										
Elongación	20 % en 2" - 16 % en 2"										
Resistencia a la fatiga	Ciclos continuos 25.000 P.S.I. (170 MPA) para 10 ciclos										
Módulo elástico	Tensión 15 x 10 P.S.I. (105 Gpa)										
Durezas	Fundiciones en arena 80 HB / Fundiciones en moldes permanentes 102 HB										
Cambio de volumen al enfriamiento	1.6%										
Densidad	8.77 g/cc A 20 °C										

CARACTERÍSTICAS:

Piezas antifricción, cuerpo de válvulas, caja de engranaje, velocidades reducidas, piñones, piezas antifricción para carga pesada y velocidades relativamente bajas, ruedas dentadas, reductores de velocidad, chumaceras..

OBSERVACIONES:

Soldura blanda o blanca T ≤ 450°C: Excelente/ soldadura con aleación Cu + Zn Sn: Excelente / soldadura oxiacetilénica: Deficiente/ Soldadura con arco protegida con gas: Deficiente / Soldadura con arco con electrodo metálico: Deficiente / Rata de maquinabilidad: 20. macizo:1/2" a 4"

MACIZO	1/2" a 4"
---------------	-----------



Fuente: Catalogo PROMECOL LTDA.SAE65 Bronce Fosforado

ANEXO 9.1 DATOS TÉCNICOS DEL BRONCE FOSFÓRICO SEGÚN ASM METALHANDBOOK

C90700

89Cu-11Sn

Commercial Names

Common name. Tin bronze, 65; Phosphor gear bronze

Specifications

ASTM Continuous castings: B 505; ingot: B 30

Ingot identification number. 205

Chemical Composition

Composition limits. 88.0 to 90.0 Cu, 10.0 to 12.0 Sn, 0.15 Fe max, 0.1 to 0.3 P, 0.005 Al max, 0.30 Pb max, 0.50 Zn max, Pb + Zn + Ni, 1.0 max

Consequence of exceeding impurity limits. Ductility decreases rapidly with tin contents over 12%, with 13% a practical limit for gear applications.

Applications

Typical uses. Worm wheels and gears; bearings expected to carry heavy loads at relatively low speeds

Mechanical Properties

Tensile Properties. Typical. Sand castings: tensile strength, 305 MPa (44 ksi); yield strength, 150 MPa (22 ksi); elongation, 20% in 50 mm (2 in.). Permanent mold castings: tensile strength, 380 MPa (55 ksi); yield strength, 205 MPa (30 ksi); elongation, 16% in 50 mm or 2 in.

Hardness. Sand castings, 80 HB; permanent mold castings, 102 HB

Elastic modulus. Tension, 105 GPa (15×10^6 psi)

Fatigue strength. Rotating beam, 170 MPa (25 ksi) at 10^8 cycles

Mass Characteristics

Density. 8.77 g/cm³ (0.317 lb/in.³) at 20 °C (68 °F)

Volume change on freezing. 1.6%

Thermal Properties

Liquidus temperature. 1000 °C (1830 °F)

Solidus temperature. 832 °C (1530 °F)

Coefficient of linear thermal expansion. 18 $\mu\text{m}/\text{m} \cdot \text{K}$ (10 $\mu\text{in.}/\text{in.} \cdot ^\circ\text{F}$) at 20 to 200 °C (68 to 392 °F)

Specific heat. 376 J/kg $\cdot \text{K}$ (0.09 Btu/lb $\cdot ^\circ\text{F}$) at 20 °C (68 °F)

Thermal conductivity. 71 W/m $\cdot \text{K}$ (41 Btu/ft $\cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{F}$)

Electrical Properties

Electrical conductivity. Volumetric, 9.6% IACS at 20 °C (68 °F)

Electrical resistivity. 15 n $\Omega \cdot \text{m}$ at 20 °C (68 °F)

Magnetic Properties

Magnetic permeability. 1.0

Fabrication Characteristics

Machinability. 20% of C36000 (free-cutting brass)

Fuente: ASM Metals HandBook, Vol 02-Propiedades y Selección Aleaciones no Ferrosas y materiales de propósito especial pag.1231

ANEXO 10. TABLA DE CONVERSIÓN DE DUREZAS IBCA

TABLA DE CONVERSIÓN DE DUREZAS

COMPARACIÓN APROXIMADA ENTRE DUREZA Y CARGA MÁXIMA A LA TRACCIÓN

HB BRINELL bola 10 mm 3000 Kg	HRA ROCKWELL A diamante 60 Kg	HRB ROCKWELL B bola 1/16 100 Kg	HRC ROCKWELL C diamante 150 Kg	HRD ROCKWELL D diamante 100 Kg	HRE ROCKWELL E bola 1/8 100 Kg	VICKERS	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Kg/mm ²
	85.6		68	76.9		940	
	84.5		66	75.4		865	
	83.4		64	73.8		800	
	82.3		62	72.2		746	
	81.2		60	70.7		697	
615	80.1		58	69.2		653	238.1
577	79.0		56	67.7		613	220.5
543	78.0		54	66.1		577	205.7
512	76.8		52	64.6		544	192.3
481	75.9		50	63.1		513	179.7
455	74.7		48	61.4		484	167.7
432	73.6		46	60.0		458	155.7
409	72.5		44	58.5		434	146.5
390	71.5		42	56.9		412	136.7
371	70.4		40	55.4		392	128.2
353	69.4		38	53.8		372	120.5
336	68.4		36	52.3		354	113.4
319	67.4		34	50.8		336	107.1
301	66.3		32	49.2		318	102.9
286	65.3		30	47.7		302	97.2
271	64.3		28	46.1		286	92.3
258	63.3		26	44.6		272	89.1
247	62.4		24	43.1		260	83.8
237	61.5	100	22	41.6		248	81.0
226	60.5	98	20	40.1		238	77.5
222	59.5	97				222	
210	58.3	95				210	
200	57.0	93				200	
190	55.8	91				190	
180	54.6	89				180	
172	53.4	87				172	
165	52.3	85				165	
159	51.1	83				159	
153	50.0	81				153	
147	48.9	79				147	
141	47.9	77				141	
137	46.8	75				137	
132	45.8	73				132	
127	44.8	71			100.0	127	
123	43.8	69			99.0	123	
119	42.8	67			97.5	119	
116	41.8	65			96.0	116	
112	40.9	63			95.0	112	
108	40.0	61			93.5	108	
106	39.0	59			92.5	106	
103	38.1	57			91.0	103	
100	37.2	55			90.0	100	
		53			89.0		
		51			87.5		
		49			86.5		
		47			85.0		
		45			84.0		
		43			82.5		
		41			81.5		

Fuente: Catalogo de aceros Ivan Bohman IBCA

ANEXO 11 Distribución Chi Cuadrado X^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, ν = Grados de Libertad





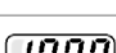
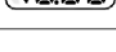

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

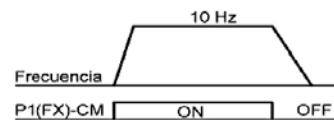
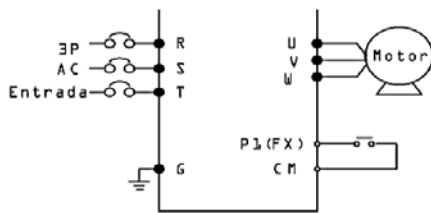
Fuente: http://sameens.dia.uned.es/Trabajos13/Trab_Publicos/Trab_5/Viton_Asenjo_5/files/tablaschi.pdf

ANEXO 12. ESPECIFICACIONES VARIADOR DE FRECUENCIA PARA CALIBRAR LAS RPM DEL MOTOR

4.7 Definición de la frecuencia y operación básica

Precaución: Las siguientes instrucciones asumen que todos los parámetros están definidos en los valores por defecto de fábrica. Los resultados podrían ser distintos si los valores fueron modificados. En tal caso inicialice (ver página 8-42) a los valores por defecto de fábrica y siga las instrucciones.

● Definición de la frecuencia con el teclado y los bornes		
1		- Conecte la alimentación de CA al variador.
2		- Cuando aparezca 0.00 pulse la tecla Intro (●) una vez.
3		- Se ilumina el segundo dígito en 0.00, como se muestra a la izquierda. - Pulse la tecla Izquierda (◀) tres veces.
4		- Se visualiza 00.00 y el primer 0 está encendido. - Pulse la tecla Subir (▲).
5		- Se define en 10.00. Pulse la tecla Intro (●) una vez. - El valor 10.00 parpadea. Pulse la tecla Intro (●) una vez.
6		- La frecuencia de funcionamiento se define en 10.00Hz cuando deja de parpadear. - Conecte el interruptor entre los bornes P1 (FX) y CM.
7		- La luz RUN comienza a parpadear con el indicador FWD (Avance) encendido y se visualiza la frecuencia de aceleración en el visor de LED. - Se visualiza 10.00 al alcanzarse la frecuencia de funcionamiento requerida de 10Hz. - Desconecte el interruptor entre los bornes P1 (FX) y CM.
8		- La luz RUN comienza a parpadear y se visualiza la frecuencia de desaceleración en el visor de LED. - La luz RUN y FWD se apagan y se visualiza 10.00 al alcanzarse la frecuencia de funcionamiento de 0Hz.



MODELO DEL VARIADOR DE 1 Hp

SV008iG5A-2

INPUT	200-230V	3 Phase
	6.6A	50/60Hz
OUTPUT	0-Input V	3 Phase
	5.0A	0.1-400Hz
	1.9KVA (D)	



05050300557


Made in KOREA

Fuente: <http://www.insysacorp.com/productosCat.php?id=1>

ANEXO 13 DIFERENTES TABLAS DE VALORES DEL COEFICIENTE DE FRICCION SEGÚN VARIOS AUTORES

Table 6.1 Wear Coefficient Table of Holm (1946)

Combination	Environment	Wear Coefficient <i>k</i>
Steel on steel	?	126×10^{-4}
Iron on iron	Dry air	90
Iron on iron	Dry air at 200°C	270
Iron on iron	Damp air	0.6
Iron on white metal	Dry air	1.2
Iron on white metal	Damp air	1.0
Steel on cast iron	Lubricated	0.6
Iron on iron	Lubricated	0.2

Table 6.2 Wear Coefficient Table of Archard (1953)

Combination, Unlubricated Surfaces	<i>k</i> (for Transfer)
Cadmium on cadmium	57×10^{-4}
Zinc on zinc	530
Silver on silver	40
Copper on copper	110
Platinum on platinum	130
Mild steel on mild steel	150
Stainless steel on stainless steel	70
Cadmium on mild steel	0.3
Copper on mild steel	5
Platinum on mild steel	5
Mild steel on copper	1.7
Platinum on silver	0.3

Table 6.3 Wear Coefficient Table of Hirst (1957)

Combination	Wear Coefficient <i>k</i>
Low carbon steel on low carbon steel	70×10^{-4}
60/40 brass on tool steel	6
Teflon on tool steel	0.25
70/30 brass on tool steel	1.7
Lucite on tool steel	0.07
Molded bakelite on tool steel	0.024
Silver steel on tool steel	0.6
Beryllium copper on tool steel	0.37
Tool steel on tool steel	1.3
Stellite #1 on tool steel	0.55
Ferritic stainless steel on tool steel	0.17
Laminated bakelite on tool steel	0.0067
Tungsten carbide on low carbon steel	0.04
Polyethylene on tool steel	0.0013
Tungsten carbide on tungsten carbide	0.01

Table 6.4 Wear Coefficients for Nonmetals

	Nonmetal on Nonmetal Identical	Nonmetal on Like Nonmetal	Nonmetal on Unlike Material	Layer-lattice Nonmetal on Unlike Material
Unlubricated	6×10^{-6}	3×10^{-6}	1.5×10^{-6}	5×10^{-7}
Poor lubricant	2×10^{-6}	10^{-6}	5×10^{-7}	2×10^{-7}
Good lubricant	10^{-6}	4×10^{-7}	2×10^{-7}	10^{-7}
Excellent lubrication	5×10^{-7}	2×10^{-7}	10^{-7}	3×10^{-8}
Examples	Nylon against nylon	Nylon against polyethylene	Nylon against steel	Molybdenum disulfide against copper
	Alumina against alumina	Alumina against zirconia	Alumina against silicon carbon	Graphite-silver composite against nickel
	SiC against SiC	SiC against WC	Teflon against silicon nitride	

Table 6.5 Wear Coefficients for Metals

	Metal on Metal		Partially Compatib ¹	Incompatible
	Identical	Compatible	Partially Incompatib ²	
Unlubricated	1500×10^{-6}	500×10^{-6}	100×10^{-6}	15×10^{-6}
Poor lubricant	300	100	20	3
Good lubricant	30	10	2	0.3
Excellent lubrication	1	0.3	0.1	0.03

^aIf one of the materials is an alloy containing a soft constituent, see Alloys with Soft Components.

^bIf one of the materials contains a solid lubricant as constituent, see Self-lubricating Metal Composites.

^cIf one of the materials is a hexagonal metal, see Materials with Exceptional Wear Properties: Hexagonal Metals.

^dIf the wear coefficient for transfer is required, see Wear Coefficient for Metal Transfer.

^eIf the surfaces are undergoing sliding action of small amplitude (fretting), see Fretting.

^fIf one or both of the materials is nonmetallic, see Nonmetallic Materials.

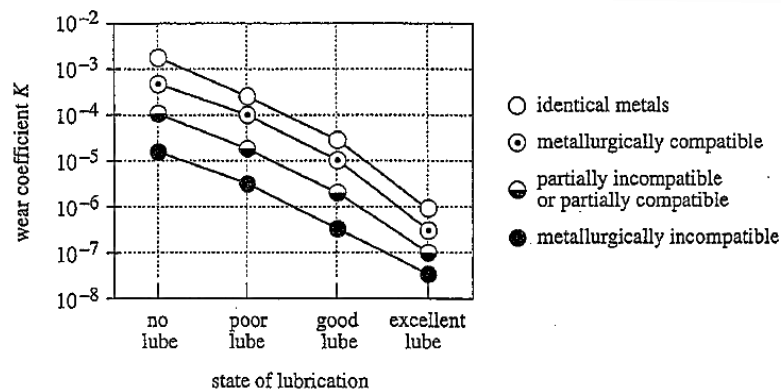


FIGURE 7-7

Adhesion-Wear Coefficient as a Function of Compatibility and Lubrication (Adapted from Figure 11, p. 495, E. Rabinowicz, "Wear Coefficients—Metals," in *Wear Control Handbook*, M. B. Peterson and W. O. Winer, ed., ASME, New York, 1980, with permission)

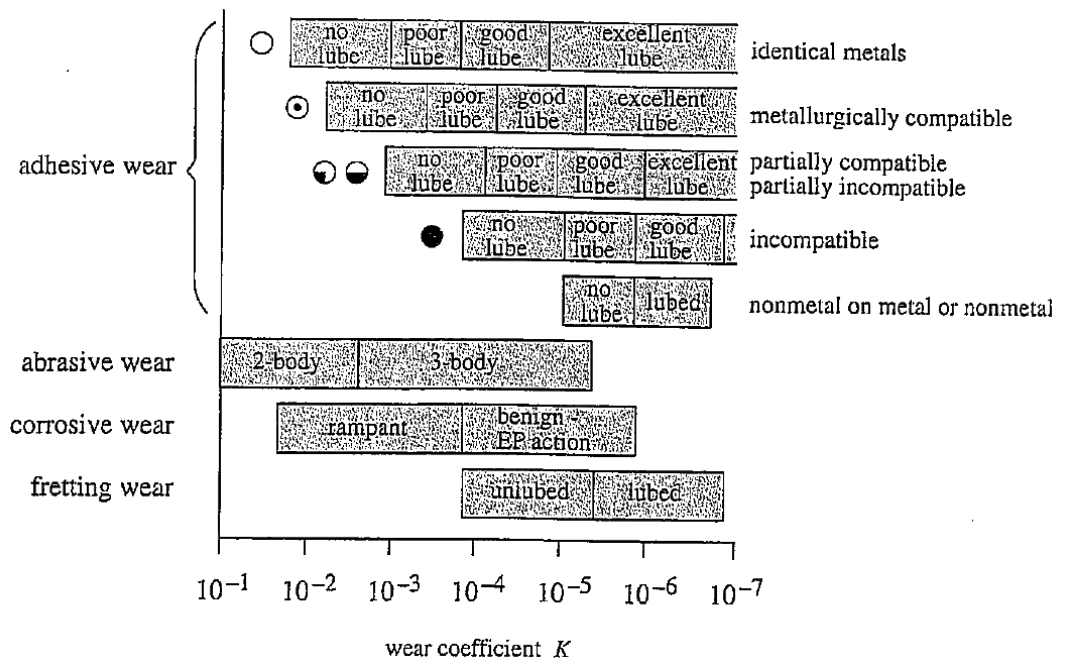




FIGURE 7-8

Wear Coefficients for Various Sliding Situations Source: E. Rabinowicz, "Wear Coefficients—Metals," in *Wear Control Handbook*, M. B. Peterson and W. O. Winer, ed., ASME, New York, 1980

ANEXO 14 FORMATOS PARA EL ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>					
<p>ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL _____, SOBRE EL _____</p>						
<p>Datos Informativos:</p>						
<p>Centro de Estudio y Análisis:</p>		<p>Laboratorio de Metalografía de Materiales - F.I.C.M</p>				
<p>Tipo de estudio:</p>	<p>De laboratorio</p>	<p>Ensayo N°</p>				
<p>Solicitado por:</p>		<p>Realizado por:</p>				
<p>Supervisado por:</p>		<p>Fecha Inicio:</p>				
<p>Normas Aplicables:</p>	<p>ASTM G83-96</p>	<p>Fecha Finalización:</p>				
<p>PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ASTM G83-96</p>						
<p>Procedimiento: "___"</p>	<p align="center">Fuerza Aplicada</p>			<p>Revoluciones (rev)</p>	<p>Velocidad (rpm)</p>	<p>Tiempo (min)</p>
	<p>(N)</p>	<p>(Kgf)</p>	<p>(lb)</p>			
	<p>71.2</p>	<p>7.26</p>	<p>16</p>			
	<p align="center">Tolerancia 3%</p>			<p align="center">Tolerancia 2%</p>		
<p>Identificación del componente de estudio:</p>						
<p>Probeta Estática:</p>	<p>Material:</p>		<p>Designación :</p>			
	<p>Densidad:</p>		<p>gr/cm³</p>	<p>Dureza:</p>		<p>HRB</p>
	<p>Longitud:</p>		<p>mm</p>	<p>Diámetro:</p>		<p>mm</p>
	<p align="center">Resistencia a la Tracción</p>					<p>Kg/mm²</p>
<p>Probeta Móvil:</p>	<p>Material:</p>		<p>Designación :</p>			
	<p>Densidad:</p>		<p>gr/cm³</p>	<p>Dureza:</p>		<p>HRC</p>
	<p>Longitud:</p>		<p>mm</p>	<p>Diámetro:</p>		<p>mm</p>
	<p align="center">Resistencia a la Tracción</p>					<p>Kgf/mm²</p>
<p>Tipo de aparato:</p>			<p>Cilindros Cruzados</p>			
<p>Tipo de movimiento:</p>			<p>Deslizamiento simple</p>			
<p>Tipo de lubricación:</p>			<p>Seca (sin lubricación)</p>			
<p>Acondicionamiento de la superficie:</p>			<p>Pulido mecánico</p>			
<p>Rugosidad de la superficie:</p>			<p>Limpieza:</p>			
<p>Observaciones:</p>						
<p> </p>						

Fuente: Autor



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



OBTENCIÓN DE PESOS DE LAS PROBETAS DEL _____ SOBRE EL _____
PROCEDIMIENTO “ _____ ”

Lugar de realización	1				Facultad						
Temperatura ambiente del lugar				Flujo de aire del lugar:			Autorizado Por:				
Solicitado por:					Realizado Por:						
Procedimiento	" _____ "				Tamaño de la muestra:	6					
PESO INICIAL										Fecha:	
Probeta Estática	Material:					Probeta Móvil	Material:				
1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6
PESO FINAL										Fecha:	
Probeta Estática	Material:					Probeta Móvil	Material:				
1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6
Observaciones:											



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



ENSAYO DE DESGASTE ADHESIVO DEL _____ SOBRE EL _____, (PROCEDIMIENTO “___”)

Lugar de Realización:		Flujo de aire del medio:		Hz (Motor)							
T. ambiente del lugar:		Realizado por:		N° Ciclos							
Procedimiento "___"	Tamaño de la muestra 6	Probeta Estática	Material:	Probeta Móvil	Material:						
			Densidad:		gr/cm ³	Densidad:	gr/cm ³				
			Dureza:		Kg/mm ²	Dureza:	Kgf/mm ²				
PESO INICIAL											
Ensayo N° 1		Ensayo N° 2		Ensayo N° 3		Ensayo N° 4		Ensayo N° 5		Ensayo N° 6	
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
Fecha		Fecha		Fecha		Fecha		Fecha		Fecha	
Hora Inicio		Hora Inicio		Hora Inicio		Hora Inicio		Hora Inicio		Hora Inicio	
Hora Final		Hora Final		Hora Final		Hora Final		Hora Final		Hora Final	
Tiempo(x ⁻)		Tiempo(x ⁻)		Tiempo(x ⁻)		Tiempo(x ⁻)		Tiempo(x ⁻)		Tiempo(x ⁻)	
PESO FINAL											
P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil	P. Estática	P Móvil
				Pérdida de masa (gr)							
N° de Ensayo	Fuerza Real aplicada (Kgf)	Tiempo promedio (min)	Velocidad promedio (rpm)	Probeta Estática				Probeta Móvil			
				masa inicial	masa final	Desgaste (gr)	Vol. Mat	masa inicial	masa Final	Desgaste (gr)	Vol. Mat
				(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)	(mi)	(mo)	(Δm)	(mm ³)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
x Promedio(X̄)											
Observaciones:											



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL _____ SOBRE _____
(PROCEDIMIENTO “_”)**

Tamaño de la muestra: 6 **Método :** ASTM G83-96

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

Procedimiento " _ "	Fuerza Aplicada (Kgf)	Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)	
	7,3151						
Prueba N°	Probeta Estática	Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Volumen de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
1							
2							
3							
4							
5							
6							
Promedio(\bar{X})							
	R		Coefficiente de variación %				
	d ₂						
	s						
	v						

Observaciones:



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



**RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DESGASTE ADHESIVO DEL _____ SOBRE EL _____
(PROCEDIMIENTO "___")**

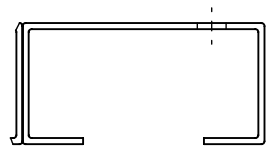
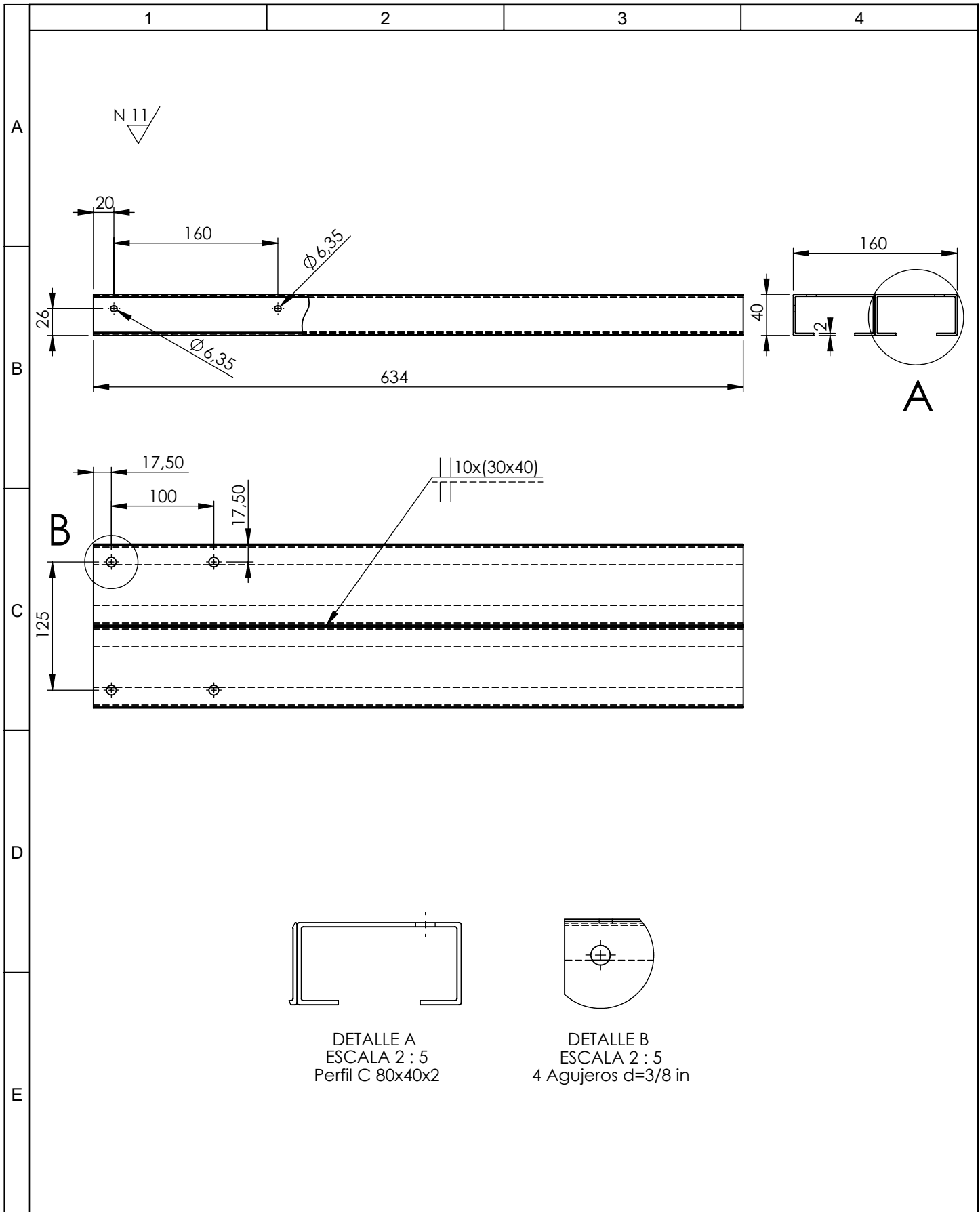
Tamaño de la muestra: _____ **6** **Método :** _____ **ASTM G83-96**

PARÁMETROS REALES, PARA EL ENSAYO DESGASTE ADHESIVO BAJO NORMA G83-96

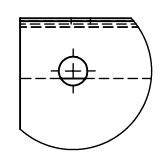
Procedimiento " _ "	Fuerza Aplicada (Kgf)		Revoluciones (rev)			Velocidad (rpm)	Tiempo estimado (min)
	7,3151						
Prueba N°	Probeta Móvil AISI 4340	Desgaste (mg)	Volumen de Material Perdido. V (mm ³)	Tiempo Total (min)	Distancia Deslizada L (mm)	Velocidad de Desgaste Vd. (mm ³ /min)	K Experimental
1							
2							
3							
4							
5							
6							
Promedio(\bar{X})							
	R		Coefficiente de variación %				
	d ₂						
	s						
	v						

Observaciones:

PLANOS

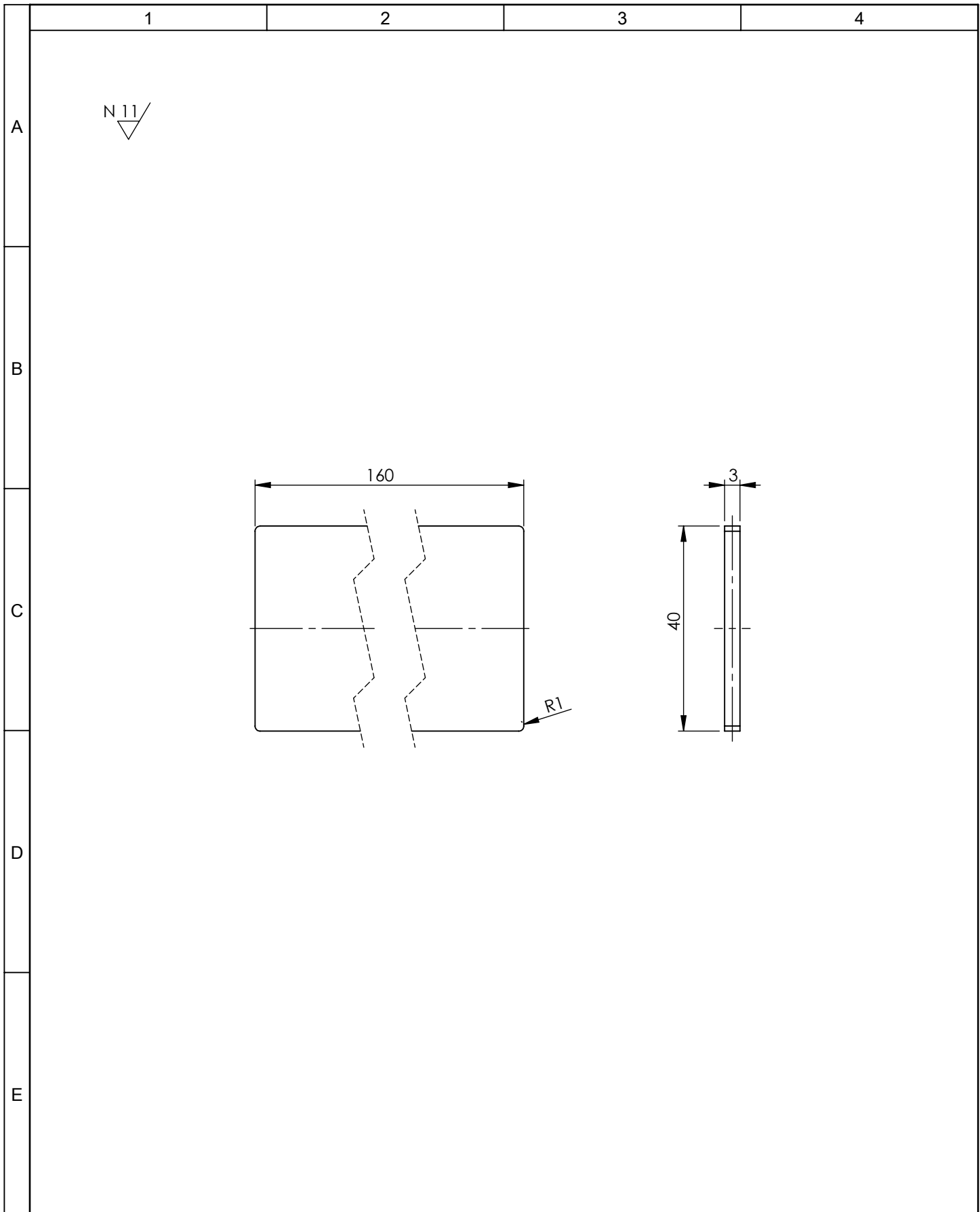


DETALLE A
ESCALA 2 : 5
Perfil C 80x40x2

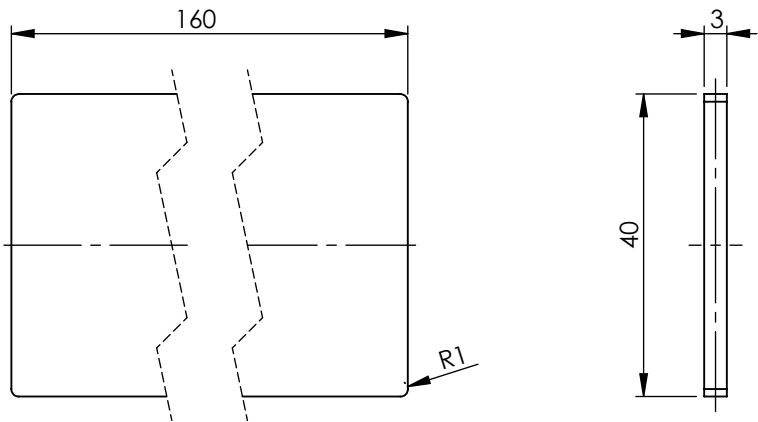


DETALLE B
ESCALA 2 : 5
4 Agujeros d=3/8 in

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	3817.78 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Base	Escala: 1:5
			Dib.	23/09/10	Zambonino N.		
			Rev.	29/09/10	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/09/10	Ing.Mg.Henry V.	Número del dibujo: 02 de 27	
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

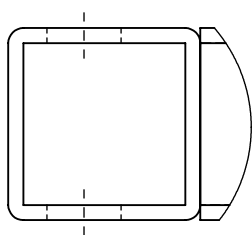
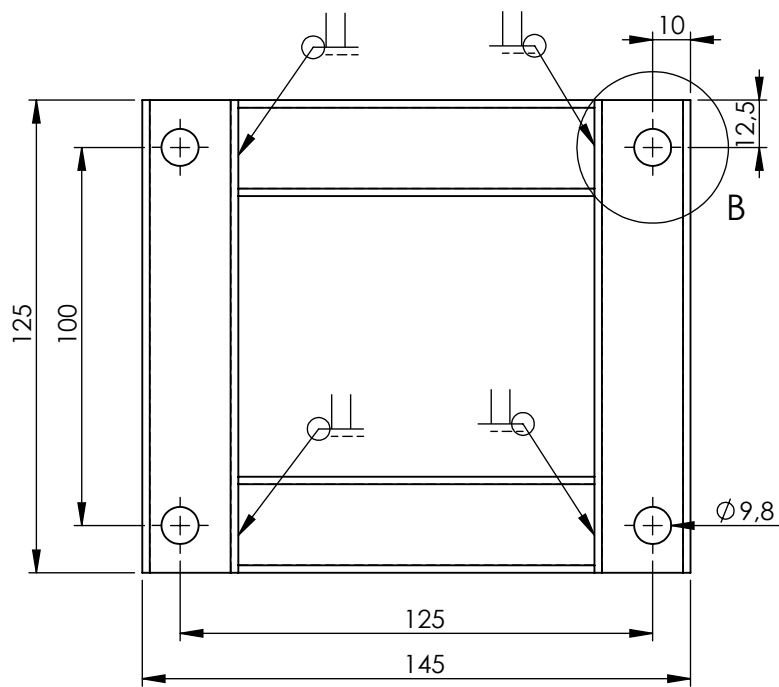
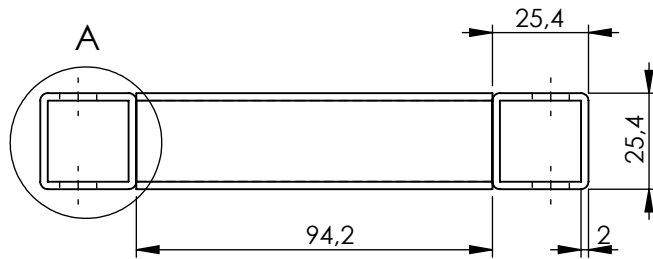


N 11 /

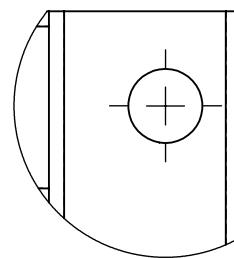


					Tolerancia $\pm 0,1$	(Peso) 150.70 gr	Materiales: ACERO ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación: Pletina Base	Escala: 1:1	
				Dib.	23/10/13	Zambonino N.			
				Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.			
					Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
					UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 03 de 27		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)		

N 11

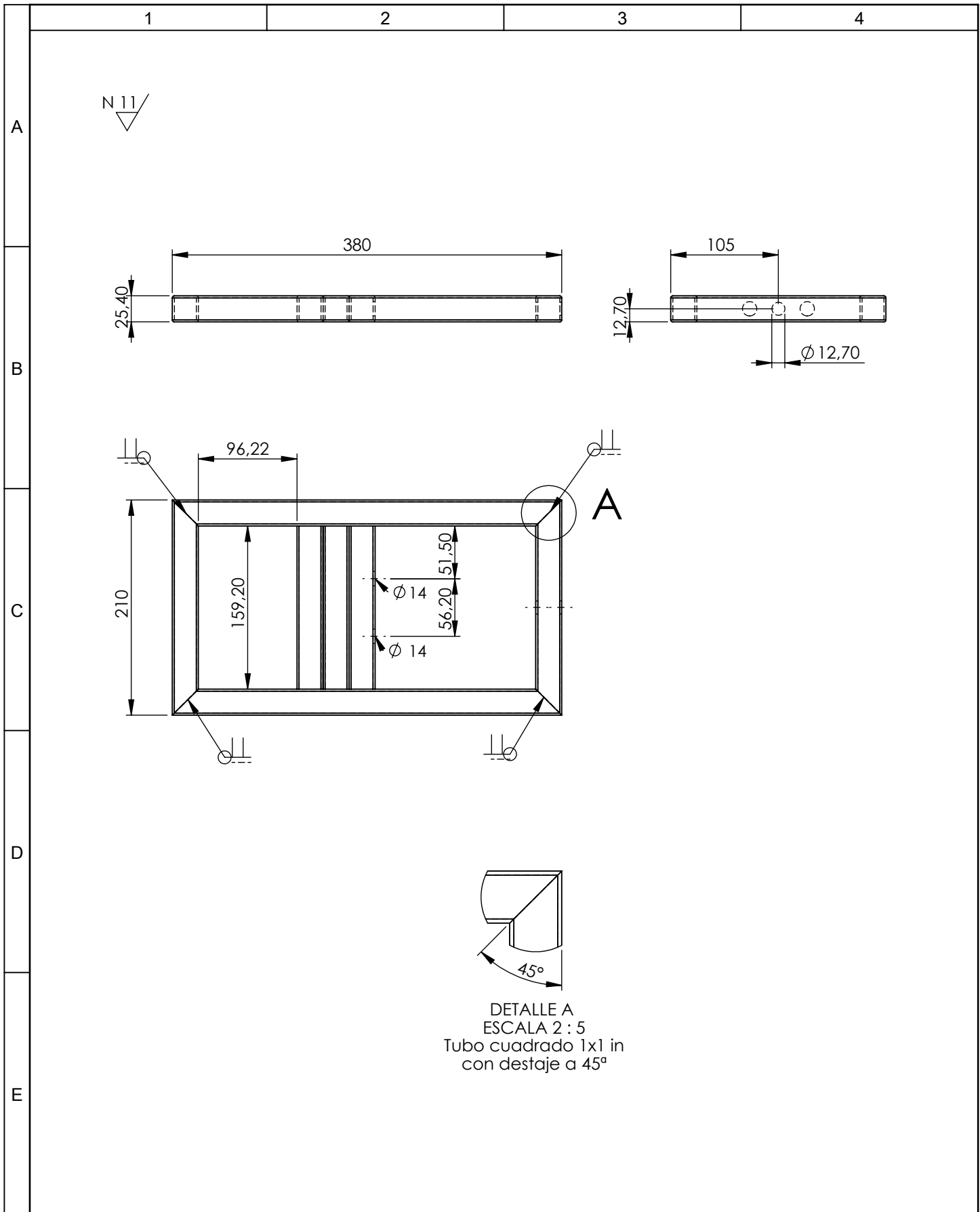


DETALLE A
ESCALA 1:1
Tubo cuadrado 1x1 in

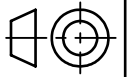


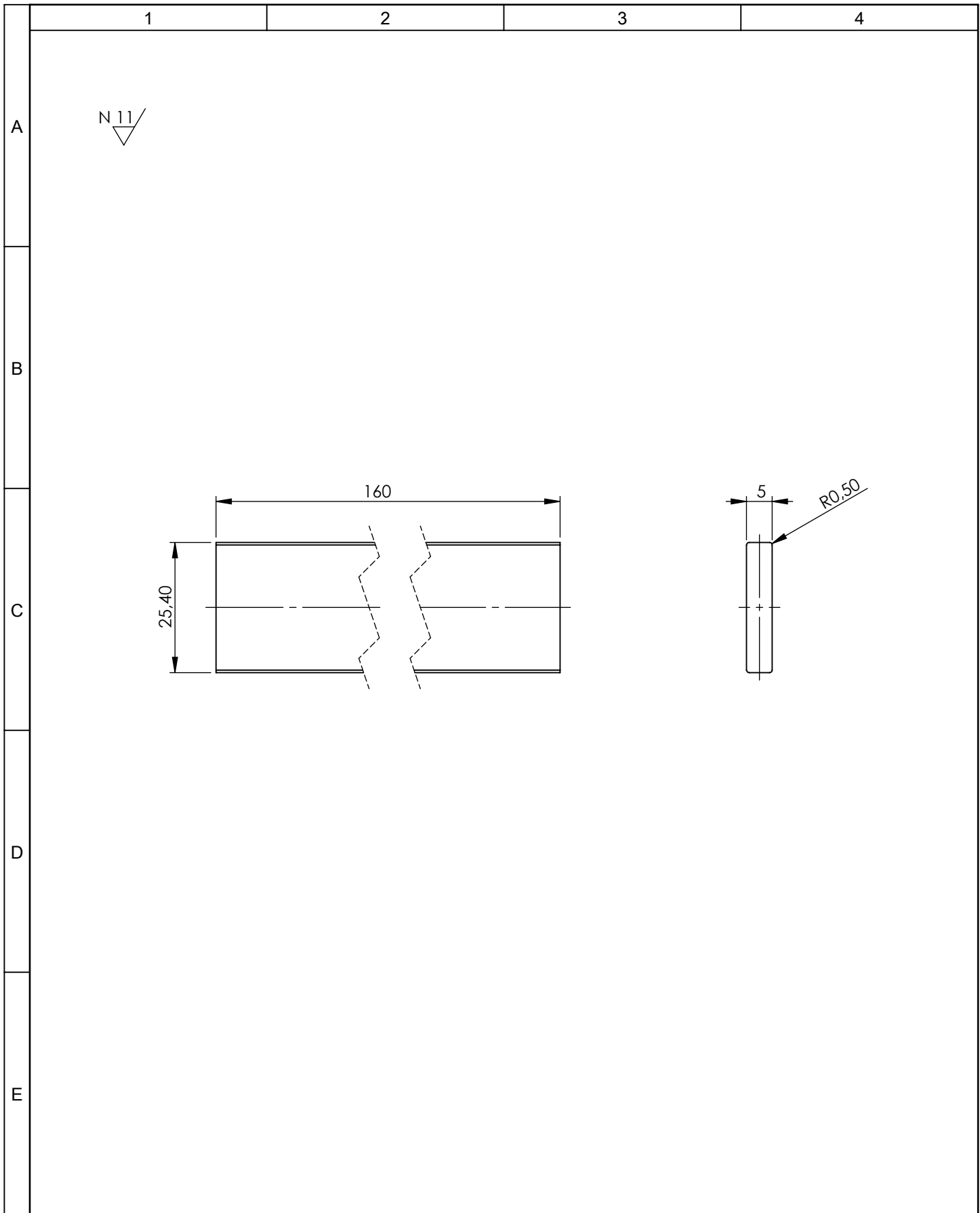
DETALLE B
ESCALA 1:1
4 Agujeros d=3/8 in

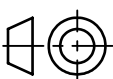
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO GALVANIZADO	
				±0,1	624.53 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Base del Motor	Escala: 1:2
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 04 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

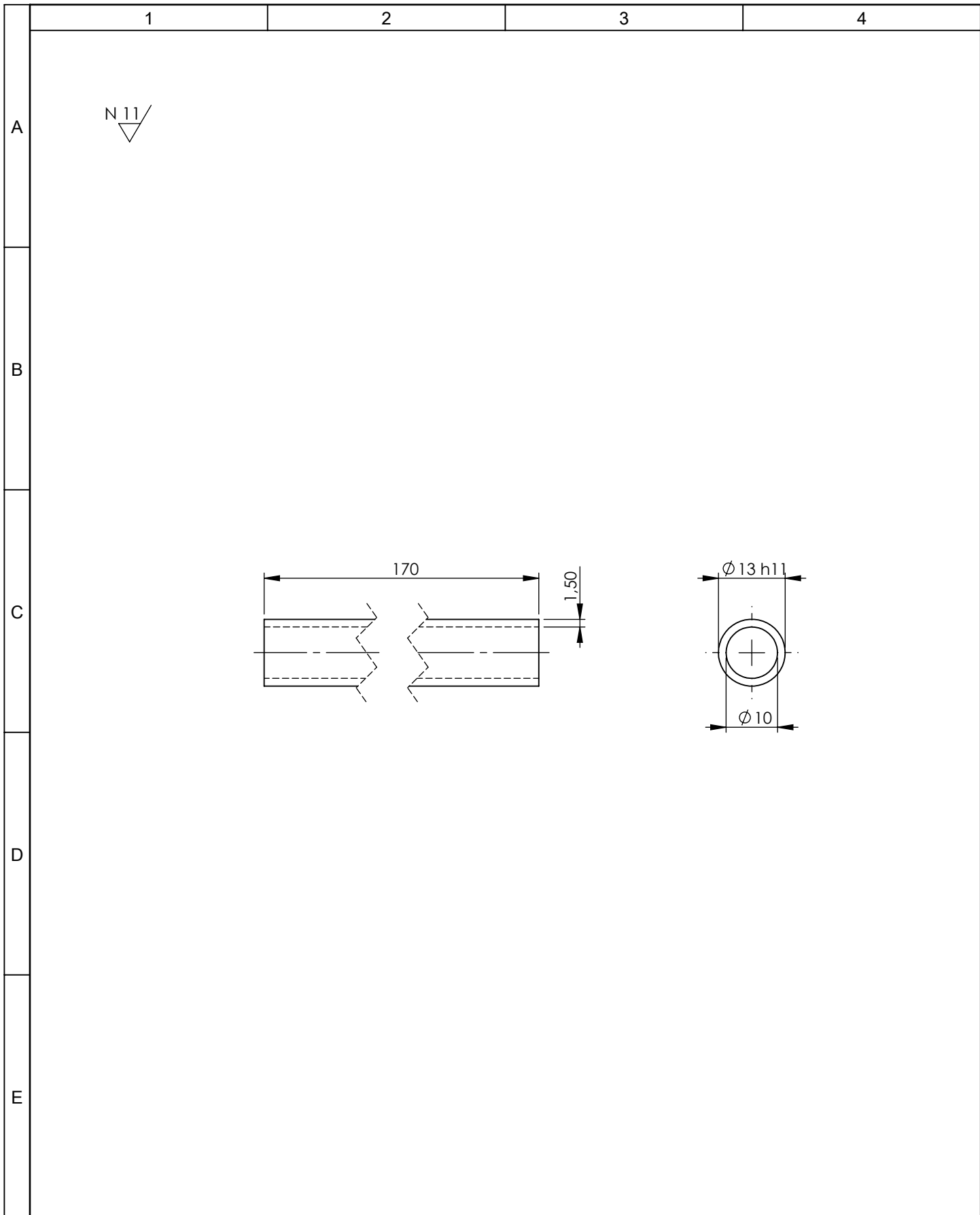


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO GALVANIZADO	
				±0,1	2241.57 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Base para Guías	Escala: 1:5
			Dib.	23/09/10	Zambonino N.		
			Rev.	29/09/10	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/09/10	Ing.Mg.Henry V.	Número del dibujo: 05 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	

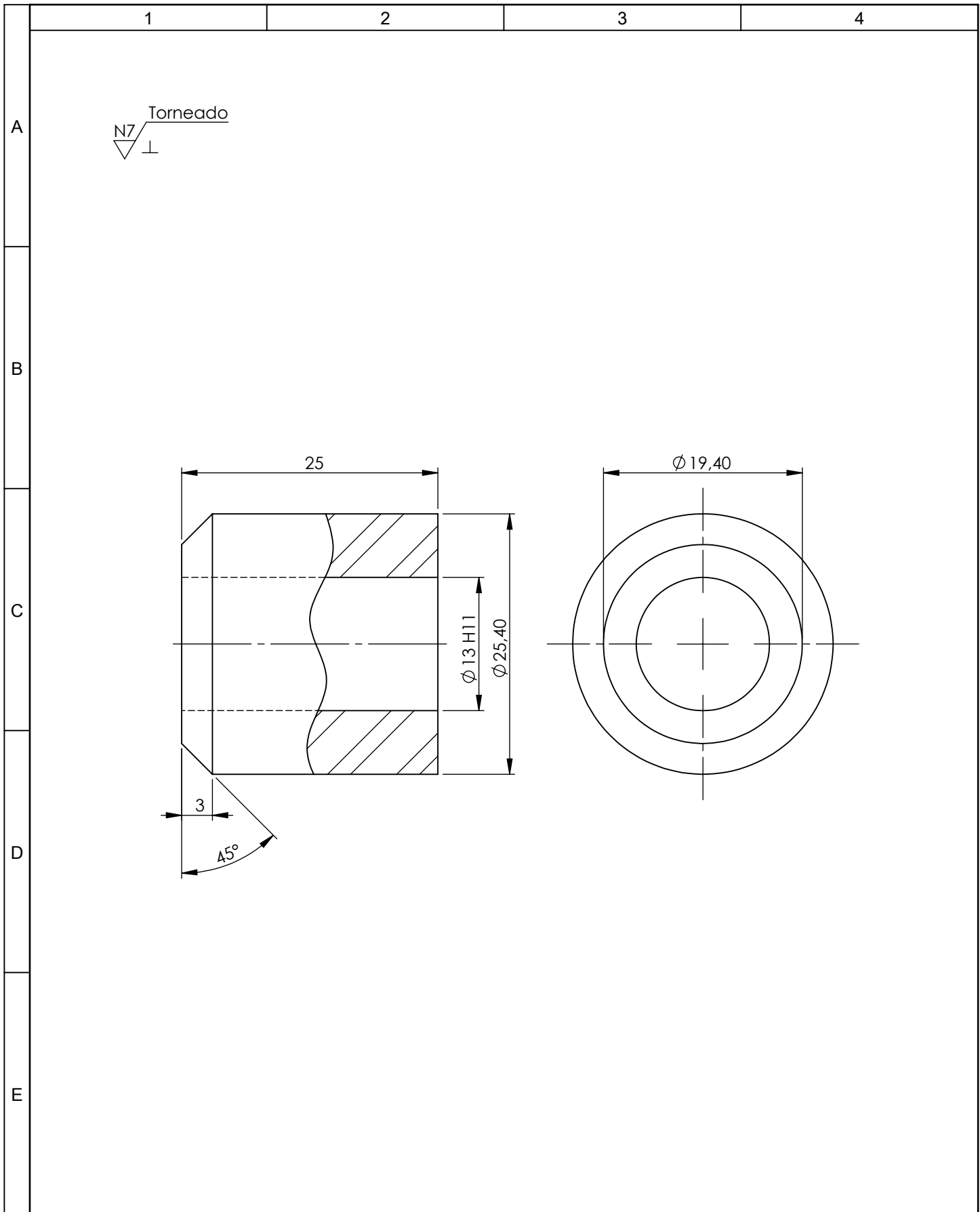




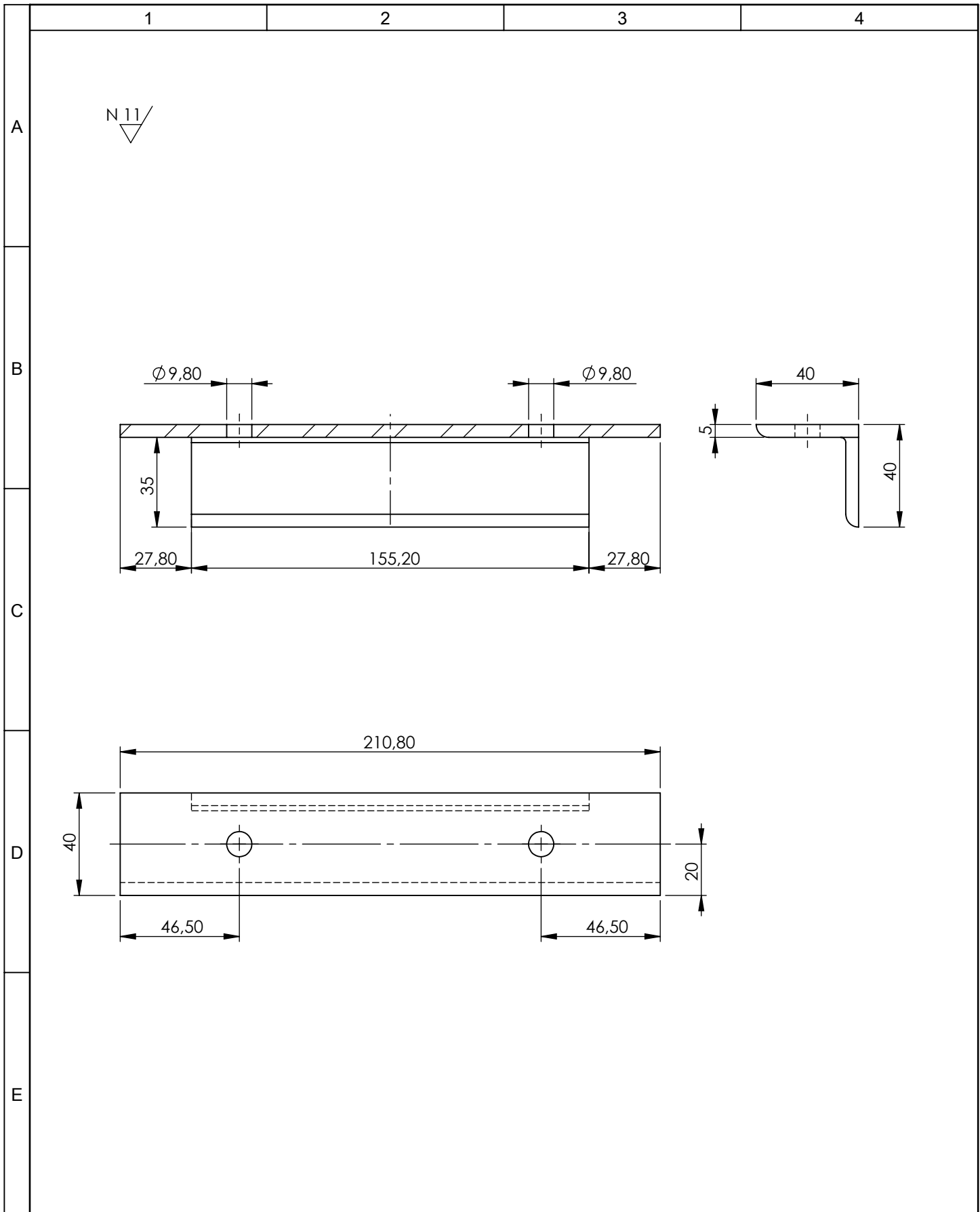
					Tolerancia $\pm 0,1$	(Peso) 159.24 gr	Materiales: ACERO ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación: Pletina de soporte (Base Guía)	Escala: 1:1
				Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
				Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
					Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.	
					UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 06 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



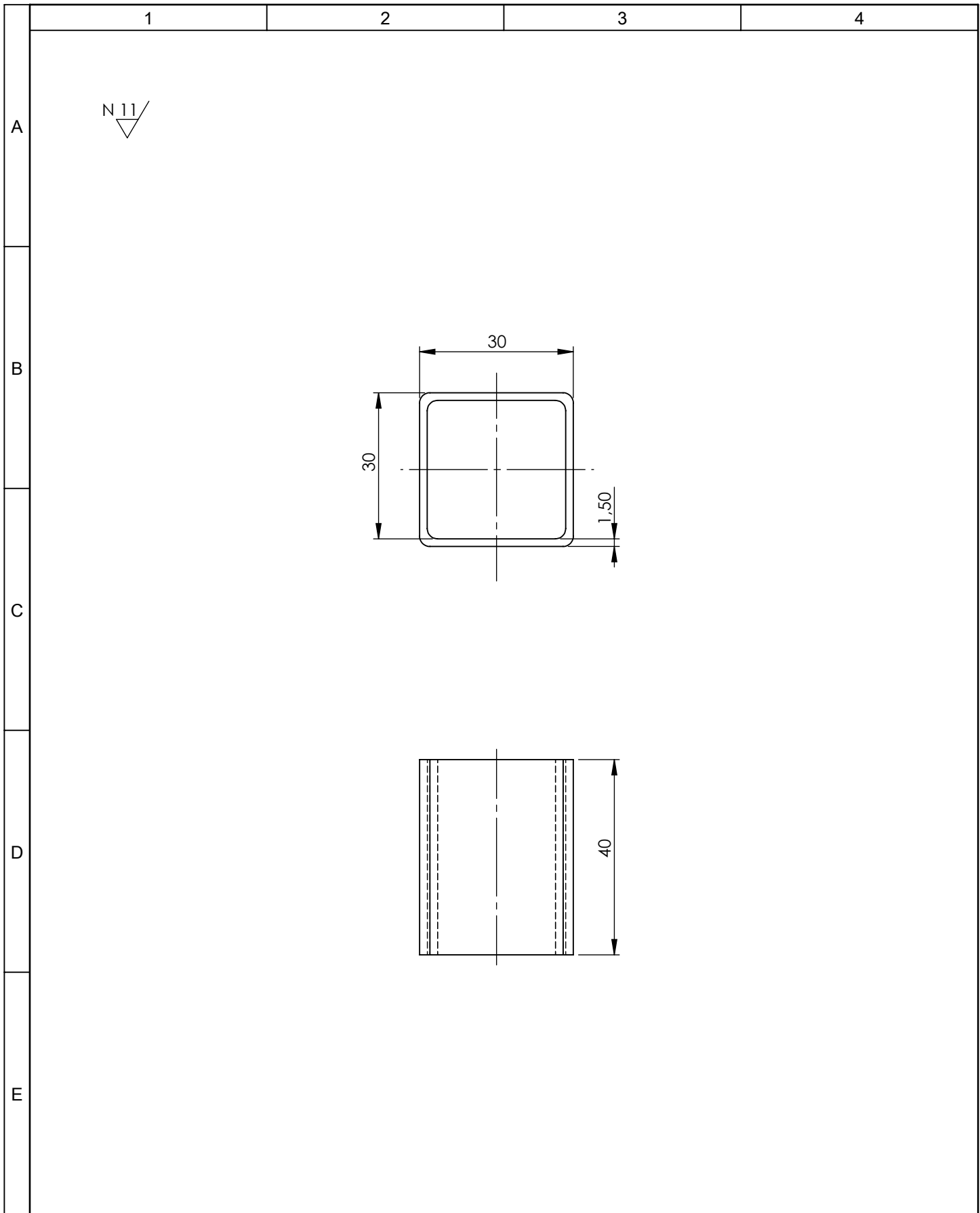
					Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018		
					±0,1	72.32 gr			
					Fecha	Nombre	Denominación: Tubo Guía		Escala:
				Dib.	23/10/13	Zambonino N.			1:1
				Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henny V.			
				Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henny V.	Número del dibujo: 07 de 27		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			(Sustitución)		



					Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO 1018		
					±0,1	71.25 gr			
					Fecha	Nombre	Denominación: Bocín Guía interior		Escala:
				Dib.	23/10/103	Zambonino N			1:1
				Rev.	29/10/103	Ing.Mg.Henry V.			
					Apro.	29/10/103	Ing.Mg.Henry V.	Número del dibujo: 08 de 27 (Sustitución)	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica					

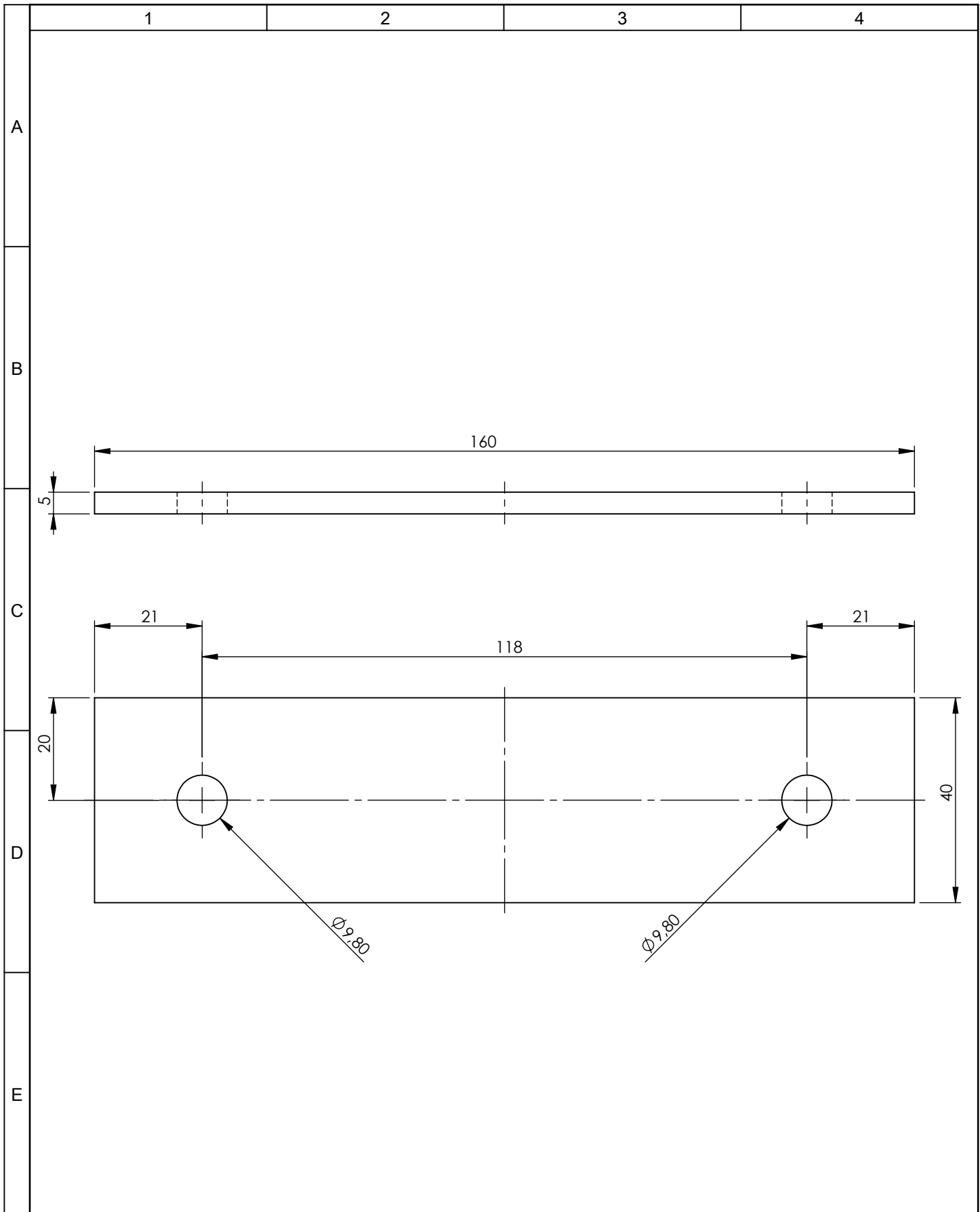


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				$\pm 0,1$	523.87 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Ángulo Base (Guía)	Escala: 1:2
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg:Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg:Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 09 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



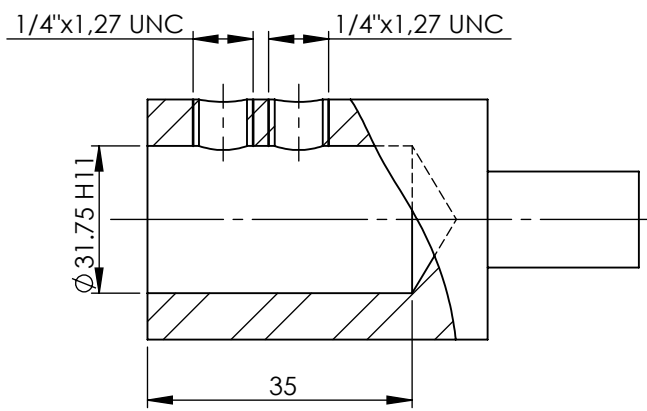
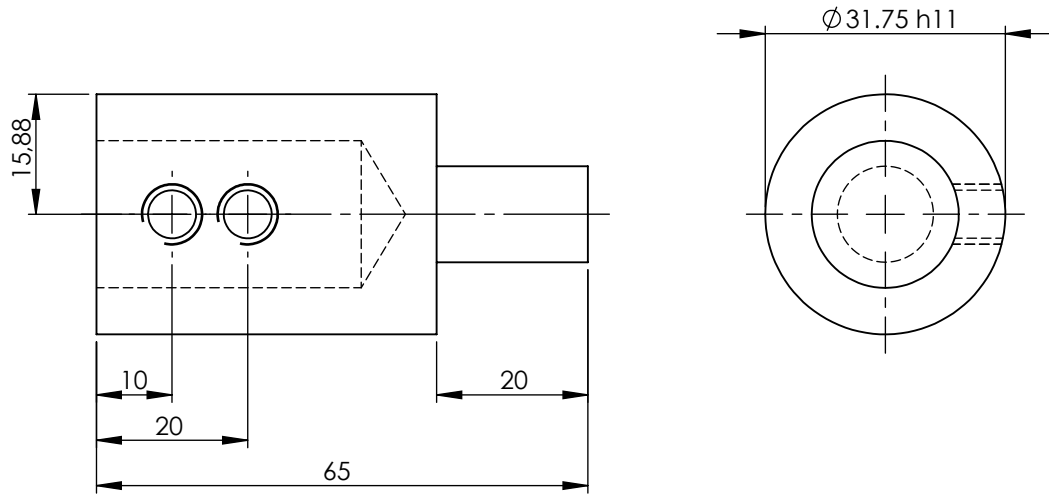
N 11 /

					Tolerancia $\pm 0,1$	(Peso) 51.14 gr	Materiales: ACERO ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación: Bocín Guía	Escala: 1:1
				Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
				Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
					Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.	
					UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 10 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: POLIURETANO	
				$\pm 0,1$	32.46 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Caucho (Base Chumacera)	Escala: 1:1
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 11 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

N7 Tornado



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018	
				±0,1	211.68 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Eje Acople del motor	Escala: 1:1
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.	
				UTA		Número del dibujo: 12 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)	

1

2

3

4

A

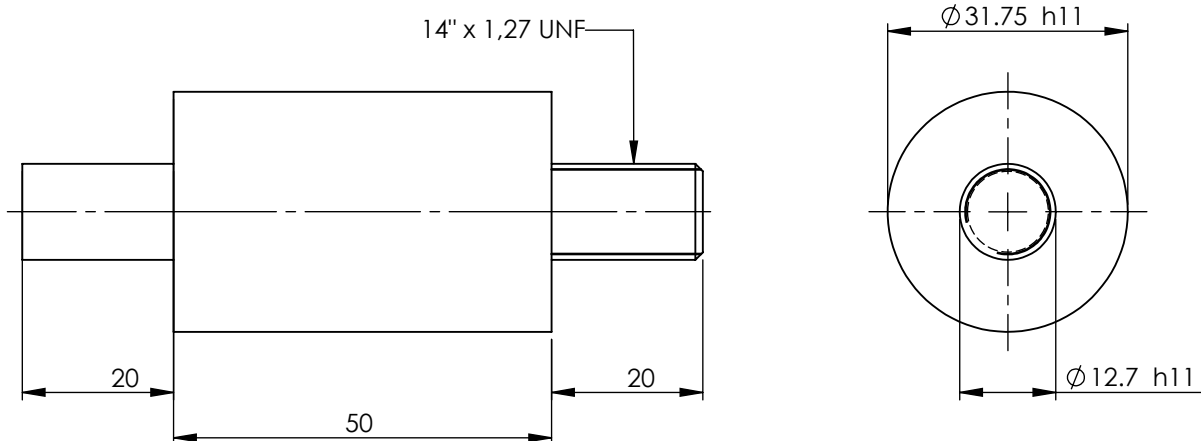
Torneado
N7
⊥

B

C

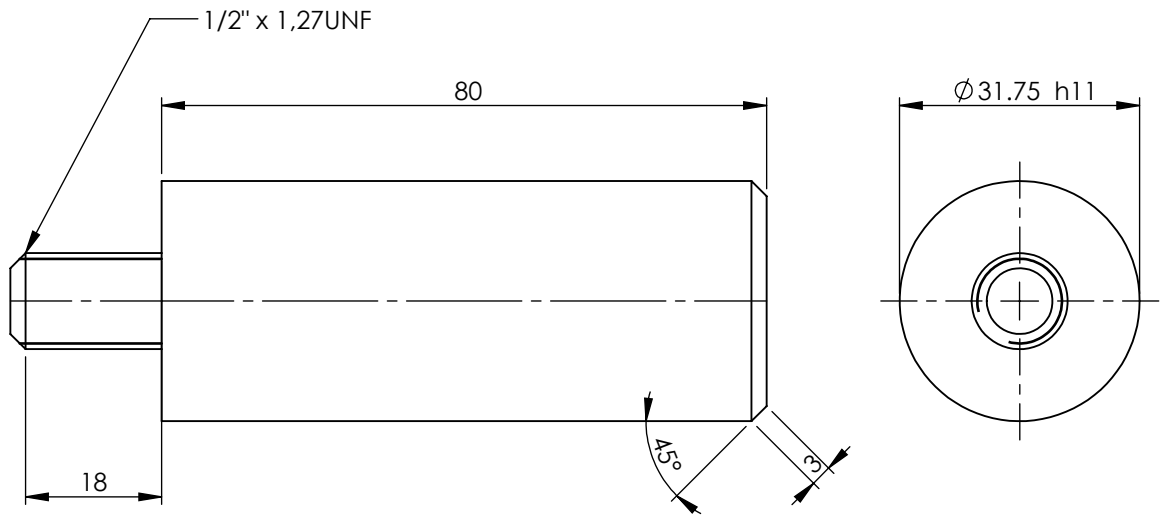
D

E



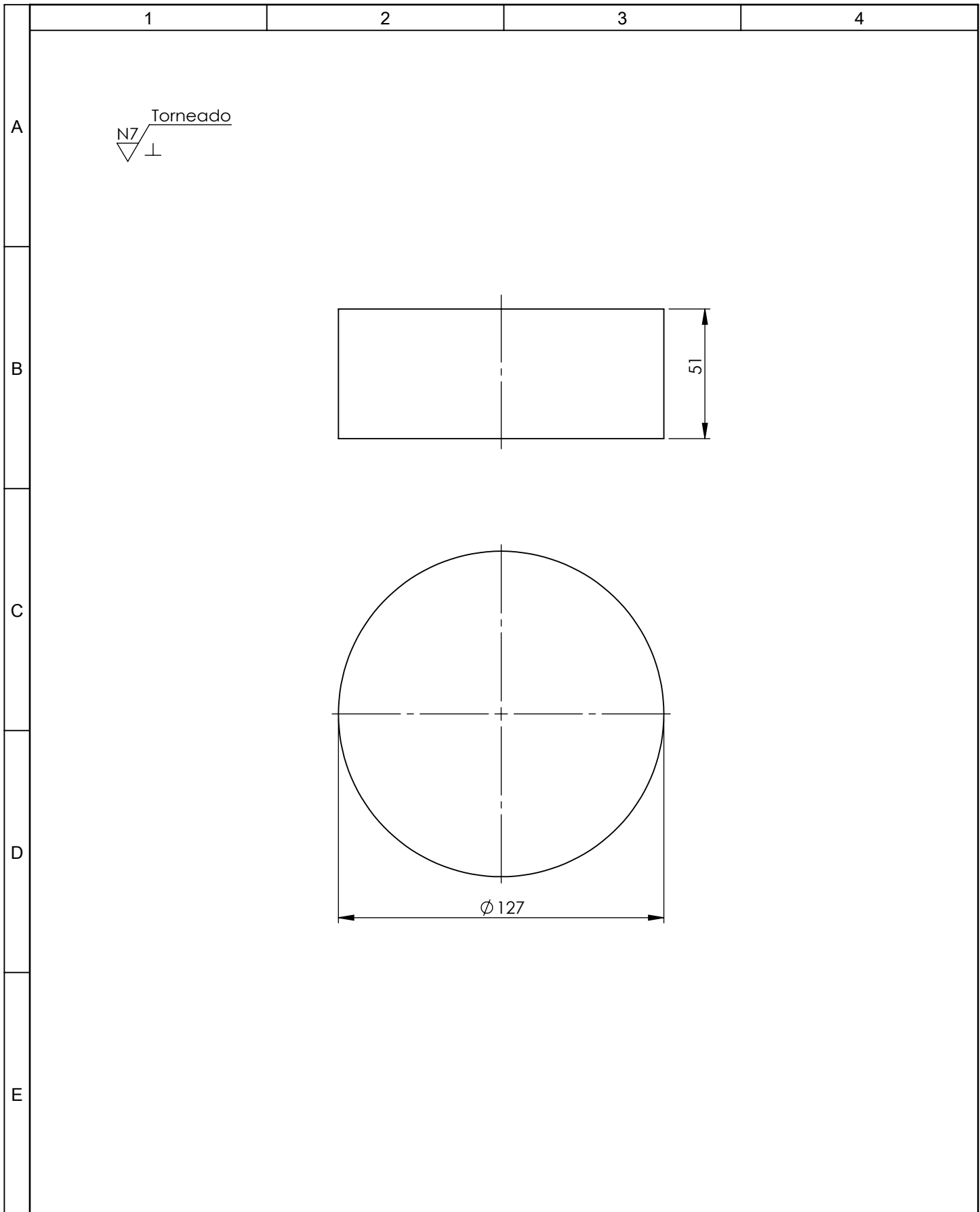
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018	
				$\pm 0,1$	351.28 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Eje Porta Probetas Móvil (Izq.)	Escala: 1:1
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 13 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

N7 Torneado

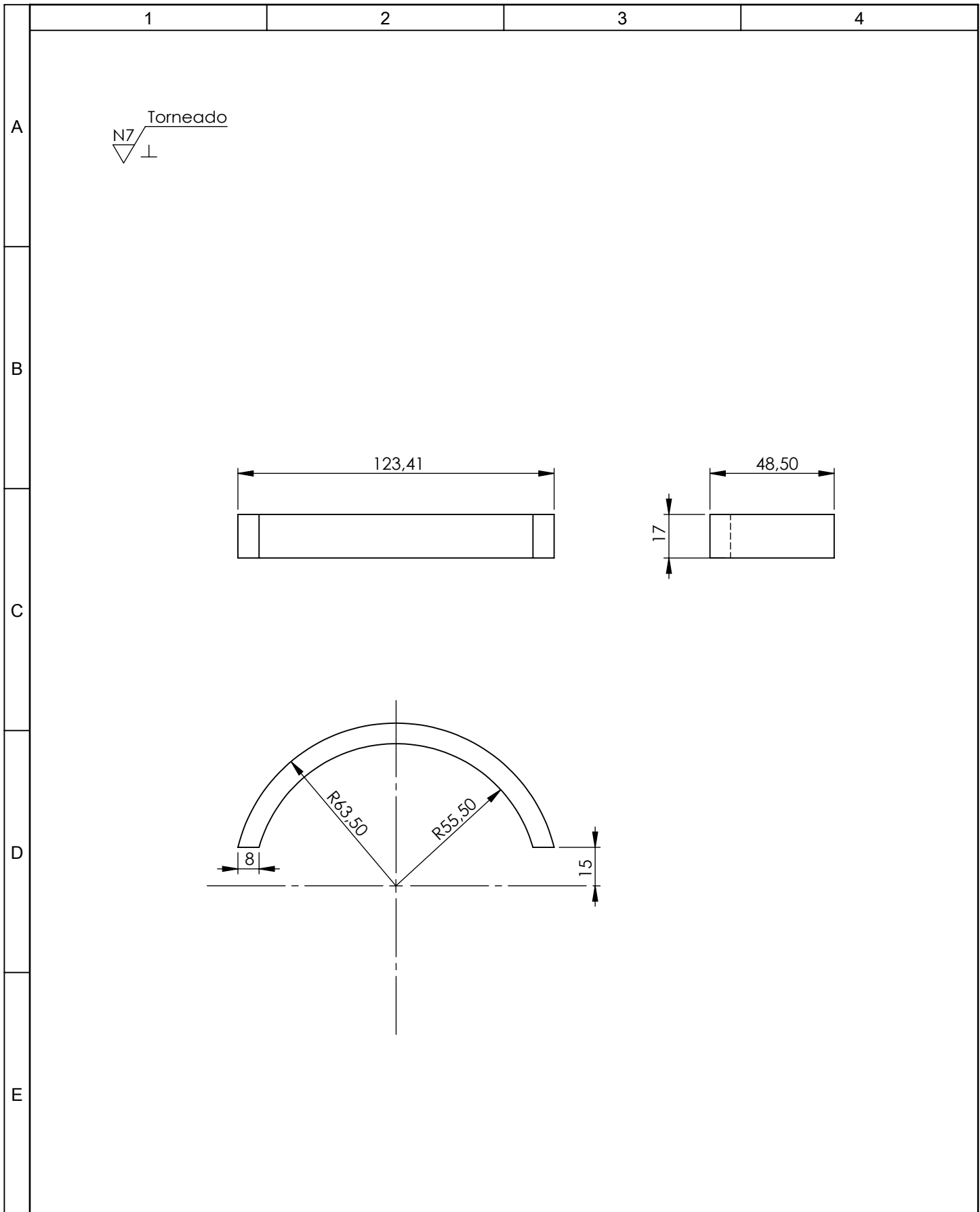


A
 B
 C
 D
 E

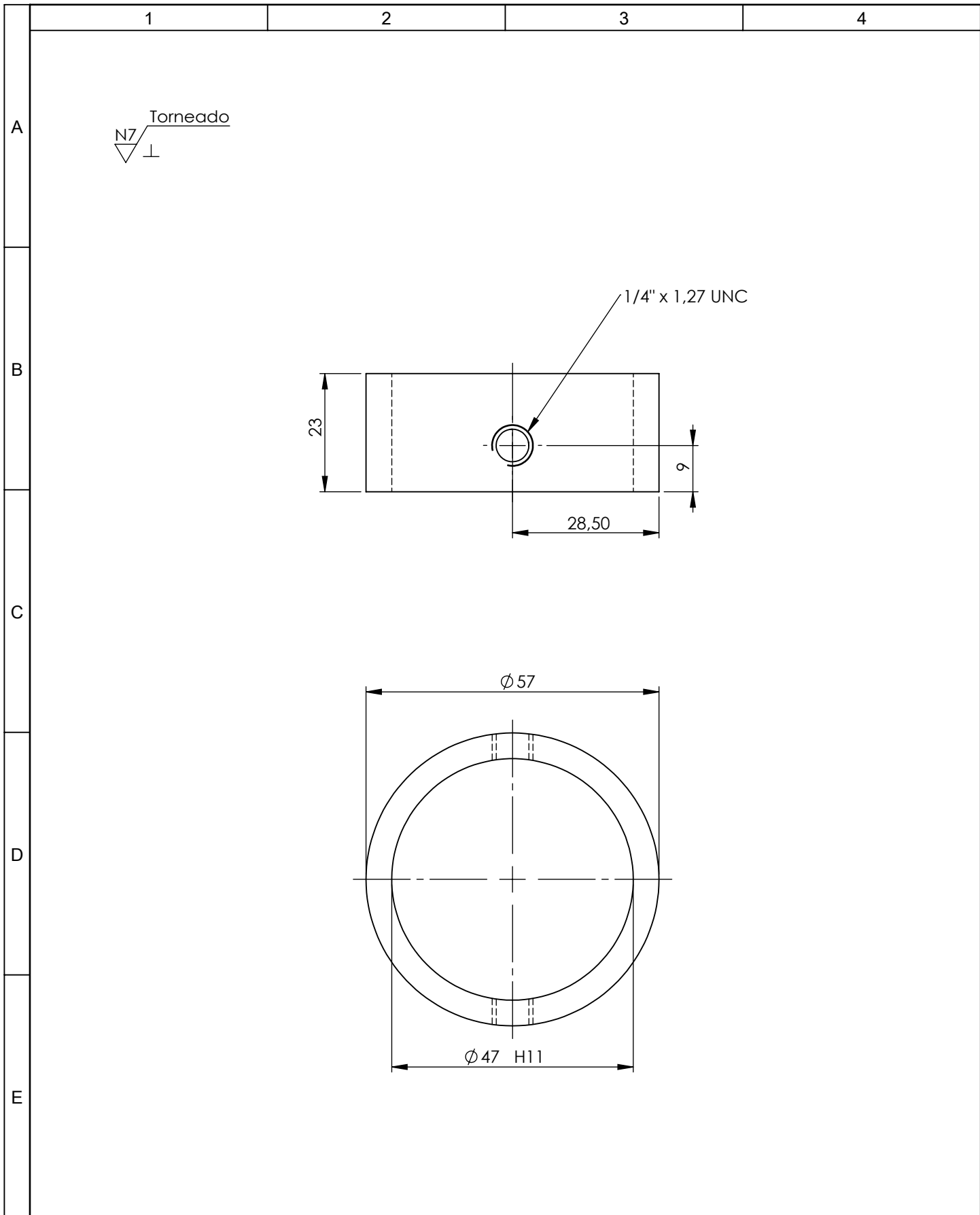
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018	
				±0,1	516.35 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Eje Porta Probetas Móvil (Dere.)	Escala: 1:1
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 14 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



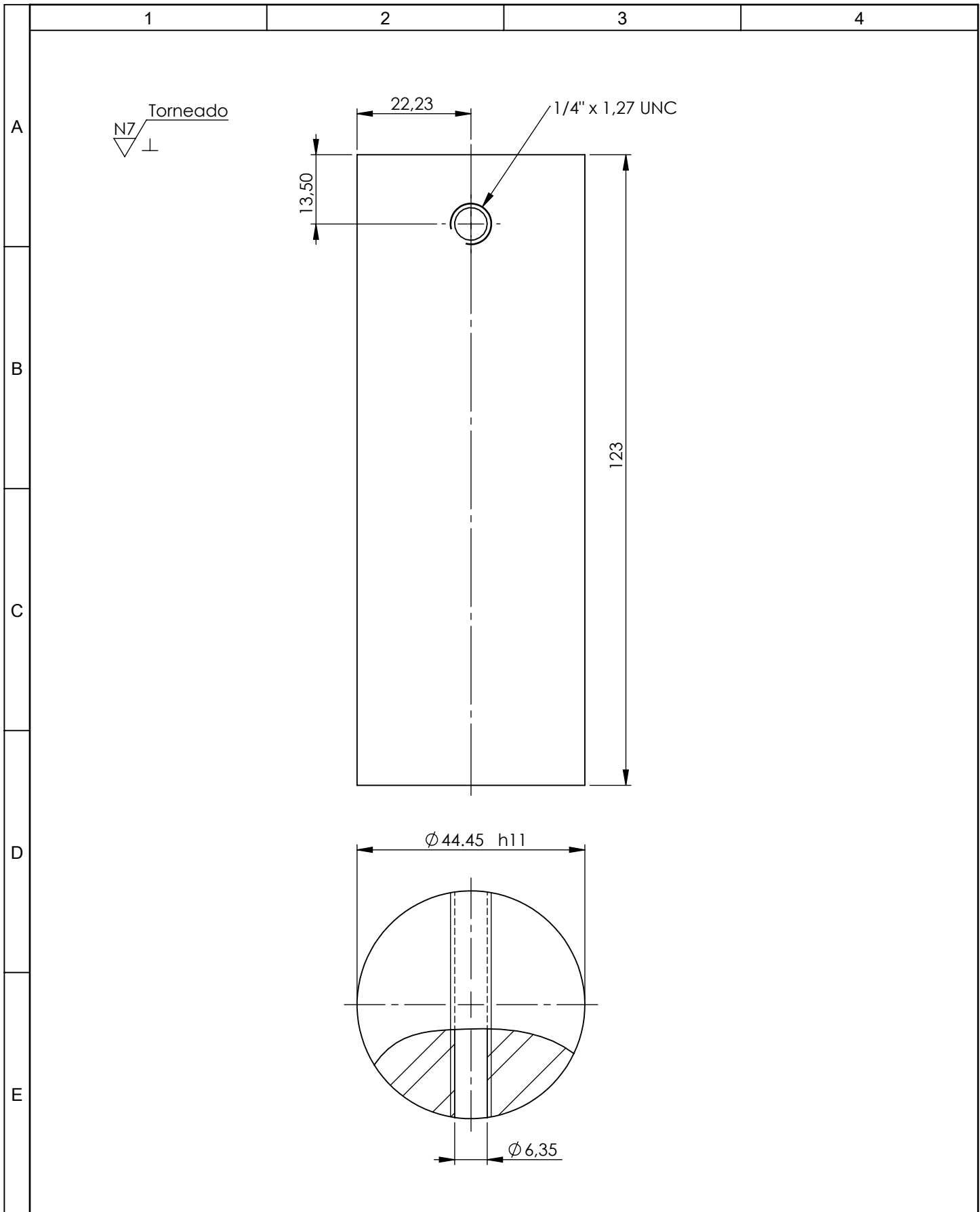
					Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018		
					±0,1	5044.55 gr			
					Fecha	Nombre	Denominación: Peso (Carga)		Escala:
				Dib.	23/10/13	Zambonino N.			1:2
				Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.			
				Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.	Número del dibujo: 15 de 27		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			(Sustitución)		



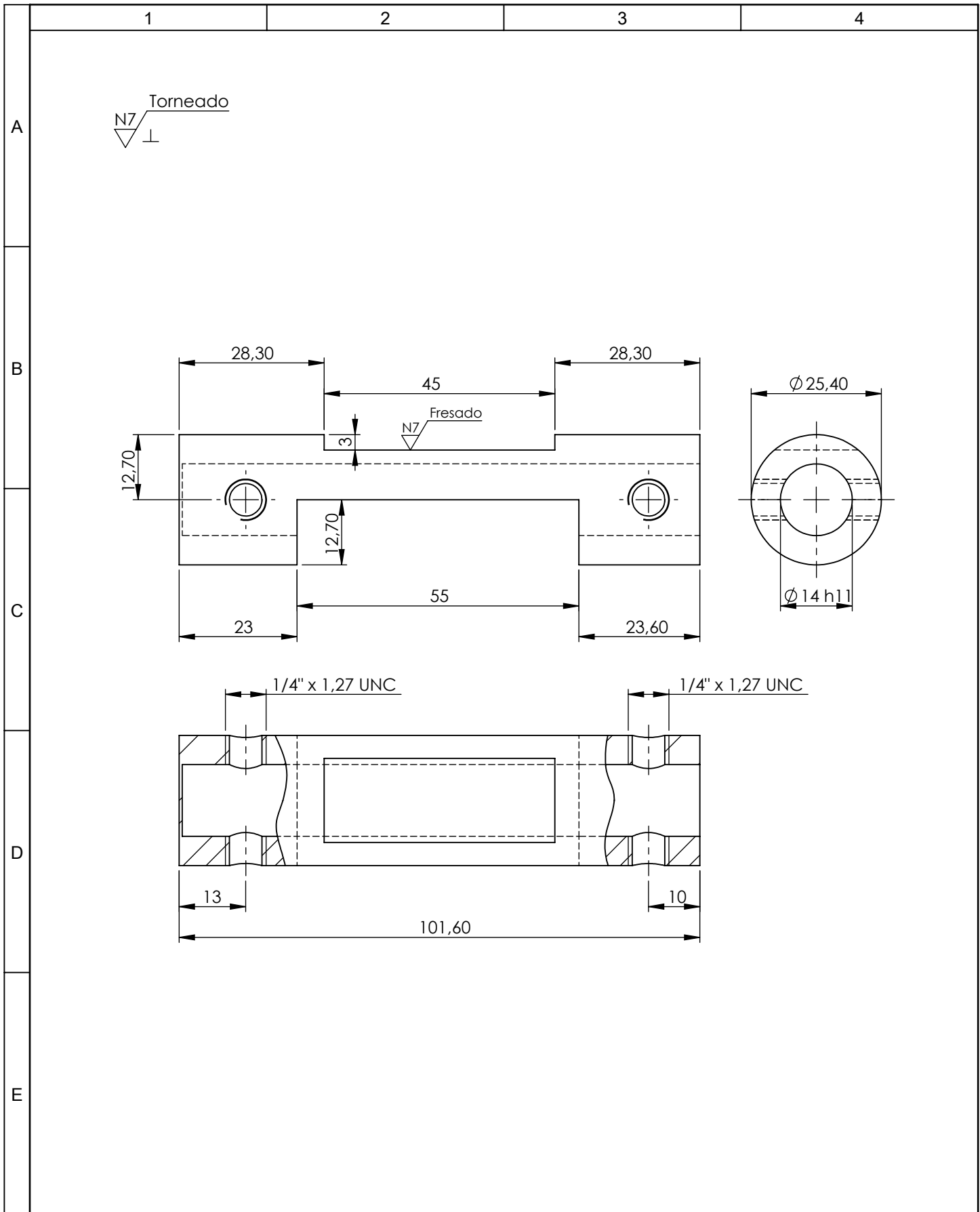
					Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018		
					±0,1	167.61 gr			
					Fecha	Nombre	Denominación: Peso Auxiliar		Escala: 1:2
				Dib.	23/10/13	Zambonino N.			
				Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.			
				Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.	Número del dibujo: 16 de 27		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica					



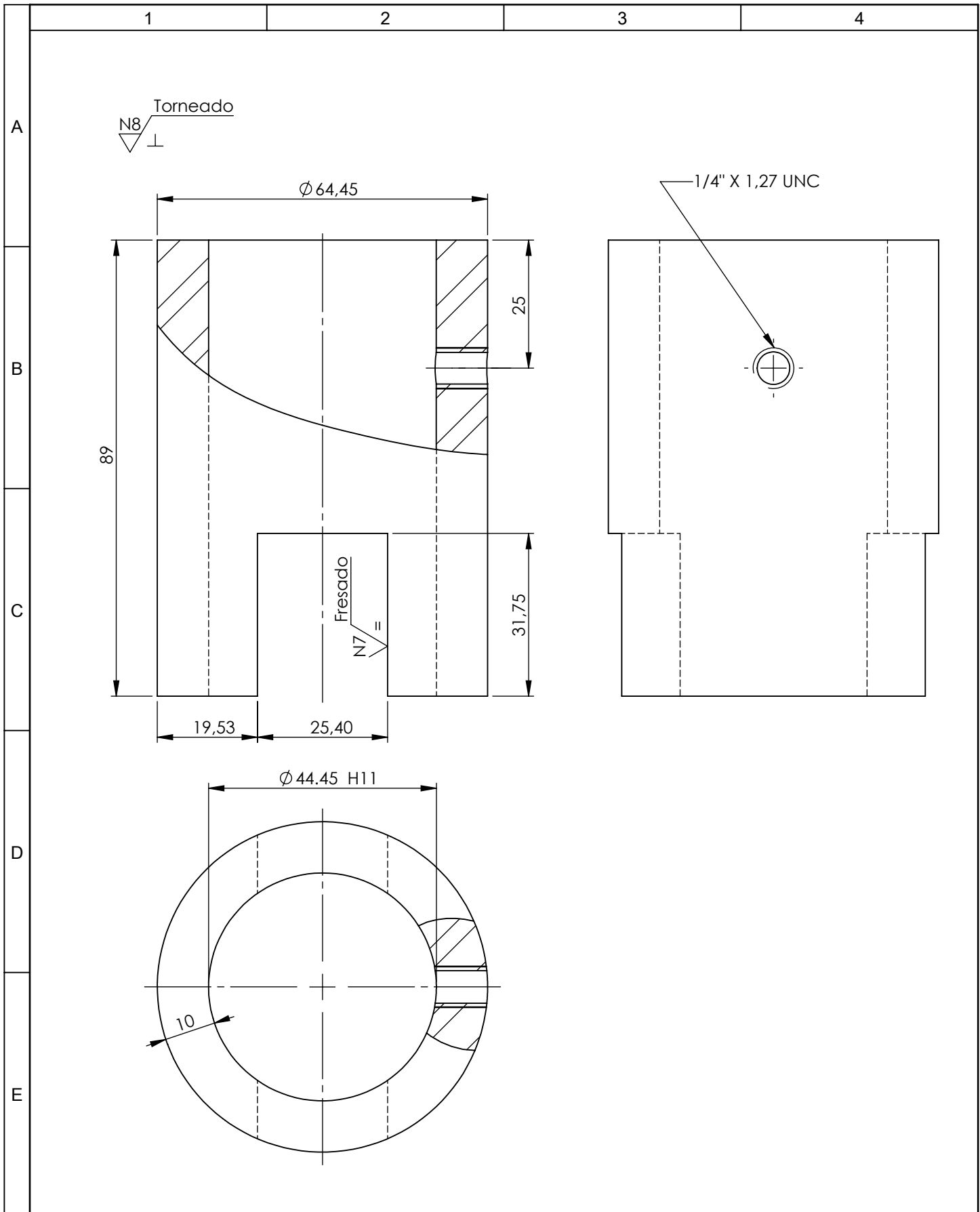
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018	
				$\pm 0,1$	145.91 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Bocín (Carga)	Escala: 1:1
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 17 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



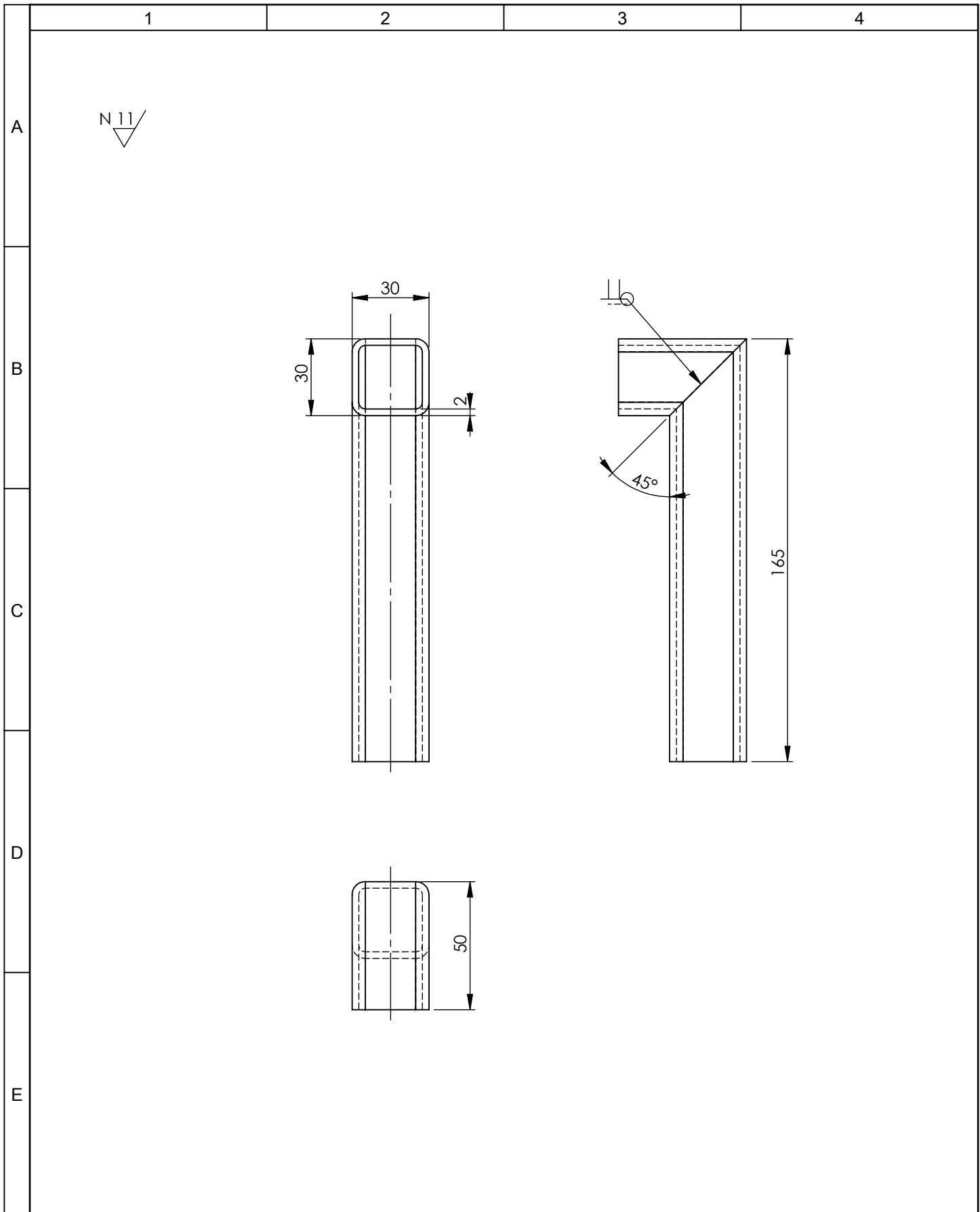
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018	
				±0,1	1491.10 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Eje (Carga)	Escala: 1:2
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 18 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



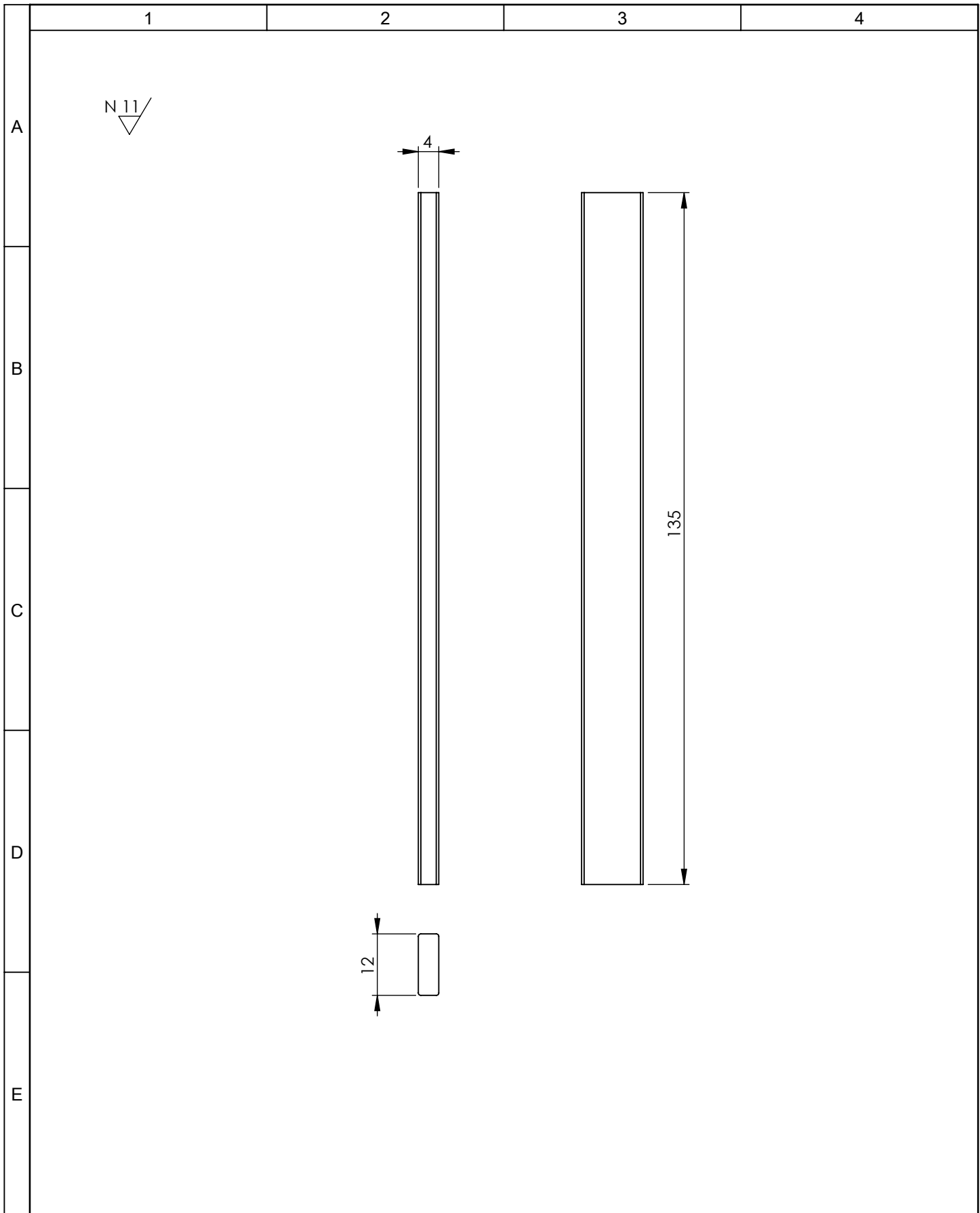
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018	
				±0,1	188.76 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Porta Probtetas (Fijo)	Escala: 1:1
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 19 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



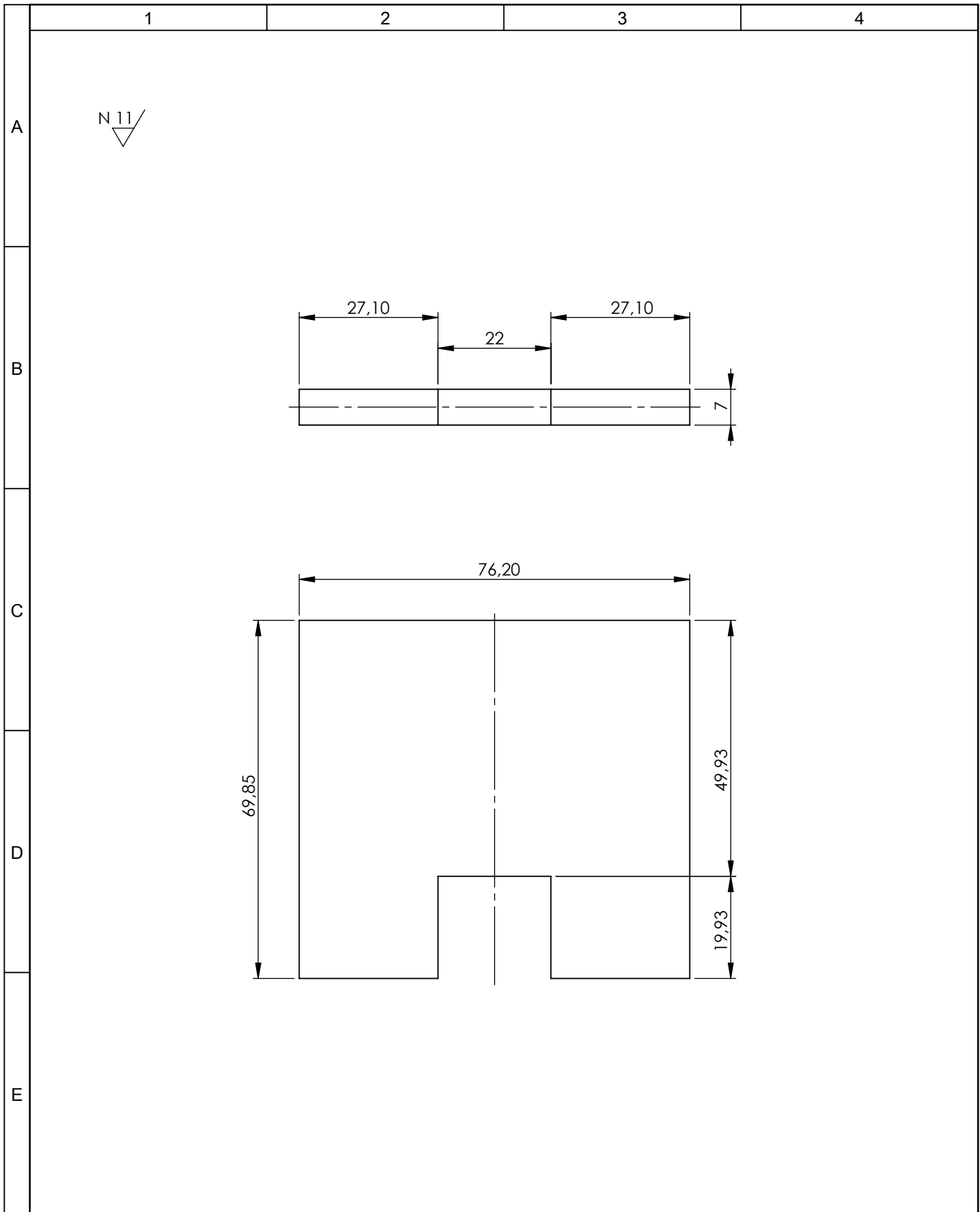
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO SKF 280	
				$\pm 0,1$	1067.42 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Bocín Guía de la Carga	Escala: 1:1
			Dib.	23/10/13	Zambonino N		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 20 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	388.56 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Parante (Carga)	Escala: 1:2
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 21 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



					Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36		
					±0,1	50.64 gr			
					Fecha	Nombre	Denominación: Pletina Guía de la Carga		Escala: 1:1
				Dib.	23/10/13	Zambonino N.			
				Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.			
					Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica			Número del dibujo: 22 de 27		
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)		



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	268.39 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Pletina Base de la Carga	Escala: 1:1
				Dib.	23/10/13 Zambonino N.		
				Rev.	29/10/13 Ing.Mg.Henry V.		
				Apro.	29/10/13 Ing.Mg.Henry V.	Número del dibujo: 23 de 27	
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				


1

2

3

4

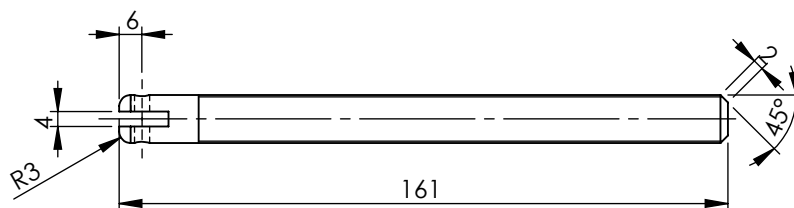
A

Torneado


B

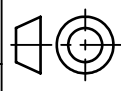


C



D

E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1045	
				±0,1	133.59 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Tornillo Guía	Escala: 1:2
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 24 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

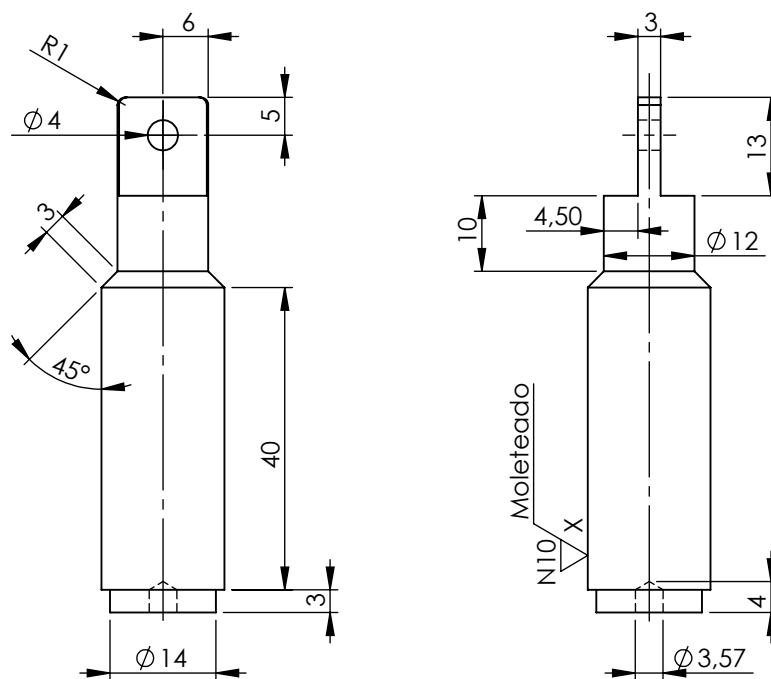
3

4

A

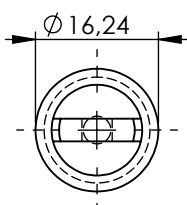
Torneado
N7

B



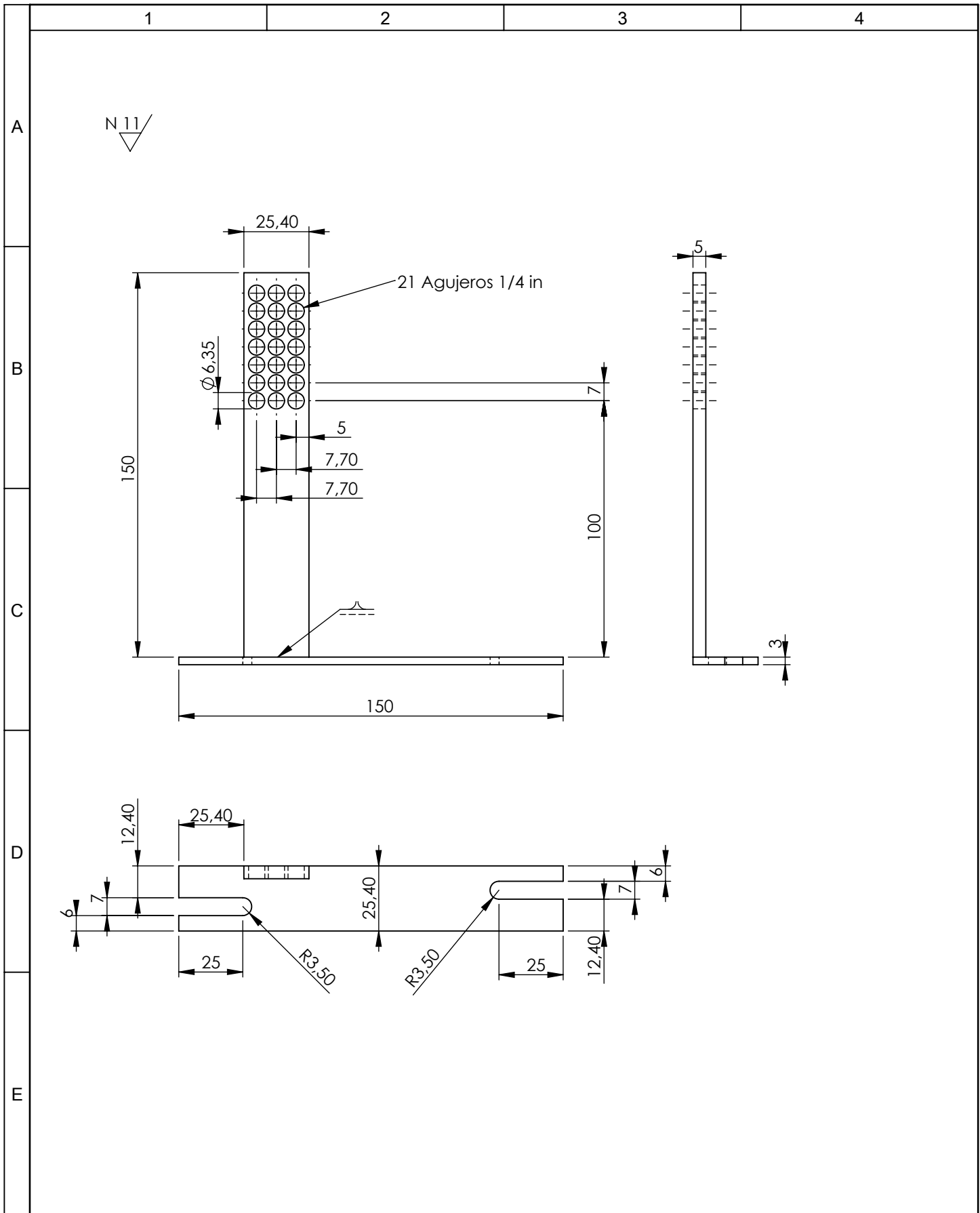
C

D

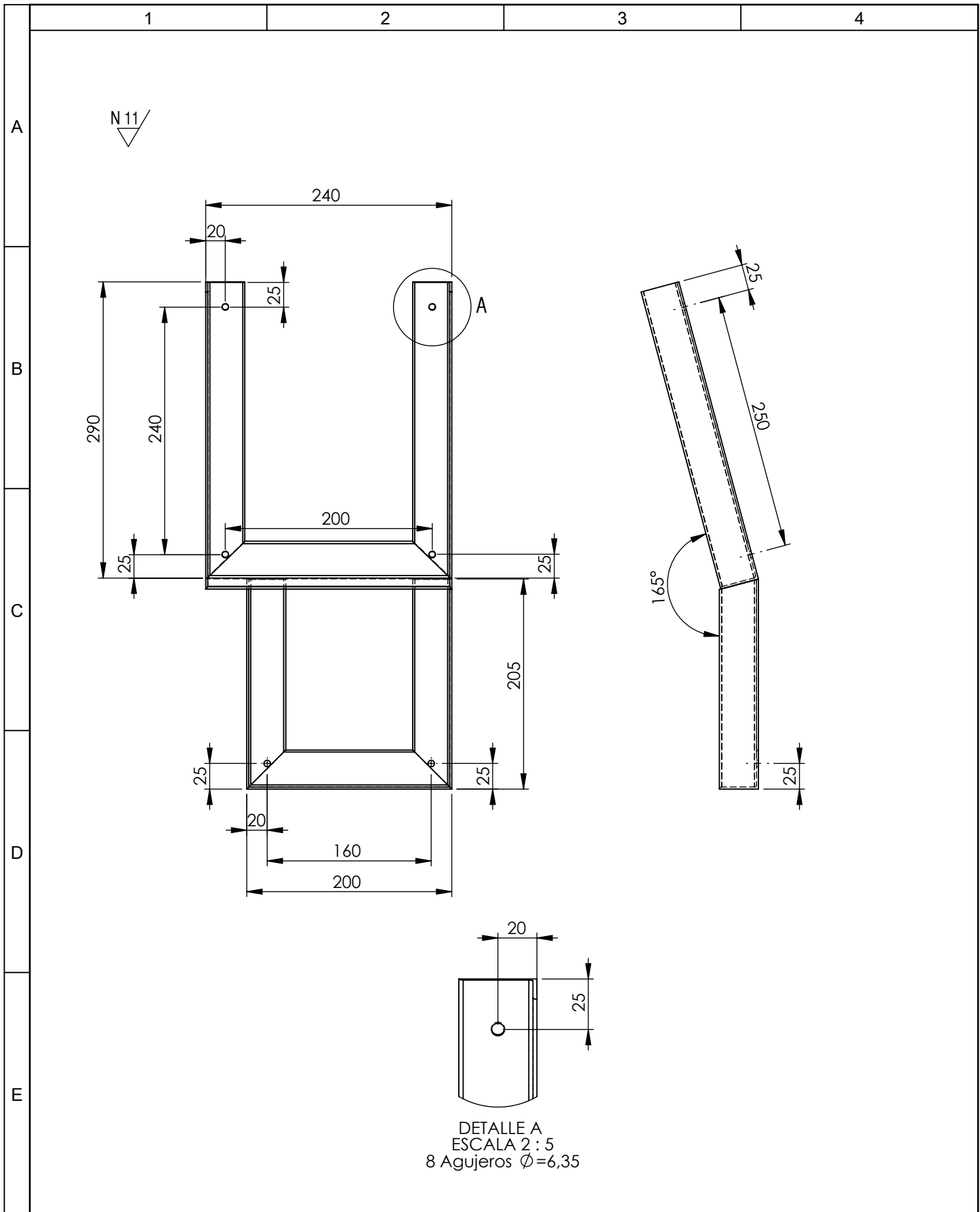


E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1045	
				$\pm 0,1$	83.78 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Mango del Tornillo Guía	Escala: 1:1
				Dib. 23/10/13	Zambonino N.		
				Rev. 29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				Apro. 29/10/13	Ing.Mg.Henry V.	Número del dibujo: 25 de 27	
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				$\pm 0,1$	204.02 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Base (Contador)	Escala: 1:2
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 26 de 27	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	1567 gr		
				Fecha	Nombre	Denominación: Base (Caja de control)	Escala: 1:5
			Dib.	23/10/13	Zambonino N.		
			Rev.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.		
			Apro.	29/10/13	Ing.Mg.Henry V.	Número del dibujo: 27 de 27	
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				