



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO EXPERIMENTAL

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

TEMA:

“ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN UN MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METÁLICAS Y SU INFLUENCIA EN EL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD”

AUTOR: David Marcelo Paredes Villacis

TUTOR: Ing. Mg. Christian Castro

Ambato – Ecuador

2018

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN UN MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METÁLICAS Y SU INFLUENCIA EN EL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD” realizado por el señor David Marcelo Paredes Villacis, portador de la cédula de ciudadanía 180461525-8, y egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.
- Está concluida en su totalidad.

Ambato, Diciembre del 2018

.....
Ing. Mg. Christian Castro

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Declaro que el contenido del trabajo experimental: “ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN UN MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METÁLICAS Y SU INFLUENCIA EN EL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD” así como también las ideas, resultados, conclusiones, recomendaciones son auténticas y de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor del presente proyecto, con excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Diciembre del 2018

.....
David Marcelo Paredes Villacis

C.I. 180461525-8

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento útil para su lectura, consulta y proceso de investigación según las normas de la Universidad.

Cedo los derechos de este Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se la realice respetando mis derechos de autor.

.....

David Marcelo Paredes Villacis

C.I. 180461525-8

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental realizado por el egresado David Marcelo Paredes Villacis de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN UN MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METÁLICAS Y SU INFLUENCIA EN EL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD”

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. Cristian Pérez

.....
Ing. Mg. Gustavo Patín

DEDICATORIA

El presente trabajo experimental está dedicado a los pilares de mi vida, mi madre Mery y mi hermano Lenin, las palabras quedan cortas para describir todo el apoyo y cariño que me brindaron tanto en la formación estudiantil y como persona. GRACIAS madre por soportar la inmadurez y errores de esta persona, por tu compañía durante noches de desvelo, solo sentir esa presencia a lado de uno lleno de motivación a mi corazón para seguir adelante y no rendirme por nada. GRACIAS hermano por esas conversaciones que hemos tenido ya que con ello aprendí, razoné, y cambio mi forma de pensar para ser alguien crítico que primero piensa antes de actuar. No me puedo olvidar de esos pequeños seres que están correteando por la casa, mis mascotas que con solo una mirada o un acercamiento te saca una sonrisa, GRACIAS

AGRADECIMIENTO

A los ingenieros de la Carrera de Ingeniería Mecánica que más que formadores fueron amigos y consejeros, cada uno de ellos con sus enseñanzas y experiencias cultivaron al profesional que voy a ser ahora.

A mi tutor Ing. Mg. Christian Castro, por crear un ambiente de amistad durante el desarrollo y ejecución del proyecto de titulación, sus consejos, su confianza, cada broma realizada hizo posible un desarrollo libre de presión y estrés del trabajo experimental.

A mis amigos Pablo, Oscar y Gonzalo, por cada cosa que hemos pasado dentro o fuera de las aulas sea buena o sea mala, han estado ahí con su apoyo, gracias.

A la empresa Master Fibra por su colaboración al momento de desarrollar las probetas, tanto al dueño el Sr. Víctor Vásconez como sus empleados, gracias a su vasto conocimiento sobre el tema se consiguió las probetas con los estándares requeridos.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
RESUMEN EJECUTIVO	XX
ABSTRACT	XXI
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Tema del trabajo experimental	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II.....	5
FUNDAMENTACIÓN	5
2.1 Fundamentación Teórica	5
2.1.1 Materiales Compuestos	5
2.1.2 Matriz Polimérica.....	9

2.1.3 Resina Poliéster	13
2.1.3.1 Tipos de resinas poliéster	13
2.1.4 Resina epóxica.....	14
2.1.4.1 Clasificación de las resinas epoxi.....	14
2.1.4.2 Propiedades de la resina epoxi:	15
2.1.5 Función de la fibra en el material compuesto.....	16
2.1.5.1 Fibra de vidrio como refuerzo	18
2.1.6 Ingeniería del fuego.....	19
2.1.6.1 Inflamabilidad	25
2.1.6.2 Inflamabilidad en Compuestos	25
2.1.6.3 Mecanismos de descomposición térmica	26
2.1.7. Retardantes de llama.....	28
2.1.7.1 Rellenos ignífugos	28
2.1.7.2 Retardadores de fuego a base de halógeno.....	29
2.1.7.3 Retardadores de fuego que contienen fósforo	30
2.1.7.4 Retardadores de fuego intumescentes	30
2.1.8 Tipos de ensayos para determinar el índice de inflamabilidad de materiales.	32
2.1.8.1 Ensayo para determinar el índice de combustión horizontal de los materiales	32
2.1.8.2 Fire Testing Technology (FTT) FMVSS 302, ISO 3795	33
2.2 Hipótesis	34
2.3 Señalamiento de las variables de la hipótesis.....	34
2.3.1 Variable Independiente.....	34
2.3.2 Variable Dependiente	34
CAPÍTULO III	35
METODOLOGÍA	35

3.1 Nivel o tipo de investigación.....	35
3.1.1 Descriptivo	35
3.1.2 Experimental	35
3.1.3 Correlacional	35
3.1.4 Bibliográfica.....	35
3.2 Población y Muestra.....	35
3.2.1 Población	35
3.2.2 Muestra.....	36
3.3 Operacionalización de variables.....	38
3.3.1 Variable independiente	38
3.3.2 Variable dependiente	39
3.4 Plan de recolección de información	40
3.5 Plan de procesamiento y análisis.....	40
3.5.1 Proceso de elaboración del estudio.....	41
3.5.2 Recolección de información del material a utilizar	42
3.5.2.1 Materiales Compuestos	42
3.5.3 Dimensionamiento de las probetas.....	42
3.5.4 Elaboración de las probetas	43
3.5.5 Ensayo para determinar el Índice de Inflamabilidad.....	50
CAPÍTULO IV	51
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	51
4.1 Recolección de datos	51
4.1.1 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación A.....	51

4.1.2	Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación B	53
4.1.3	Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación C	55
4.1.4	Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación D.....	57
4.1.5	Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación E	59
4.1.6	Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación F	61
4.1.7	Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación G.....	63
4.1.8	Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación H.....	65
4.1.9	Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación I	67
4.1.10	Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación J	69
4.1.11	Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación K.....	71
4.1.12	Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación L	73
4.1.13	Resumen de resultados del índice de inflamabilidad de las 12 combinaciones, Banco de Pruebas ESPOL	75
4.2	Análisis de Resultados.....	76
4.2.1	Correlación de Pearson.....	76
4.2.1.1	Cálculo de Correlación	76

4.2.1.2 Cálculo de Correlación distancia vs tiempo de la combinación J con las probetas del banco DIDE UTA, UTA y ESPOL.....	77
4.2.1.3 Cálculo de Correlación del Índice de Inflamabilidad o tasa de combustión entre la combinación J con las probetas del banco DIDE UTA, UTA y ESPOL.....	82
4.2.1.4 Cálculo de la correlación de la Temperatura interna de la cámara combustión entre la combinación J con las probetas del banco UTA.	90
4.2.1.5 Cálculo de correlación distancia vs tiempo de la combinación L con las probetas del banco DIDE UTA, UTA y ESPOL.....	93
4.2.1.6 Cálculo de correlación de la tasa de combustión o índice de inflamabilidad de la combinación L con las probetas del banco DIDE UTA, UTA, y ESPOL.....	98
4.2.1.7 Cálculo de la correlación de la Temperatura interna de la cámara combustión entre la combinación L con las probetas del banco UTA.....	105
4.3 Verificación de hipótesis	108
4.3.1 Análisis de Varianza de forma analítica.....	109
4.3.2 Aplicación analítica de ANOVA para el índice de inflamabilidad	112
4.3.2.1 Determinación del valor de F en la tabla de ANOVA de un factor.	115
4.3.3 Cálculo de ANOVA de un factor para los datos obtenidos del índice de inflamabilidad mediante un software.	116
4.3.3.1 Cálculo de ANOVA del índice de inflamabilidad entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% hidróxido de magnesio) con las probetas del banco DIDE UTA, UTA y ESPOL (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster.)	116
4.3.3.2 Cálculo de ANOVA del índice de inflamabilidad entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% hidróxido de magnesio) con las probetas del banco DIDE UTA, UTA y ESPOL (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster.)	118

4.3.3.3 Cálculo de ANOVA de la Temperatura interna de la cámara de combustión entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% hidróxido de magnesio) con las probetas del banco UTA (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster.).....	119
4.3.3.4 Cálculo de ANOVA de la Temperatura interna de la cámara de combustión entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% hidróxido de magnesio) con las probetas del banco UTA (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster.).....	120
CAPÍTULO V	122
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	122
5.1 CONCLUSIONES.....	122
5.2 RECOMENDACIONES	124
BIBLIOGRAFÍA:.....	125
ANEXOS:.....	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Resumen de la evolución de los materiales compuestos de matriz polimérica.	8
Tabla 2.2	Características de algunas matrices plásticas	11
Tabla 2.3	Características de las matrices termoestables	15
Tabla 2.4	Características de los principales tipos de fibras utilizadas como refuerzo	17
Tabla 3.1	Población de estudio	36
Tabla 3.2	Muestra de las combinaciones a analizar	36
Tabla 3.3	Operacionalización de la variable independiente	38
Tabla 3.4	Operacionalización de la variable dependiente	39
Tabla 3.5	Promedios de los espesores de cada combinación	42
Tabla 3.6	Materiales utilizados en la conformación del material compuesto	43
Tabla 3.7	Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas con resina poliéster e hidróxido de aluminio	47
Tabla 3.8	Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas con resina poliéster e hidróxido de Magnesio	47
Tabla 3.9	Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas con resina epóxica e hidróxido de aluminio	47
Tabla 3. 10	Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas con resina epóxica e hidróxido de magnesio	48
Tabla 4.1	Valores de interpretación	76
Tabla 4.2	Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco DIDE UTA	77
Tabla 4.3	Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco UTA	79
Tabla 4.4	Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco ESPOL	81
Tabla 4.5	Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco DIDE UTA	82
Tabla 4.6	Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco DIDE UTA	84

Tabla 4.7 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco UTA	85
Tabla 4.8 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA.....	87
Tabla 4.9 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco ESPOL	88
Tabla 4.10 Correlación de la Temperatura entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco UTA	90
Tabla 4.11 Correlación de la Temperatura entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA.....	91
Tabla 4.12 Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco DIDE UTA	93
Tabla 4.13 Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco UTA	95
Tabla 4.14 Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco ESPOL	96
Tabla 4.15 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco DIDE UTA	98
Tabla 4.16 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco DIDE UTA.....	99
Tabla 4.17 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco UTA	101
Tabla 4.18 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA	102
Tabla 4.19 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco ESPOL.....	104
Tabla 4.20 Correlación de la Temperatura entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco UTA	105
Tabla 4.21 Correlación de la Temperatura entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA.....	107
Tabla 4.22 Fórmulas para los resultados del análisis	109

Tabla 4.23 ANOVA para los resultados de la Tabla 4.22.....	110
Tabla 4.24 Tabla de significancia de ANOVA de un factor.	111
Tabla 4.25 Datos de los índices de Inflamabilidad	112
Tabla 4.26 Diferencias de cuadrado entre grupos.....	113
Tabla 4.27 Diferencias de cuadrado por grupos.....	113
Tabla 4.28 Tabla de resultados ANOVA de un factor.	114
Tabla 4.29 Datos de los índices de Inflamabilidad	116
Tabla 4.30 Resultados de ANOVA para el Índice de Inflamabilidad obtenidos en el software.....	116
Tabla 4.31 Prueba de Tukey del índice de inflamabilidad.....	117
Tabla 4.32 Datos de los índices de Inflamabilidad	118
Tabla 4.33 Resultados de ANOVA para el Índice de Inflamabilidad obtenidos en el software.....	118
Tabla 4.34 Prueba de Tukey del índice de inflamabilidad.....	119
Tabla 4.35 Datos de Temperatura de la combinación J y las probetas del banco UTA	119
Tabla 4.36 Resultados del ANOVA para las Temperaturas obtenidas en el software..	120
Tabla 4.37 Datos de Temperatura combinación L y las probetas del banco UTA	120
Tabla 4.38 Resultados del ANOVA para las Temperaturas obtenidas en el software..	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Clasificación de los materiales compuestos [11].....	6
Figura 2.2 Diagrama esfuerzo-tensión de los compuestos basados en polímeros y sus constituyentes [13].	12
Figura 2.3 Tensiones típicas y la tensión de rotura de algunas fibras sintéticas comparables a la matriz Epoxi [13].	12
Figura 2.4 Resina Epoxi composición química [22].....	15
Figura 2.5 Curvas tensión-deformación de fibras de refuerzo: (a) carbono (módulo alto); (b) carbono (alta resistencia); (c) aramida (Kevlar 49); (d) vidrio S; (e) E-vidrio [15]...	18
Figura 2.6 Tetraedro de fuego [17]	20
Figura 2.7 Ciclo del fuego [19].....	26
Figura 2.8 Mecanismos implicados en la descomposición térmica de los compuestos de polímeros [20].	27
Figura 2.9 Mecanismo involucrado en la descomposición térmica de compuestos poliméricos con IFR [20]	31
Figura 2.10 Cámara de combustión con porta muestras y bandeja colectora [25]	33
Figura 2.11 Cámara de combustión horizontal. [26]	34
Figura 3.1 Diagrama de flujo para realizar del estudio. [Autor].....	41
Figura 3.2 Medición y delimitación del molde [Autor].....	44
Figura 3.3 Aplicación de la cera en el molde [Autor].....	44
Figura 3.4 Aplicación del desmoldante [Autor].....	44
Figura 3.5 Tono de color a partir del gel coat [Autor].....	45
Figura 3.6 Capas cortadas de la fibra de vidrio [Autor].....	45
Figura 3.7 Pesaje de las capas de fibra de vidrio [Autor]	45
Figura 3.8 Aplicación de la capa de fibra en el molde [Autor].....	48
Figura 3.9 Aplicación de la resina en la capas de fibra [Autor].....	48
Figura 3.10 Utilización de un rodillo para una mejor adhesión [Autor].....	49
Figura 3.11 Tiempo de curado del material compuesto [Autor].....	49
Figura 3.12 Probetas cortadas, lijadas y medidas [Autor]	49
Figura 4.1 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco DIDE UTA [Autor].....	78

Figura 4.2 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco UTA [Autor]	80
Figura 4.3 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco ESPOL [Autor]	82
Figura 4.4 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco DIDE UTA [Autor].....	83
Figura 4.5 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco DIDE UTA [Autor]	85
Figura 4.6 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco UTA [Autor]	86
Figura 4.7 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA [Autor].....	88
Figura 4.8 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco ESPOL [Autor]	89
Figura 4.9 Correlación de la Temperatura de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco UTA [Autor].....	91
Figura 4.10 Correlación de la Temperatura de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA [Autor]	92
Figura 4.11 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco DIDE UTA [Autor].....	94
Figura 4.12 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco UTA [Autor]	96
Figura 4.13 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco ESPOL [Autor]	97
Figura 4.14 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco DIDE UTA [Autor]	99
Figura 4.15 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco DIDE UTA [Autor].....	100
Figura 4.16 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco UTA [Autor].....	102

Figura 4.17 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA [Autor]	103
Figura 4.18 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco ESPOL [Autor].....	105
Figura 4.19 Correlación de la Temperatura de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco UTA [Autor]	106
Figura 4.20 Correlación de la Temperatura de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA [Autor].....	108

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

“ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN UN MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METÁLICAS Y SU INFLUENCIA EN EL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD”

Autor: David Marcelo Paredes Villacis

Tutor: Ing. Mg. Byron Christian Castro Miniguano

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo experimental se desarrolló con el propósito de analizar el índice de inflamabilidad en materiales compuestos (fibra de vidrio + resina poliéster y fibra de vidrio + resina epóxica) pero a estas se le aplicó retardantes de llama al momento de su fabricación. En el diseño del experimento se obtuvo 12 combinaciones, obteniendo para cada una de ellas su respectivo índice de inflamabilidad, las probetas fueron fabricadas y analizadas a partir de la norma ISO 3795.

Diez de estas combinaciones marcaron para su índice de inflamabilidad un valor de cero convirtiéndoles en un material auto extinguiible, las dos restantes mostraron valores promedio de **2,77 mm/min y 5,06 mm/min**. A estas dos se las comparó con probetas sin retardante de fuego que fueron analizadas en el banco DIDE UTA, ESPOL y UTA. Se realizó una correlación de distancia vs tiempo, índice de inflamabilidad y temperatura, obteniendo correlaciones diferentes para cada caso. En el análisis ANOVA mediante un software se determinó que la adición de retardantes de llama influye en el índice de inflamabilidad de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING

MECHANICAL ENGINEERING CAREER

"ANALYSIS OF THE APPLICATION OF FLAME RETARDANTS (ALUMINUM HYDROXIDE, MAGNESIUM HYDROXIDE) IN A MATERIAL COMPOSED OF GLASS FIBER WITH POLYMERIC MATRIX USED IN THE MANUFACTURE OF THE INTERIOR OF METALLIC BODYWORKS AND ITS INFLUENCE ON THE FLAMMABILITY INDEX "

Author: David Marcelo Paredes Villacis

Tutor: Eng. Mg. Byron Christian Castro Miniguano

ABSTRACT

The experimental work was developed with the purpose of analyzing the flammability index in composite materials (glass fiber + polyester resin and glass fiber + epoxy resin) but these were applied flame retardants at the time of manufacture. In the design of the experiment 12 combinations were obtained, obtaining for each of them its respective flammability index, the test pieces were manufactured and analyzed from the ISO 3795 standard.

Ten of these combinations marked a value of zero for their flammability index, converting them into a self-extinguishing material, the remaining two showed average values of **2,77 mm/min y 5,06 mm/min**. These two were compared with test tubes without fire retardant that were analyzed in the bank DIDE UTA, ESPOL and UTA.

A correlation of distance vs time, flammability index and temperature was obtained, obtaining different correlations for each case. In the ANOVA analysis using software it was determined that the addition of flame retardants influences the flammability index of the materials used in the manufacture of the interior of metalworking bodies.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Tema del trabajo experimental

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN UN MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METÁLICAS Y SU INFLUENCIA EN EL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD.

1.2 Antecedentes

En el departamento de Ingeniería Mecánica y de Manufactura del Instituto de Tecnología Manipal en India los investigadores Pavan Hiremath, Arunkumar H S, Manjunath Shettar realizaron una investigación sobre el “Efecto del hidróxido de aluminio en las propiedades mecánicas y retardantes de fuego de compuestos híbridos GFRP”, conformó tres tipos de compuestos usando diferentes porcentajes en peso de hidróxido de aluminio en polvo 0, 3 y 6% , con 50% en peso de fibra, y lo restante de matriz polimérica, obteniendo en la prueba de retardo de fuego que con el mayor porcentaje de hidróxido de aluminio 6% se produjo una disminución en la velocidad de combustión (5 - 10) mm/ min [1].

En el laboratorio de Investigación Avanzada en Materiales Poliméricos del Instituto Central de Ingeniería y Tecnología del Plástico en India el investigador Sanjay K. Nayak realizó la investigación sobre el “Comportamiento de degradación e inflamabilidad de compuestos híbridos de Polipropileno / plátano y fibra de vidrio”, conformó varias muestras mezclando el polipropileno, fibras de plátano, fibra de vidrio, además agregó algunos tipos de retardantes como el hidróxido de magnesio, borato de zinc, ácido bórico, de este estudio se toma el comportamiento del hidróxido de magnesio en la muestra de plátano con polipropileno y fibra de vidrio obteniendo que con 15% de este retardante la velocidad de combustión es de 10 mm/min [2].

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato el Ingeniero Christian Byron Castro Miniguano en su trabajo de investigación previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Diseño Mecánico bajo el tema “Estudio del comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías y su incidencia en la homologación de modelo y competitividad de la empresa carrocera industria metálica Cepeda”, obtuvo que para la matriz polimérica del forro del techo la velocidad de combustión es de 27, 29 mm/min y para los forros laterales de 28 mm/min [3].

De la Maestría en Diseño Mecánico del Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas bajo el tema “Estudio de Polímeros Híbridos Estratificados de Matriz Poliéster Reforzada con Fibra de Vidrio y Cabuya como Material Alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en Guardachoques para Buses.”, se determinó que la fracción volumétrica de la matriz polimérica (resina poliéster) es 70% y del refuerzo 30% [4].

De la tesis del Ing. Alex David Jácome León que estudió en la Universidad Técnica de Ambato en la Carrera de Ingeniería Mecánica en su trabajo experimental bajo el tema “Estudio de la configuración de fibras del material compuesto de matriz epoxi reforzada con fibra de piña y su incidencia en las propiedades mecánicas en la fabricación de butacas deportivas.”, el cual trabajó con dos fracciones volumétricas, obtuvo que el material compuesto (resina epoxi + fibra de piña) con propiedades aceptables para la elaboración de butacas deportivas se da con una fracción volumétrica del 30% de material de refuerzo y 70% de matriz (resina epoxi) [5].

1.3 Justificación

Debido a la necesidad que se presenta en la industria carrocera por el alto nivel de volatilidad del material compuesto de fibra de vidrio con resinas poliéster y epóxica el estudio busca por medio de retardantes de llama disminuir el índice de inflamabilidad, ya que cuando el medio de transporte preste el servicio a la población y esté sufra un accidente al momento de la combustión del material, se desea que este material compuesto tarde más en quemarse y así dar mayor tiempo para salvaguardar las vidas de las personas.

Cuando los materiales compuestos se exponen a un flujo de calor suficientemente alto debido a un incendio, la matriz del polímero se descompone térmicamente produciendo gases volátiles, partículas de hollín en el aire (humo), la inflamabilidad de los materiales compuestos se reduce al romper las reacciones de ramificación de la cadena en el ciclo de combustión [6].

Mouritz, ha informado que la descomposición de la resina de poliéster comienza aproximadamente a los 350 °C, a mayores temperaturas la resina se descompone rápidamente después de un proceso endotérmico. A los 480 °C tiene una pérdida de peso de al menos del 5% de su masa inicial como carbón, esto demuestra que esta resina experimenta una volatilización sustancial [7].

A altas temperaturas se da una degradación severa de las propiedades de los compuestos de polímeros reforzados con fibra como la reducción de la resistencia y la rigidez, y aumento de la deformabilidad, expansión térmica y fluencia. Por encima de la temperatura de 100 °C, la degradación puede ser bastante rápida a medida que se alcanza la temperatura de transición vítrea de la matriz, esta varía con el tipo de resina utilizada y se encontró que era tan baja como 100 °C en algunas resinas y tan alta como 220 °C en otras. A partir de los estudios limitados, parece que hasta el 75% de la resistencia y rigidez del polímero reforzado con fibra de vidrio se pierde cuando la temperatura alcanza los 250°C [8].

Los más eficientes retardantes a la flama son los compuestos a base de halógeno como los éteres bifenílicos polibromados. Sin embargo, su utilización ha sido restringida debido a la liberación de gases tóxicos cuando se incendian, en su lugar se utilizan hidróxidos inorgánicos hidratados, aunque en una concentración mayor. En este sentido, el hidróxido de magnesio y de aluminio han sido los agentes retardantes a la flama más utilizados en la industria de los polímeros [9].

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar la aplicación de retardantes de llama de tipo inorgánico (hidróxido de magnesio y aluminio) en un material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metálicas y su influencia en el índice de inflamabilidad.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar el experimento adecuado para el ensayo de inflamabilidad.
- Preparar probetas para ensayos de análisis de inflamabilidad bajo las normas ISO 3795 y FMVSS 302.
- Ejecutar el experimento para los materiales utilizados en la construcción del interior de carrocerías.
- Evaluar los resultados de inflamabilidad de las probetas ensayadas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 Fundamentación Teórica

2.1.1 Materiales Compuestos

Es la combinación de dos o más materiales con el fin de obtener características y propiedades específicas. Los distintos materiales, pueden ser metálicos, cerámicos o poliméricos, conservan su identidad y se pueden identificar físicamente entre sí. Los materiales compuestos se desarrollan para cumplir con los requisitos de una aplicación en la que ningún material homogéneo es adecuado. Por lo tanto, un material compuesto tiene propiedades que son superiores a cualquier material constituyente solo [10].

Las siguientes son las cuatro categorías generales de compuestos basadas en su construcción física.

1. Partículas, escamas, esferas o bigotes de uno o más materiales incrustados en otro material, llamado matriz. Tanto la matriz como los refuerzos están disponibles como polímeros, metales y cerámicas. Los refuerzos de escamas se usan cuando se desean comportamientos mecánicos anisotrópicos. Siempre que los copos sean paralelos, se obtienen propiedades uniformes en el plano de refuerzo.
2. Fibras continuas o discontinuas incrustadas en otro material. Tanto la fibra como la matriz están disponibles como polímeros, metales y cerámicas. Las fibras discontinuas son largas o cortas, y su alineación puede ser unidireccional, bidireccional o aleatoria.
3. Compuesto relleno que se compone de una matriz continua porosa o en panal que se rellena con otro material.
4. Sandwiches, laminados y fibras tejidas de diferentes composiciones. Los laminados son compuestos en capas que consisten en dos o más capas diferentes unidas entre sí; las capas pueden diferir en material, forma u orientación. Los laminados que consisten en capas de materiales compuestos aumentan la resistencia a la flexión en comparación con un material compuesto de espesor total similar que contiene fibras

en una sola dirección. Los sándwiches son laminados de casos especiales que consisten en un núcleo grueso de baja densidad entre láminas delgadas de material de densidad comparativamente más alta.

Atendiendo a la naturaleza de la matriz, los materiales compuestos pueden clasificarse de acuerdo con el diagrama de la Figura 2.1. La matriz puede ser polimérica, cerámica o metálica; cada uno de estos grupos se subdivide a su vez con materiales específicos, como matriz orgánica de epoxi o de poliéster, o matriz metálica de aleación de aluminio o de titanio. La matriz a utilizar depende de la temperatura de servicio, las poliméricas (200 - 300°C), metálicas se asemeja a su punto de fusión y las cerámicas para temperaturas muy altas. El proceso de producción de un elemento realizado con material compuesto cambia significativamente según el tipo de matriz, estando actualmente más desarrollado para las matrices poliméricas, por su mayor simplicidad [11].

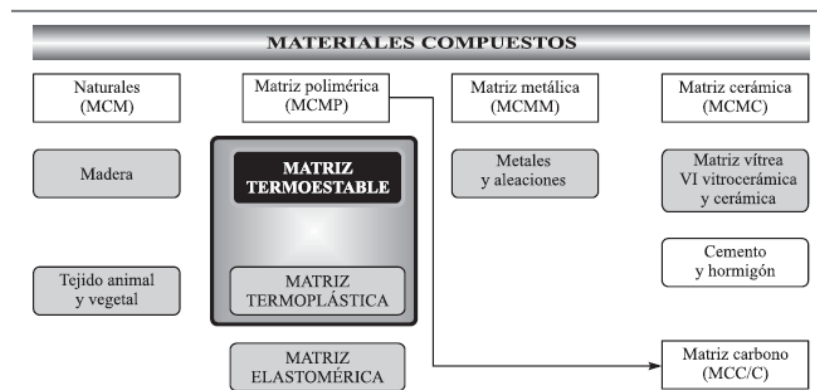


Figura 2.1 Clasificación de los materiales compuestos [11].

Los compuestos de matriz metálica (MMC) se pueden clasificar por la morfología del refuerzo de la matriz, que puede ser reforzado por dispersión, reforzado con partículas o reforzado con fibras [12].

La mayoría de los compuestos de matriz metálica (MMC) se basan en aluminio, reforzado con partículas de carburo de silicio. Por lo tanto, la rigidez del aluminio puede aumentarse en más de un 50% en compuestos particulados y duplicarse en sistemas reforzados con fibras, con una reducción en la densidad. Las matrices de titanio, níquel, cobalto, cobre y magnesio también están siendo activamente investigadas. Tales

materiales se producen por pulvimetalurgia, aleación mecánica, formación de presión de metal líquido, fundición por agitación, moldeo por compresión, deposición por pulverización y procesamiento reactivo. Su alta resistencia específica y rigidez los hacen materiales particularmente atractivos para estructuras aeroespaciales. Se está trabajando mucho en el campo de las aleaciones de titanio reforzado con fibra de SiC, como sustitutos de las superaleaciones en aplicaciones de discos y cuchillas.

Los MMC basados en níquel y cobalto se desarrollaron originalmente para cámaras de combustión de cohetes y boquillas. Se están desarrollando aleaciones de cobre reforzadas con fibra para aplicaciones de intercambio de calor en motores de aviones hipersónicos.

El rendimiento de los componentes del automóvil depende de una combinación de rigidez, buenas propiedades de fatiga a elevada temperatura y el rendimiento de resistencia al desgaste puede mejorarse mediante el uso de MMC de aluminio y magnesio. Los tipos más utilizados tienen una matriz de aluminio reforzado con partículas de carburo de silicio (SiC), que es relativamente barato y tiene una baja densidad.

La explotación comercial total se ha visto obstaculizada por una serie de factores. Los procesos de fabricación fiables han sido difíciles de desarrollar, las propiedades mecánicas se pueden degradar a través de reacciones interfaciales y métodos de procesamiento secundarios. Existe un consenso en la comprensión de las propiedades entre el diseñador de materiales y el ingeniero de aplicaciones. Los MMC ofrecen un rendimiento mejorado, pero a un costo mayor, que debe estar justificado [12].

El fin de obtener un MCMC es decir un material compuesto de matriz cerámica es tener un material que soporte altas temperaturas y que su tenacidad cumpla con los estándares al momento de fabricar una estructura, por ejemplo en los automóviles de competición de carreras, equipos enviados al espacio utiliza un revestimiento de tejidos tridimensionales de fibra de grafito combinado con una matriz de carbono [11].

Debido al costo de elaboración y rápido procesamiento en el momento de la manufactura los materiales compuestos a base de matriz polimérica ocupan un mayor espacio en el campo industrial. A partir de los años 50, vehículos ocupados tanto por civiles y militares fueron poco a poco incorporando estos materiales en la estructura, con el pasar del tiempo este material llegaba a ocupar más del 50% del peso estructural. En la Tabla 2.1 describe rápidamente la evolución de la introducción de estos nuevos materiales en el mercado. A partir de la fibra refuerzo a utilizar los materiales compuestos se dividen en: CFRP (polímero reforzado con fibra de carbono), GRP (polímero reforzado con fibra de vidrio) y AFRP (polímero reforzado con fibra de aramida) [11].

Tabla 2.1 Resumen de la evolución de los materiales compuestos de matriz polimérica.

1878	T.A. Edison produce filamentos de carbono (patente) a partir de cabello humano y crin de caballo para filamentos de lámpara de incandescencia.
1935	Se inventa la resina de poliéster.
1937	Comienzo de la producción de fibras continuas de vidrio de Japón.
1942	Primero bote construido con fibra de vidrio y matriz de poliéster.
1952	Comienza la investigación de filamentos de grafito en el Royal Aerospace Establishment en Inglaterra.
1958	Firma de sendos contratos del Air Force Materials Laboratory de los EEUU, con Texaco y Unión Carbide para el desarrollo de filamentos de boro y carbono respectivamente.
1959	Desarrollo de fibras de grafito de alta resistencia en Japón.
1960	Desarrollo de la “teoría del refuerzo mediante fibras”.
1964	Comienzo de la producción de fibras de poliacrilonitrilo (PAN) por Courtaulds y Rolls-Royce.
1970	Primer vuelo del Grumman F-14 con revestimientos de estabilizadores contruidos con material compuesto boro/epoxi.
1972	Du Pont Co. comercializa el “kevlar”.
1974	Primer vuelo del General Dynamics F-16 con revestimientos de estabilizadores contruidos con material compuesto carbono/epoxi.

1978	Primer vuelo del McDonnell-Douglas F/A-18 ^a con revestimientos de ala y estabilizadores y otros elementos estructurales construidos con material compuesto carbono/epoxi, totalizando casi un 10% del peso estructural
1981	Primer vuelo del McDonnell-Douglas AV-8B en el que se utiliza material compuesto carbono/epoxi también en los largueros del ala y en el fuselaje anterior.
1988	Entrada en servicio del Airbus A320, primera aeronave comercial en emplear material compuesto carbono/epoxi en su estructura primaria, en concreto en los estabilizadores.
2005	Primer vuelo del Airbus A380 que utiliza en su estructura cerca de un 25% en peso de material compuesto con un total de unos 58000 kg.
2009	Primer vuelo del Boeing B787 con 50% del peso de su estructura, incluyendo ala y fuselaje, realizado en material compuesto carbono/epoxi, con un total de unos 75000 kg de dicho material.
2012	Primer vuelo previsto del Airbus 350.

Fuente: [11]

2.1.2 Matriz Polimérica

Dos familias principales de matrices de plástico con diferente rendimiento y propiedades se utilizan para compuestos; esta dispersión de propiedades se debe a la distribución espacial de diferentes tipos de módulos y al grado de cristalinidad.

La primera familia es termoendurecible, son materiales sintéticos que se pueden fortalecer calentando, pero si se calientan más allá de un límite específico, se dañarán irreversiblemente. Además, después de la polimerización, no se pueden volver a moldear, recalentar o volver a su estado inicial. Las piezas están destinadas a servir en ambientes de alta temperatura.

Los plásticos (resinas) termoestables más comunes son: poliéster, fenólico, silicona y epoxi. Las matrices típicamente empleadas en el área de compuestos aparecen, antes de la aplicación, en un estado más o menos viscoso. En esta fase, aún no se han sometido a

reticulación y para activar el proceso, se deben agregar agentes específicos al polímero, conocidos como catalizadores en la fase de matrices de poliéster, y endurecedores en caso contrario. El tiempo de reticulación se puede controlar agregando algunos aceleradores o inhibidores. El tiempo de entrecruzamiento está muy influenciado por la temperatura en relación opuesta (disminuye a medida que aumenta la temperatura). El tipo de matriz elegida apenas afecta las propiedades mecánicas de las partes en la dirección de las fibras. La matriz es la parte que se encarga de contactar con el entorno, por lo tanto debe resistir la corrosión, el calor y la abrasión. Algunas aplicaciones son contenedores de fluidos corrosivos, componentes automotrices, contenedores de alimentos, etc.

La segunda familia es termoplástica, que se puede convertir en líquido cuando se calienta, pero una vez enfriada, conservan sus propiedades, y se puede remodelar, refundir y tratar con calor incluso después de la polimerización. Algunas aplicaciones de termoplásticos se ven obstaculizadas por las aplicaciones de baja temperatura, que se utilizan para geometrías de piezas complejas de una manera fácil y rápida. Estas matrices consisten en polímeros termoplásticos lineales o ramificados y pueden fundirse y modelarse calentándolas, y durante la solidificación no se produce ningún cambio químico. Se puede fabricar mediante un proceso de forjado en cualquier forma predeterminada mediante diferentes técnicas, por ejemplo, procesos de inyección o extrusión. Se obtiene mediante la fusión de estos polímeros, y al inyectarlos dentro del molde y ya que está en interacción con las paredes del molde, se solidificará con el paso del tiempo. Este proceso puede repetirse muchas veces sin realizar cambios extensos en el rendimiento de la resina, ya que pierden algo de dureza en la etapa de alta temperatura, por lo que siempre vuelven a adquirir un estado sólido a una temperatura particular. Las resinas termoplásticas se dividen en: tipo cristalino (tiene estructura cristalina) que es opaco a la luz, y amorfo, que tiene una estructura amorfa y, en general, es transparente a la luz. Las regiones cristalinas de dichos materiales se clasifican por temperaturas de fusión. Las regiones amorfas se clasifican por su temperatura de transición vítrea (la temperatura para pasar repentinamente de un estado vídrioso muy

rígido a uno mucho más blando y gomoso). Esta transición ocurre con la activación de algunos movimientos de las macromoléculas que componen el material.

Por debajo de esta temperatura, las cadenas de polímero tienen problemas para moverse y tienen posiciones muy restringidas. El uso de termoplásticos solo en aplicaciones estructurales carecerá de la rigidez necesaria para soportar la carga. Por lo tanto, se necesitan refuerzos de fibra. Con base en sus estructuras químicas, los termoplásticos pueden llegar a más de 50 tipos diferentes. Algunos son: estirénicos (poliestireno), acrílicos (polimetilmetacrilato), poliolefinas (polipropileno, polietileno), fluoropolímeros (policlorotrifluoroetileno), vinilos (policloruro de vinilo), poliésteres (tereftalato de polietileno), polímeros que contienen azufre (polisulfona) y muchos otros. La tabla 2.2 contiene las características básicas de algunas matrices de plástico [13].

Tabla 2.2 Características de algunas matrices plásticas

Resina	Tipo	Densidad (g/cm^3)	Módulo de Young (N/mm^2)	Resistencia a la tracción (N/mm^2)
Epoxi	Termoendurecible	1.1 - 1.4	2100 - 5500	40 - 85
Fenol	Termoendurecible	1.2 - 1.4	2700 - 4100	35 - 60
Poliéster	Termoendurecible	1.1 - 1.4	1300 - 4100	40 - 85
Acetal	Termoplástica	1.4	3500	70
Nylon	Termoplástica	1.1	1300 - 3500	55 - 90
Policarbonato	Termoplástica	1.2	2100 - 3500	55 - 70
Polietileno	Termoplástica	0.9 - 1.0	700 - 1400	20 - 35

Fuente: [13]

En general, la resistencia de la fibra para los compuestos reforzados con fibras de base polimérica es generalmente mayor que la de la matriz y la deformación de la fibra es menor que la de la resina, por lo que las características compuestas están de alguna manera entre estos dos propiedades constituyentes como se representa en la figura 2.2.

La figura 2.3 muestra la deformación hasta el fallo de varias fibras (E-glass, S-glass, aramid y fibras de carbono de alta resistencia) sin estar en forma compuesta. Aquí se

puede ilustrar que, por ejemplo, la fibra de vidrio S, con un alargamiento a la rotura de aproximadamente el 5,6%, requerirá una resina con un rompimiento de alargamiento de al menos este valor para lograr propiedades de tracción máximas.

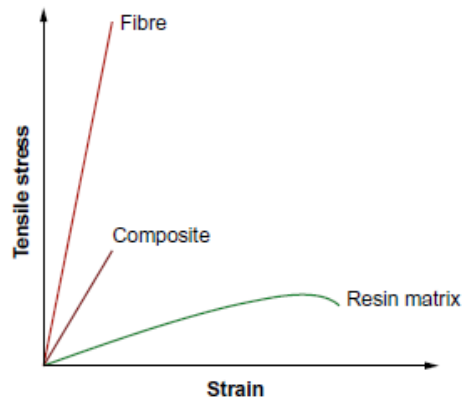


Figura 2.2 Diagrama esfuerzo-tensión de los compuestos basados en polímeros y sus constituyentes [13].

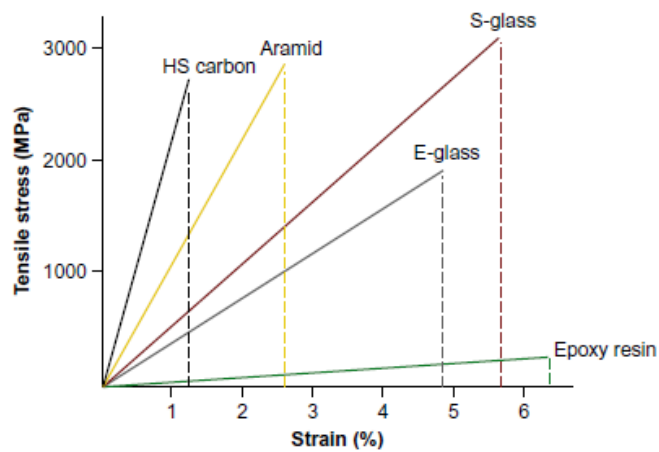


Figura 2.3 Tensiones típicas y la tensión de rotura de algunas fibras sintéticas comparables a la matriz Epoxi [13].

Las matrices termoestables son normalmente isotrópicas, pero pierden sus propiedades de rigidez a la temperatura de distorsión térmica, que define un límite superior efectivo para su uso en componentes estructurales, las más utilizadas son [14]:

- Resinas poliéster
- Resinas viniléster

- Resinas epoxi

2.1.3 Resina Poliéster

En la industria de la manufactura son las más utilizadas de entre todas las matrices termoestables y, debido a su fácil manejo, acceso y costo accesible, son las de mayor uso en la fabricación estructuras y carrocerías en serie. Como una de sus principales características es que posee una baja temperatura de transición vítrea, al compararse con el acero tanto su resistencia y rigidez su valor no es muy elevado. En el proceso de secado o endurecimiento su conformación tiende a contraerse hasta un 10%, siendo una gran desventaja. Su viscosidad depende si son resinas de laminados manuales o específicas, para el primer caso su viscosidad para temperatura ambiente se acerca a los 300 centiPoise, y para el otro su valor esta alrededor de 100 centiPoise.

El octoato de cobalto y el mek peróxido actúan en este tipo de resina como su acelerador y catalizador respectivamente. Para que no exista un declive en sus propiedades a este tipo de resina no debe tener contacto con la humedad, no sufrir altas temperaturas y no recibir la luz solar. Su punto de ebullición es por debajo de los 60°C, el estireno que actúa como su disolvente es altamente inflamable ya que su punto de inflamación es cercano a los 33°C. [21].

2.1.3.1 Tipos de resinas poliéster

Al momento de agregar productos químicos como alcoholes y ácidos las resinas cambian su estructura química obteniendo así diferentes tipos de ellas y según la naturaleza de sus monómeros constituyentes, se dividen en:

- a) Ortoftálicas: Las de mayor uso, esto se debe a su accesible costo, su poder de absorción es de hasta un 2.5% de agua en inmersiones prolongadas. Utilizada en los procesos generales.
- b) Isoftálicas: Comparado con las ortoftálicas sus propiedades mecánicas son más altas, y en el caso del uso de ambientes donde está presente el agua tiene mejor resistencia es decir que la absorción es menor.

- c) Bisfenólicas: Comprado con el caso de las dos anteriores las propiedades mecánicas son mejores, y con esto trae que su costo sea más elevado. Esta resina es ideal para ambientes corrosivos [21].

2.1.4 Resina epóxica

Tanto sus propiedades físicas y mecánicas son mejores que las que presentan la resina poliéster y viniléster, además que presenta una increíble adhesión entre fibras, debido a eso al momento de conformar materiales compuestos con un porcentaje de alta calidad esta resina es la más utilizada.

Son matrices termoendurecibles, su principio se basa en los epóxidos, el más utilizado entre ellos es el bisfenol A, para su secado o endurecimiento se da por poliadición (polimerización por adición) al reaccionar ante las aminas que son agentes de curado. En general sus características finales dependen del epóxido que se utilice y de su agente de reticulación.

Esta resina se utiliza en altas temperaturas, debido a que su dureza es superior que el poliéster. Cuando llega el momento del curado, un gran porcentaje de estos tipos de matrices necesitan la presencia de calor externo, a esto se lo conoce como post-curado.

2.1.4.1 Clasificación de las resinas epoxi

En la figura 2.4 se muestra la composición química normal de la resina epoxi, pero al ir modificando sus estructuras químicas a esta resina se la puede dividir en tres grupos:

- a) TGMDA (tetraglicidil metilen dianilina): Tanto los valores de su temperatura de servicio y módulo de elasticidad son altos ya que es directamente proporcional a su densidad de endurecimiento.
- b) DGEBA (diglicidil eter de bisfenol A): En los últimos años es la más utilizado, presenta como su epóxido al bisfenol A, el cual tiene epoclorohidrina, como características esenciales presenta una mayor deformación a la rotura, un bajo porcentaje de absorción de agua, todo esto se da en el momento del curado.
- c) Fenol-formaldehído epoxi novolaca: Su característica principal es la presencia del novolaca (resina termoplástica), al aumentar esta la temperatura de transición vítrea

aumenta pero esto ocasiona que una de sus propiedades mecánicas como la deformación de ruptura disminuya. Al momento del curado a comparación con las otras presenta mayor densidad de entrecruzamiento [21].

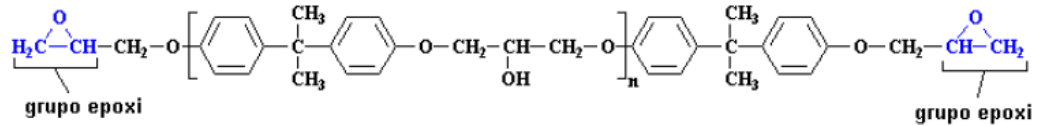


Figura 2.4 Resina Epoxi composición química [22]

2.1.4.2 Propiedades de la resina epoxi:

- Buenas propiedades mecánicas hasta 180°C.
- Cuando existe la presencia agentes químicos su resistencia es aceptable.
- En medios corrosivos presenta buena resistencia.
- Durante el proceso de curado su contracción es baja, es decir menor al 1%.
- Buenas propiedades eléctricas y térmicas.
- Proporcionan un buen aislamiento eléctrico.
- La viscosidad de las resinas epoxi es muy elevada.
- Humectación y adherencia óptima [21].

Tabla 2.3 Características de las matrices termoestables

Propiedad	Matriz				
	Poliéster insaturado	Resina Epoxi	Resina Fenólica	Resina Viniléster	Resina Poliamida
Densidad (g/cm^3)	1.17 – 1.26	1.17 – 1.25	1.25 – 1.3	1.17 – 1.25	1.27 – 1.42
Alargamiento (%)	< 3	6 - 8	< 3	3.5 - 7	6 - 10
Fluencia	Muy baja				
Temperatura de Moldeo (°C)	T_{amb} hasta 180	T_{amb} hasta 170	150 - 190	T_{amb} hasta 175	≈ 350

Temperatura de Reblandecimiento (°C)	80 - 160	80 - 130	100 - 150	100 - 150	260
Propiedades reológicas	Muy Buenas				Función de la resina
Calor de reacción	Reacción exotérmica dependiente de la geometría de la pieza				
Contracción de fraguado (%)	6 - 10	1 - 3	0.5 - 1.5	0.1 - 1	0.5 - 0.7
Contracción posterior (%)	Hasta 3	Ninguna	Hasta 0.4	Hasta 1	Casi ninguna
Resiste a:	Agua, soluciones acuosas, fuel, gasolina	Alcohol, gasolina, benzol, aceites y grasas	Alcohol, gasolina, benzol, aceites y grasas	37% HCl, ClO₂ , agua salina, alquitranes	-
No resiste a:	Agua hirviendo, ácidos y lejías, benzol y alcohol	Agua hirviendo, ésteres, ácidos y bases, cetonas	Ácidos y bases concentradas	H₂SO₄ al 75%, NaCl al 6%, NaOH al 15%, agua hirviendo	-
Inflamabilidad	No auto extinguido	Difícilmente inflamable, después arde	Difícilmente inflamable	No auto extinguido	-

Fuente: [14]

2.1.5 Función de la fibra en el material compuesto

Las fibras se utilizan en compuestos poliméricos porque son fuertes, rígidas y livianas, las fibras son más fuertes que el material a granel que constituye las fibras debido a su orientación preferencial de las moléculas a lo largo de la dirección de la fibra y debido al

número reducido de defectos presentes en las fibras en comparación con el material a granel. Los requisitos estructurales y funcionales deseables de las fibras en materiales compuestos son un alto módulo elástico para un uso eficiente del refuerzo, alta resistencia final y baja variación de resistencia entre fibras individuales, estabilidad de las propiedades durante la manipulación y fabricación, uniformidad del diámetro de fibra y superficie, alta dureza, durabilidad, disponibilidad en formas adecuadas y costo aceptable. En la industria los tipos de fibras más empleadas en la conformación de compuestos son vidrio, carbono y aramida.

Todas estas fibras exhiben un comportamiento elástico lineal bajo carga de tracción hasta la falla sin mostrar ningún rendimiento. Las propiedades de varios tipos de fibras de refuerzo se resumen en la Tabla 2.4, en la figura 2.5 se presentan curvas tensión-deformación para varias casos de fibras que se utiliza como refuerzo [15].

Tabla 2.4 Características de los principales tipos de fibras utilizadas como refuerzo

Fibra	Precio (€/kg)	Densidad (g/cm ³)	Diám. (μ m)	Mód. E (GPa)	Tensión máxima a tracción (MPa)	Resistencia térmica (°C)
Aramida	20 – 46	1,39 – 1,47	12	58 – 186	2800 – 3400	150 – 425
Polietileno	20 – 46	0,97	27 – 38	87 – 172	2600 – 3300	< 100
Vidrio C	4 – 20	2,45	20	71	3100	750
Vidrio E	1 – 4	2,6	8 – 20	72 – 73	3400 – 3500	840
Vidrio R o S	8 – 46	2,5 – 2,53	10	86 – 87	4400 – 4600	970
Carbono HT	25	1,75 – 1,83	7,8	228 – 238	2700 – 3500	Hasta 3000
Carbono HS	36 – 46	1,78 – 1,83	5,7	230 – 270	3900 – 7000	
Carbono HM	100	1,79 – 1,91	6,5 – 8	350 – 490	2000 – 3200	

Fuente: [14]

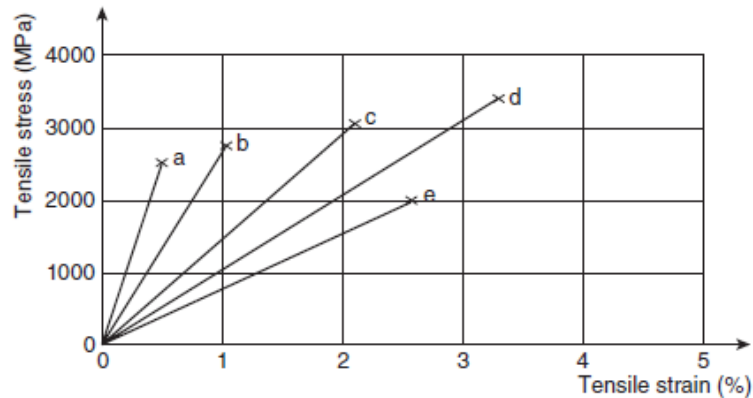


Figura 2.5 Curvas tensión-deformación de fibras de refuerzo: (a) carbono (módulo alto); (b) carbono (alta resistencia); (c) aramida (Kevlar 49); (d) vidrio S; (e) E-vidrio [15].

2.1.5.1 Fibra de vidrio como refuerzo

Si se habla como refuerzo la fibra de vidrio desde el inicio de la conformación del material compuesto fue el más empleado, y hasta hoy lo sigue siendo, esto se debe a los siguientes factores, un precio razonable en el mercado, de fácil accesibilidad, en el momento de la manipulación y procesamiento de fácil manejo, y lo que se refiere a lo más importante desde el punto de vista de un ingeniero posee propiedades mecánicas buenas por ejemplo alta resistencia y van mejorando cuando se le agrega una matriz

Las características que más sobresalen de la fibra de vidrio son:

- Buena adherencia fibra-matriz.
- El valor de la resistencia mecánica específica al momento de la conformación es alto
- Buenas propiedades dieléctricas.
- Estabilidad dimensional.
- Cuando existe la presencia de agentes químicos, a lo se refiere a su resistencia es alta.

Basado en su composición química (hace que tenga diferentes propiedades) la fibra de vidrio se divide en:

- Vidrio E (eléctrico): Durante toda su utilización se la enfoca más al campo de la electricidad, es la más económica en el mercado y a su vez también presenta una excelente relación propiedades/precio.
- Vidrio R (resistencia) o S (“strength”): Enfocada a los campos donde se necesita mayor resistencia mecánica es decir a los medios como la aviación, espacio y fabricación de armas.
- Vidrio A (gran porcentaje de álcali): Presenta menor resistencia mecánica que las de tipo R.
- Vidrio C (“chemical”): Referente a las propiedades mecánicas se establecen en medio de las de tipo A y E. Como su nombre lo indica alta resistencia química.
- Vidrio D (dieléctrico): Enfocadas a lo se refiere al campo electrónico.
- Vidrio B (Boro): Presenta propiedades eléctricas de altos estándares y lo que se refiere a su vida útil tiene gran durabilidad, uno de sus principales compuestos es el borosilicato de calcio (porcentaje bajo de álcali) [14].

2.1.6 Ingeniería del fuego

El fuego se define como el estado, proceso o momento de la combustión en el que las sustancias se combinan químicamente con el oxígeno del aire y emiten luz, calor y humo [18].

En el capítulo 3 Principios fundamentales de la ciencia del fuego de la Investigación de NFPA 921 (2001) en la química de la combustión, el investigador de un incendio debe tener conocimientos básicos de los principios de ignición y combustión y ser capaz de aplicarlos para que le ayuden a interpretar las pruebas en el lugar de los hechos y el establecimiento de conclusiones relativas al origen y causa del incendio.

El tetraedro del fuego. La reacción de combustión se puede caracterizar por química auto mantenida. Estos cuatro componentes se han simbolizado clásicamente mediante el sólido de cuatro caras llamado tetraedro, los incendios se pueden evitar o suprimir controlando o eliminando una o más de las caras del tetraedro, un bosquejo de este tetraedro se muestra en la figura 2.6.

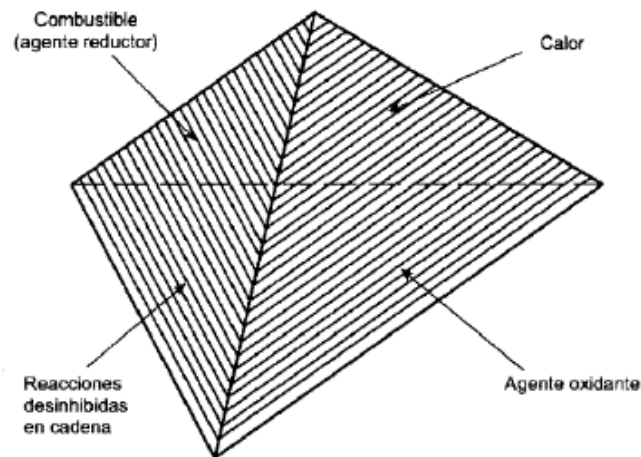


Figura 2.6 Tetraedro de fuego [17]

A continuación se explica cada parte del Tetraedro de fuego:

a) Combustible. Es cualquier sustancia que puede experimentar combustión. La mayoría de los combustibles son orgánicos y contienen carbono y una combinación de hidrogeno y oxígeno en distintas proporciones. En algunos casos habrá nitrógeno. Algunos ejemplos son la madera, plásticos, gasolina, alcohol y gas natural. Los combustibles inorgánicos no contienen carbono. Entre ellos están los metales combustibles, como el magnesio o el sodio.

En la Investigación de NFPA 921 (2001) toda la materia puede existir en una de estas tres fases: sólida, líquida o gaseosa. La fase en la que se encuentra un material depende de la presión y la temperatura y puede variar si las condiciones varían. Si hay suficiente frío, por ejemplo el dióxido de carbono puede ser sólido (hielo seco).

La fase normal de material es aquella en la que se presenta en condiciones normales de temperatura (21°C o 70°F) y presión 14.7 psi, 101.6, kPa o 1 atmosfera) a nivel del mar.

La combustión de un combustible sólido o líquido tiene Lugar sobre su superficie, en una zona en que se forman vapores debido al calentamiento de esa superficie. El calor puede proceder de las condiciones ambientales, de la presencia de una fuente de ignición o de la exposición a un fuego declarado.

La aplicación del calor hace que el combustible libere vapores o productos de la combustión a la atmósfera, donde pueden arder si se mezclan con el aire y si existe

una fuente de ignición adecuada, o si se alcanza la temperatura de auto ignición del combustible.

Algunos materiales sólidos pueden sufrir una reacción de carbonización, cuando el oxígeno reacciona directamente con el material, la carbonización puede ser la fase inicial o final de la combustión. A veces la carbonización acaba en llamas; en otras ocasiones continua así hasta el final del incidente.

Los combustibles gaseosos no requieren que se produzca vaporización o pirolisis antes de la combustión. Solo son necesarias la mezcla del combustible con aire y la presencia de una fuente de ignición.

La forma de un combustible sólido o líquido es factor importante en su ignición y su velocidad de combustión. Por ejemplo, un aserrín fino arde mucho más fácil y rápidamente que un bloque de madera.

Algunos líquidos inflamables, como la gasolina, no arden fácilmente en un depósito pero si pueden arder y quemarse rápidamente en forma de pulverizado fino o neblina [17]

- b) **Agente oxidante.** En la mayoría de los fuegos, el agente oxidante o comburente es el oxígeno de la atmosfera de la tierra. Se pueden producir incendios en ausencia del oxígeno atmosférico si los combustibles se mezclan con oxidantes químicos. Muchos oxidantes químicos contienen oxígeno que se libera fácilmente. Por ejemplo, el nitrato amoníaco utilizado como abono (NH_4O_3), el nitrato potásico (KNO_3) y el peróxido de hidrogeno (H_2O_2).

El aire normal contiene un 21 por 100 de oxígeno. En las atmósferas ricas en oxígeno, como Las zonas en las que se utiliza oxígeno médico o en las cámaras hiperbáricas médicas o de buceo, la combustión se acelera mucho.

Los materiales ignífugos o que arden lentamente en el aire, pueden hacerlo vivamente cuando existe oxígeno adicional.

La combustión se puede iniciar en atmósferas que contengan muy poca proporción de oxígeno, según sea el combustible implicado. A medida que aumenta la temperatura ambiente, se reducen las necesidades de oxígeno. Mientras que la combustión con llama se puede producir a concentraciones de solo el 14-16 por 100 de oxígeno en el aire a temperatura ambiente de 21°C (70°F), la combustión con

llama, a temperaturas superiores a la de combustión súbita generalizada, puede continuar aunque la concentración de oxígeno se aproxime al 0 por 100.

Además, la combustión sin llama, una vez iniciada, puede continuar con poco oxígeno incluso aunque en los alrededores haya una temperatura relativamente baja.

En la Investigación de NFPA 921 (2001) cuanto más alta sea la temperatura ambiente, menos oxígeno se necesita. Por eso es por lo que la madera y otros materiales continúan consumiéndose aunque ardan en una habitación cerrada con oxígeno. Los combustibles que están envueltos en una capa de productos de la combustión calientes y sin oxígeno, en la parte superior de la habitación, se pueden consumir también.

“El combustible arde solo cuando la relación aire/combustible cae dentro de ciertos límites conocidos como límites de inflamabilidad (de explosividad). En los casos en que los combustibles forman mezclas inflamables con el aire, existe una concentración mínima de vapor en el aire por debajo de la cual no se propaga la llama. Eso se llama límite inferior de inflamabilidad.”

También hay una concentración máxima por encima de la cual la llama no se propaga, que se llama límite superior de inflamabilidad. Estos límites se expresan generalmente en porcentaje de vapor o gas en el aire, en volumen.

Estos límites de inflamabilidad se corrigen normalmente a una temperatura de 0°C (32°F) y presión de 1 atmósfera. Los aumentos de temperatura y presión reducen los límites inferiores de inflamabilidad posiblemente por debajo de 1 por 100 y aumentan los límites superiores de inflamabilidad.

“Estos límites superiores pueden ser, para algunos combustibles a alta temperatura, próximos al 100 por 100. Un descenso en la temperatura y la presión tendrá el efecto contrario. Cuando se utilizan los valores de los límites de inflamabilidad que encontramos en textos técnicos, hay que hacerlo con cuidado. Los valores aludidos se basan a menudo en un solo aparato de experimentos que no cumple necesariamente las condiciones que se encuentran en la práctica.”

El margen de mezclas entre el límite inferior de inflamabilidad y el superior, se llama margen de inflamabilidad (o explosividad). Por ejemplo, el límite inferior de

inflamabilidad de la gasolina a presión y temperatura normales, es del 1.4 por 100 y el superior es del 7.6 por 100.

En la actualidad las concentraciones entre el 1.4 y el 7.6 por 100 en volumen constituyen el margen de inflamabilidad (de explosividad). A igualdad de todos los demás factores, cuanto mayor sea el margen de inflamabilidad, mayor es la probabilidad de que la mezcla entre en contacto con una fuente de ignición y, por tanto, mayor el peligro del combustible.

El acetileno, con un margen de inflamabilidad entre 2.5 y 100 por 100 y el hidrógeno, con tal margen entre el 4 y el 75 por 100, se considera muy peligrosos y es muy probable que se incendien cuando se liberan.

“Los incendios se producen normalmente o con un exceso de aire o con un exceso de combustible. Si hay exceso de aire, se considera que el incendio depende del combustible. Cuando hay más combustible que aire, un hecho que se produce con frecuencia en incendios ya desarrollados en habitaciones amplias o lugares cerrados, se considera que el incendio depende de la ventilación.”

En un incendio en lugar cerrado que depende del combustible, toda la combustión tendrá lugar dentro del lugar y los productos de la combustión serán en gran medida los mismos que si el material ardiera al aire libre. En un incendio en lugar cerrado dependiente de la ventilación, la combustión dentro del lugar será incompleta.

La velocidad de combustión estará limitada por la cantidad de aire que entre en el lugar o habitación. Esto hará que el combustible sin quemar y otros productos de la combustión incompleta salgan del compartimento y se propaguen por lugares adyacentes. Los fuegos que dependen de la ventilación pueden producir grandes cantidades de monóxido de carbono.

Si los gases salen inmediatamente por una ventana o a una zona donde haya oxígeno suficiente, se quemarán y arderán si se encuentran por encima de su temperatura de ignición. Si salen a una zona en la que el fuego ha hecho que la atmósfera contenga menos oxígeno, como una capa gruesa de humo en una habitación adyacente, es probable que cese la propagación de la llama en esta dirección, aunque los gases puedan estar suficientemente calientes para causar carbonización y grandes daños por el calor [17].

- c) **Calor.** La cara del tetraedro correspondiente al calor representa la energía calorífica por encima del nivel mínimo necesario para liberar vapores combustibles y causar la ignición. El calor se define normalmente en términos de intensidad o velocidad de calentamiento (Btu/s o kilowatios) o como energía calorífica total producida durante un tiempo (Btu o kilojulios). En un incendio, el calor produce vapores combustibles, causa la ignición y favorece el desarrollo del fuego y la propagación de las llamas al mantener un ciclo continuo de producción e ignición del combustible [17].
- d) **Reacción química auto-mantenida.** La combustión es un complejo conjunto de reacciones químicas que producen la oxidación rápida de un combustible, dando lugar a calor, luz y a distintos subproductos químicos. La oxidación lenta, como la de los metales o el amarilleo del papel de periódicos, produce tan poco calor que no da lugar a combustión.

La combustión auto-mantenida se produce cuando el mucho calor procedente de una reacción exotérmica es radiado otra vez hacia el combustible, produce vapores y causa la ignición en ausencia de la fuente original de ignición. Para una explicación más detallada de la ignición.

La combustión de los sólidos se puede producir mediante dos mecanismos: las llamas y las brasas. La combustión con llama tiene lugar en la fase gaseosa o de vapor de un combustible. En los combustibles sólidos y líquidos, esta fase se produce por encima de su superficie. La combustión por brasas o sin llama es un fenómeno de combustión superficial con combustibles sólidos, que produce una menor liberación de calor y no produce llama visible. Los incendios por brasas sufren con frecuencia una transición a combustión con llama, una vez producida la energía total suficiente o si aparece una corriente de aire que acelera la combustión [17].

Transmisión de calor. La transmisión de calor es un factor importante en los incendios que afecta a la ignición, desarrollo, propagación, disminución (reducción de la energía liberada) y extinción. La transmisión de calor es además responsable de gran parte de las pruebas físicas que utilizan los investigadores cuando tratan de establecer el origen y causa de tal incendio.”

Es importante distinguir entre calor y temperatura. La temperatura es una medida que expresa el grado de actividad molecular de un material en comparación con un punto de referencia, como el de congelación del agua.

El calor es la energía necesaria para mantener o variar la temperatura de un objeto. Cuando se transmite energía calorífica a un objeto, su temperatura aumenta. Cuando ese objeto transmite calor, su temperatura disminuye.

El calor se transmite siempre desde una masa a alta temperatura a otra a baja temperatura, la transmisión de calor se mide en términos de cantidad de energía por unidad de tiempo (Btu o kilowatio). Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre los objetos, mayor energía se transmite por unidad de tiempo y mayor es la velocidad de transmisión de calor [17].

2.1.6.1 Inflamabilidad

Por la comunidad de bomberos, la "inflamabilidad" puede asociarse de manera flexible con la combustibilidad de un material o su riesgo inherente de incendio. Sin embargo, esta definición es ambigua porque tanto la combustibilidad como el peligro de incendio son complejos y dependen de muchos parámetros relacionados con el material, su configuración de uso final y las condiciones ambientales. Es más útil definir la inflamabilidad en términos de características que pueden medirse directamente o deducirse a partir de pruebas de laboratorio y luego utilizarse para asignar clasificaciones relativas a diferentes materiales. Con esto en mente, una definición mejor aún imperfecta de inflamabilidad es: la facilidad con la que se enciende un material, la intensidad con la que se quema y libera calor una vez que se enciende, su propensión a propagar el fuego y la velocidad a la que genera humo y productos tóxicos de combustión durante la gasificación y la combustión [16].

2.1.6.2 Inflamabilidad en Compuestos

La baja resistencia térmica de los materiales compuestos a altas temperaturas se considera la principal limitación para el uso de estos en aplicaciones que requieren una alta resistencia térmica; de ahí que una forma importante de aumentar su poder para resistir la llama y mejorar el calor y las propiedades de resistencia térmica de los

“composites” es tratarlos con retardantes de llama. Estos aditivos deben procesarse fácilmente con los materiales compuestos, no deben degradar excesivamente las otras propiedades de rendimiento, y no deben crear problemas ambientales en términos de reciclaje o eliminación, la figura 2.7 presenta un ejemplo del ciclo de fuego en una fibra polimérica textil.

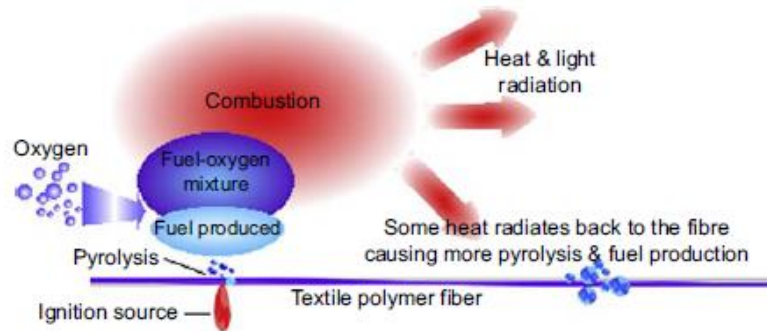


Figura 2.7 Ciclo del fuego [19]

Los retardantes de llama definidos como productos químicos tienen la capacidad de resistir las llamas directas, ya que funcionan para evitar la entrada de fuego en el material, así como para evitar la propagación de llamas e incluso extinguirlas por completo. El tratamiento puede ser durante o después de la fabricación de los productos a proteger contra la combustión. El desarrollo de retardantes de llama permitió el uso seguro de estos compuestos que tienen una naturaleza inflamable al reducir su inflamabilidad y reducir la velocidad de combustión. La mayoría de los retardantes de llama consisten en fósforo, antimonio, cloro, bromo, boro y nitrógeno [19].

2.1.6.3 Mecanismos de descomposición térmica

Si a los materiales compuestos se les ataca a cantidades excesivas de flujo de calor sea este por un incendio, la matriz del polímero y las fibras se descompondrán térmicamente para producir gases volátiles, carbón carbonoso sólido y partículas de hollín en el aire (humo). Los volátiles consistían en una variedad de vapores y gases, ambos inflamables (por ejemplo, monóxido de carbono, metano y compuestos orgánicos de bajo peso molecular) y no inflamables (dióxido de carbono, agua).

Estos se difunden desde los materiales compuestos en descomposición a la zona de fuego, donde los volátiles inflamables reaccionan con el oxígeno en la atmósfera de fuego y generan productos finales de combustión (generalmente dióxido de carbono, agua, partículas de humo y una pequeña cantidad de monóxido de carbono) acompañado por la liberación de calor. Para que el proceso sea autosostenible, es necesario que se suministre calor suficiente a los materiales compuestos para continuar la producción de gases de descomposición inflamables, como se muestra en la Figura 2.8.

Los procesos químicos influyen en el comportamiento de los materiales compuestos en el fuego ya que estos se ven implicados en la descomposición térmica de la matriz del polímero. La inflamabilidad de los materiales compuestos se reduce al romper o ralentizar las reacciones de ramificación de la cadena en el ciclo de combustión. Los polímeros ignífugos funcionan interrumpiendo el ciclo de una de las siguientes maneras o en una combinación de ellos:

1. Modificación del proceso de degradación térmica para reducir la cantidad de gases inflamables;
2. Generación de gases de descomposición que "apagan" el fuego eliminando H y OH;
3. Reducción de la temperatura del material modificando su conducción de calor y / o propiedades de calor específicas [20].

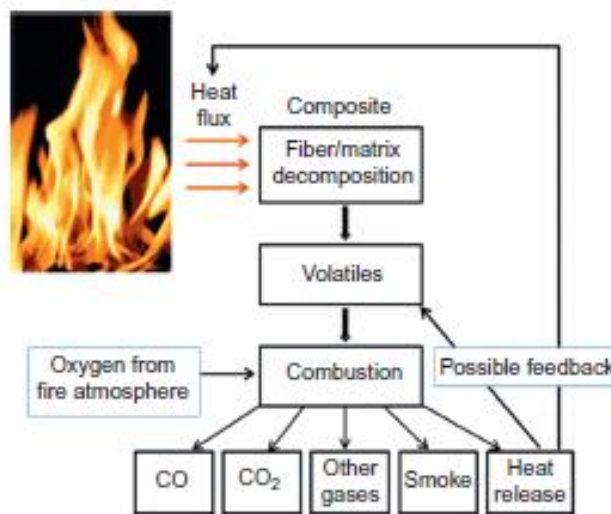


Figura 2.8 Mecanismos implicados en la descomposición térmica de los compuestos de polímeros [20].

2.1.7. Retardantes de llama

Los retardadores de fuego se clasifican como compuestos aditivos o reactivos. Los compuestos aditivos se mezclan íntimamente en el polímero durante el procesamiento, pero no reaccionan químicamente con el polímero. Los compuestos reactivos se polimerizan con una resina durante el procesamiento para integrarse en la estructura de la red molecular. Los piroretardantes reactivos se basan principalmente en halógenos (bromo y cloro), fósforo, compuestos inorgánicos y melamina [20].

2.1.7.1 Rellenos ignífugos

Los rellenos son compuestos inorgánicos no reactivos que se agregan al polímero durante las etapas finales de procesamiento para reducir la inflamabilidad de un producto terminado. Los rellenos a menudo se usan debido a su bajo costo, su adición relativamente fácil al polímero y su alta resistencia al fuego. Hay que siempre tener presente que los rellenos rara vez se usan solos, sino que se usan en combinación con otros retardantes de fuego (como halógenos orgánicos o compuestos de fósforo orgánico) para lograr un alto nivel de resistencia a la inflamabilidad.

Los rellenos activos en fase condensada abarcan varios mecanismos ignífugos, que incluye:

- Diluir la cantidad de material orgánico combustible;
- Disminuir la temperatura de los compuestos y actuar como disipador de calor;
- Reducir la temperatura que se descompone endotérmicamente para producir agua u otros productos no combustibles con una alta capacidad calorífica específica;
- Disminuir el porcentaje de la tasa de liberación de calor (HRR) mediante el uso de polímeros que se descomponen a través de reacciones endotérmicas;
- Aumentar la aromaticidad de la matriz polimérica para descomponerla en una capa de superficie aislante de carbón carbonoso que ralentiza la conducción de calor en los materiales compuestos y reduce las emisiones de gases inflamables.

Los rellenos solo deben usarse en polímeros que sean químicamente compatibles; de lo contrario, las propiedades mecánicas y la durabilidad ambiental del material pueden

verse gravemente degradadas. Los rellenos como cualquier aditivo pueden tener otros efectos nocivos sobre las propiedades, incluido un incremento de la viscosidad y una reducción del tiempo de gelificación de la fusión de la matriz, lo que dificulta el procesamiento. Muchos materiales de relleno se descomponen gradualmente cuando expuesto a la humedad por hidrólisis, y esto degrada su acción ignífuga.

El trihidróxido de aluminio (ATH), que también se conoce como trihidrato de alúmina, es el compuesto de relleno ignífugo activo más utilizado en polímeros y compuestos de polímeros. El ATH está activo tanto en las fases condensadas como gaseosas del proceso de combustión, y cuando se usa en una gran cantidad es notablemente efectivo para suprimir el flameo a través de la combustión de descomposición al liberar agua y (en algunos casos) humo. Un beneficio adicional de la reacción de descomposición es que no se producen gases tóxicos o corrosivos. Sin embargo, ATH no puede usarse en polímeros que necesitan procesarse o curarse a temperaturas superiores a la de descomposición de la carga de 220 ° C.

El hidróxido de magnesio ($Mg(OH)_2$) actúa como un retardante de fuego de una manera similar a la de ATH, con varios mecanismos ignífugos que ocurren simultáneamente en un incendio. Los compuestos de magnesio, como con ATH, deben estar presentes en una gran cantidad (30 - 60% en peso) para proporcionar un retardo de fuego significativo. La dilución del polímero mediante el uso de una alta carga de relleno reduce el contenido de volumen de material orgánico combustible dentro de un compuesto, lo que reduce su inflamabilidad [20].

2.1.7.2 Retardadores de fuego a base de halógeno

Los compuestos a base de halógenos contienen bromo o cloro, que son elementos pirorretardantes extremadamente activos en la fase gaseosa del proceso de combustión. Su mecanismo de acción está relacionado con la escisión del enlace halógeno de carbono. La principal acción ignífuga de los polímeros halogenados es la alteración de las reacciones en fase gaseosa que controlan la temperatura de combustión de un incendio. Las especies reactivas de halógeno se liberan de un polímero bromado o clorado en descomposición al fuego, donde terminan las reacciones de descomposición

exotérmica de compuestos volátiles orgánicos y, por lo tanto, disminuyen la temperatura.

Una de las principales preocupaciones con los polímeros halogenados y los materiales compuestos de polímeros es la liberación de gases corrosivos, ácidos y tóxicos que contienen humo y que representan serios peligros para la salud y el medio en el que vive el ser humano. Por estas razones, los grupos ambientalistas han presionado a los gobiernos para prohibir o restringir severamente el uso de halógenos [20].

2.1.7.3 Retardadores de fuego que contienen fósforo

El fósforo actúa como retardante de fuego en la fase de gas o condensada, dependiendo de la naturaleza química y la estabilidad térmica del polímero anfitrión. El mecanismo de fase gaseosa domina en la mayoría de los termoplásticos y polímeros termoestables no oxigenados. Este mecanismo implica la liberación de radicales de fósforo del polímero a temperatura elevada, aunque para que sea efectivo, el proceso de volatilización debe ocurrir por debajo de 350-400 ° C o de lo contrario el polímero en sí se descompondrá. Un mecanismo ignífugo secundario que funciona en la fase gaseosa es un efecto de cubrimiento en la superficie caliente del polímero. Cuando los compuestos de fósforo se usan en polímeros orgánicos oxigenados e hidroxilados, actúan principalmente como retardadores de fuego en la fase condensada. El fósforo en estos sistemas de polímeros promueve la formación de carbón que reduce la cantidad de volátiles inflamables liberados al fuego. El fósforo también puede acelerar la pérdida de calor en algunos termoplásticos promoviendo la fusión y el goteo [20].

2.1.7.4 Retardadores de fuego intumescentes

La palabra "intumescencia" proviene del latín "intumescere" que significa "hincharse". El trágico John Webster (1580-1624) lo utilizó con dos significados "para crecer y aumentar el volumen contra el calor" o "para mostrar una expansión" efecto por burbujeo. "Esto significa que, cuando se calienta más allá de una temperatura crítica, el material comienza a hincharse y luego a expandirse. El resultado de este proceso es una capa celular quemada carbonizada en la superficie que protege el material subyacente de la acción del flujo de calor o el fuego.

Los polímeros ignífugos por intumescencia forman esencialmente un caso especial de un mecanismo de fase condensada. Los sistemas intumescentes interrumpen la combustión auto-sostenida del polímero en su etapa más temprana, es decir, la degradación térmica con la evolución de los combustibles gaseosos. El proceso de intumescencia es el resultado de una combinación de carbonización y formación de espuma en la superficie del polímero en combustión. La capa carbonizada de carbón celular resultante, cuya densidad disminuye en función de la temperatura, protege el material subyacente de la acción del flujo de calor o del fuego, como se presenta en la figura 2.9. Por lo tanto, la capa carbonizada actúa como una barrera física que ralentiza el calor y la transferencia de masa entre el gas y la fase condensada. Los sistemas intumescentes altamente efectivos tienen el impacto no solo en las propiedades de fuego de los materiales poliméricos sino también, por ejemplo, en el costo de la formulación del material.

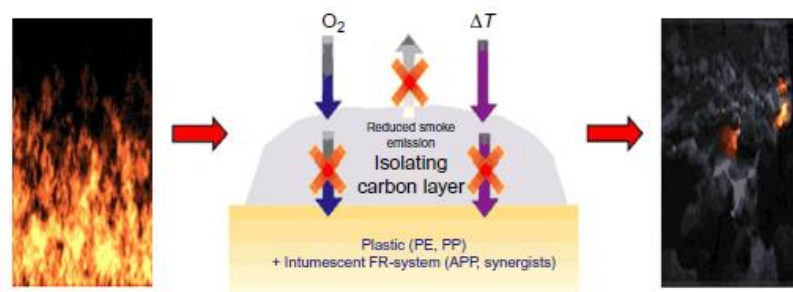


Figura 2.9 Mecanismo involucrado en la descomposición térmica de compuestos poliméricos con IFR [20]

La siguiente secuencia de eventos tiene lugar en el desarrollo de los fenómenos intumescentes:

- El ácido inorgánico se libera normalmente entre 150 ° C y 250 ° C, dependiendo de su fuente y otros componentes.
- El ácido esterifica los componentes ricos en carbono a temperaturas ligeramente superiores a la temperatura de liberación del ácido.
- La mezcla de materiales se derrite antes o durante la esterificación.
- El éster se descompone por deshidratación, dando como resultado la formación de un carbono residuo inorgánico.

- Los gases liberados de las reacciones anteriores y los productos de degradación (en particular los que resultan de la descomposición del agente de soplado) hacen que el material de carbonización se esponje.
- A medida que la reacción se acerca a su finalización, ocurre la gelificación y finalmente la solidificación. Este sólido está en forma de espuma multicelular.

Sin embargo, la eficacia retardante de fuego de los sistemas intumescentes es difícil de predecir debido a que la relación entre la ocurrencia del proceso de intumescencia y las propiedades de protección contra incendios del carbón celular resultante no se comprende aún por completo. La caracterización del carbón es bastante compleja y requiere técnicas especiales para la caracterización de estado sólido [20].

2.1.8 Tipos de ensayos para determinar el índice de inflamabilidad de materiales.

2.1.8.1 Ensayo para determinar el índice de combustión horizontal de los materiales

Según el Reglamento no 118 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas, (2005), se someterán a ensayo cinco muestras en caso de un material isotrópico, o diez muestras en el caso de un material no isotrópico (cinco para cada dirección).

Las muestras se tomarán del material que deba ensayarse. En los materiales que tengan índices de combustión distintos por las direcciones del material, deberá someterse a ensayo cada dirección. Las muestras deberán tomarse y situarse en el aparato de ensayo de forma que pueda medirse el índice de combustión más elevado. Si el espesor es mayor de 13 mm, se reducirá a 13 mm mediante un proceso mecánico aplicado a la cara opuesta del compartimento respectivo (cabina, compartimento del motor o compartimento de calefacción independiente). Si esto resultara imposible, el ensayo se realizará, de conformidad con el servicio técnico, sobre el grosor inicial del material, que se consignará en el informe de ensayo [25].

Se colocará una muestra en posición horizontal en un soporte en forma de U y se expondrá a la acción de una llama definida durante 15 segundos en el interior de una

cámara de combustión, de forma que la llama actúe sobre el borde libre de la muestra. Cuando se lleven a cabo una serie de ensayos o se repitan estos, deberá garantizarse que la temperatura de la cámara de combustión y del porta muestras es inferior a 30°C antes de comenzar el próximo ensayo [25].

A partir de la siguiente ecuación se determina la velocidad de combustión (B) en *mm/min*.

$$B = 60 s/t \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

Dónde:

s = longitud de la distancia quemada (mm)

t = tiempo que tarda en quemarse dicha distancia (s)

A continuación en la figura 2.10 se muestra la cámara de combustión horizontal, comúnmente fabricada de acero inoxidable, en la parte de adelante presenta una ventanilla con vista panorámica, esta debe resistir altas temperaturas y servir de panel de acceso.

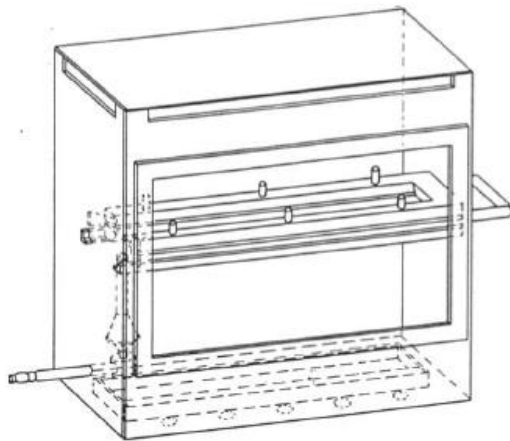


Figura 2.10 Cámara de combustión con porta muestras y bandeja colectora [25]

2.1.8.2 Fire Testing Technology (FTT) FMVSS 302, ISO 3795

La FMVSS 302 especifica los requisitos de resistencia a la combustión para materiales utilizados en el interior de vehículos a motor, lo que se conoce comúnmente un vehículo

de hogar, buses, camiones, etc. Con esto busca reducir el índice de personas afectadas cuando se produzca un incendio, en la figura 2.11 se presenta un bosquejo de esta cámara [26].



Figura 2.11 Cámara de combustión horizontal. [26]

2.2 Hipótesis

Mediante el análisis de la aplicación de retardantes de llama en un material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metálicas influirá en el índice de inflamabilidad.

2.3 Señalamiento de las variables de la hipótesis

2.3.1 Variable Independiente

Aplicación de retardantes de llama en un material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metálicas.

2.3.2 Variable Dependiente

Índice de inflamabilidad

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Nivel o tipo de investigación

3.1.1 Descriptivo

Se aplicó un tipo de investigación Descriptiva ya que se va conocer el comportamiento al agregar retardantes al material usado en el interior de la carrocería (fibra de vidrio con matriz polimérica) ante el fuego para determinar su incidencia en el índice de inflamabilidad.

3.1.2 Experimental

Se realizó una investigación experimental, debido a que los resultados de los ensayos obtenidos permitirán generar datos estadísticos, de ahí se pasará a realizar analíticamente correlaciones y análisis de varianza y posteriormente van a ser verificados mediante un software especializado.

3.1.3 Correlacional

Se aplicó esta investigación para poder relacionar las variables de tal forma que se obtengan valores óptimos y seguros de los índices de inflamabilidad.

3.1.4 Bibliográfica

El estudio de cómo se comporta un material ante la presencia de fuego necesita la aplicación de una investigación bibliográfica, de ahí la razón para utilizar fuentes como normas técnicas vigentes, libros, tesis, ensayos técnicos, artículos técnicos.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población que se analizó son las combinaciones descritas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Población de estudio

POBLACIÓN		
1	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio)	Materiales Compuestos
2	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio)	
3	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio)	
4	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio)	

Fuente: [Autor]

3.2.2 Muestra

Ya establecida la población en la tabla 3.1, la muestra es el número de probetas que se va a ensayar por cada combinación, y está en función de la normativa a aplicarse y el tipo de ensayo como se presenta en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Muestra de las combinaciones a analizar

N°	Material	Fracción Volumétrica (%)			N° de Probetas	Ensayo	Norma	
			FV	RP				HA
1	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio)		FV	RP	HA	5	Inflamabilidad	ISO 3795
		A	30	67	3			
		B	30	64	6			
2	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio)		FV	RP	HM	5	Inflamabilidad	ISO 3795
		D	30	67	3			
		E	30	64	6			
3	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio)		FV	RE	HA	5	Inflamabilidad	ISO 3795
		G	30	67	3			
		H	30	64	6			
		I	30	61	9	5		

4	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio)		FV	RE	HM		Inflamabilidad	ISO 3795
		J	30	67	3	5		
		K	30	64	6	5		
		L	30	61	9	5		
Total					60			
FV: Fibra de vidrio; RP: Resina Poliéster; RE: Resina Epóxica; HA: Hidróxido de Aluminio; HM: Hidróxido de Magnesio								

Fuente: [Autor]

La muestra requirió de un total de 60 probetas, el número de capas utilizadas para la conformación de cada combinación fue 4.

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1 Variable independiente

Análisis de la aplicación de retardantes de llama (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio) en un material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metálicas.

Tabla 3.3 Operacionalización de la variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Los retardantes de llama hacen referencia a una variedad de sustancias que se añaden a los materiales combustibles para evitar incendios o disminuir la propagación del fuego y proporcionar un tiempo de escape adicional.	Retardante de llama	¿Qué tipo de retardante de llama se utiliza en el proceso?	Hidróxido de aluminio Hidróxido de magnesio	Ensayos a partir de la norma ISO 3795 Observación directa Bibliografías Fichas de registro
	Material	¿Qué tipo de material se utiliza en el proceso?	Material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica.	Bibliografías Fichas de registro Observación directa

Fuente: [Autor]

3.3.2 Variable dependiente

Influencia en el índice de inflamabilidad.

Tabla 3.4 Operacionalización de la variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Una combustión es toda reacción creada entre el material combustible y el comburente, activados por una cierta cantidad de energía, creando y desprendiendo calor, llamado reacción exotérmica. Los materiales sólidos, sufren una destrucción de su estructura molecular cuando se eleva la temperatura, formando vapores que se oxidan durante el proceso de combustión.	Tasa de Combustión	<p>¿Qué índice de inflamabilidad presenta el material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica?</p> <p>¿Qué distancia consumida alcanza la probeta consumida?</p> <p>¿Qué tiempo de ignición presenta la probeta consumida?</p> <p>¿Qué temperatura está presente en la cámara de combustión?</p>	<p>Valores de Inflamación</p> <p>Distancia</p> <p>Tiempo de Ignición</p> <p>[50 – 100 °C]</p>	<p>Ensayos a partir de la norma ISO 3795. Observación directa</p> <p>Ensayos a partir de la norma ISO 3795. Observación directa</p> <p>Ensayos a partir de la norma ISO 3795. Observación directa</p>

Fuente: [Autor]

3.4 Plan de recolección de información

Para la recolección de información se procederá a la investigación bibliográfica, así se podrá obtener la información necesaria de los materiales a utilizar:

- (Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio) forro del techo interior.
- (Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio) forro del techo interior.
- (Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio) forro del techo interior.
- (Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio) forro del techo interior.

Después, a partir de la normativa ISO 3795 se pasará al dimensionamiento de las probetas y la realización del ensayo de inflamabilidad.

Los ensayos se realizarán en el laboratorio de Espectrometría de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (LESPEC - ESPOL).

De los resultados obtenidos de los ensayos se determinarán valores para la construcción estadística, tanto para el índice de inflamabilidad como para las temperaturas.

3.5 Plan de procesamiento y análisis

A partir de los datos obtenidos del ensayo, para el análisis de la información se usarán métodos gráficos, tabulaciones, ya que las gráficas ayudan a un mejor entendiendo de lo realizado. A partir de un análisis estadístico se procederá a realizar correlaciones, análisis de varianza de los resultados del índice de inflamabilidad y de las temperaturas entre las diferentes tipos de probetas, para luego aceptar y comprobar la hipótesis establecida.

A continuación se presenta un diagrama de flujo con el proceso que se deberá cumplir para la ejecución del estudio.

3.5.1 Proceso de elaboración del estudio.

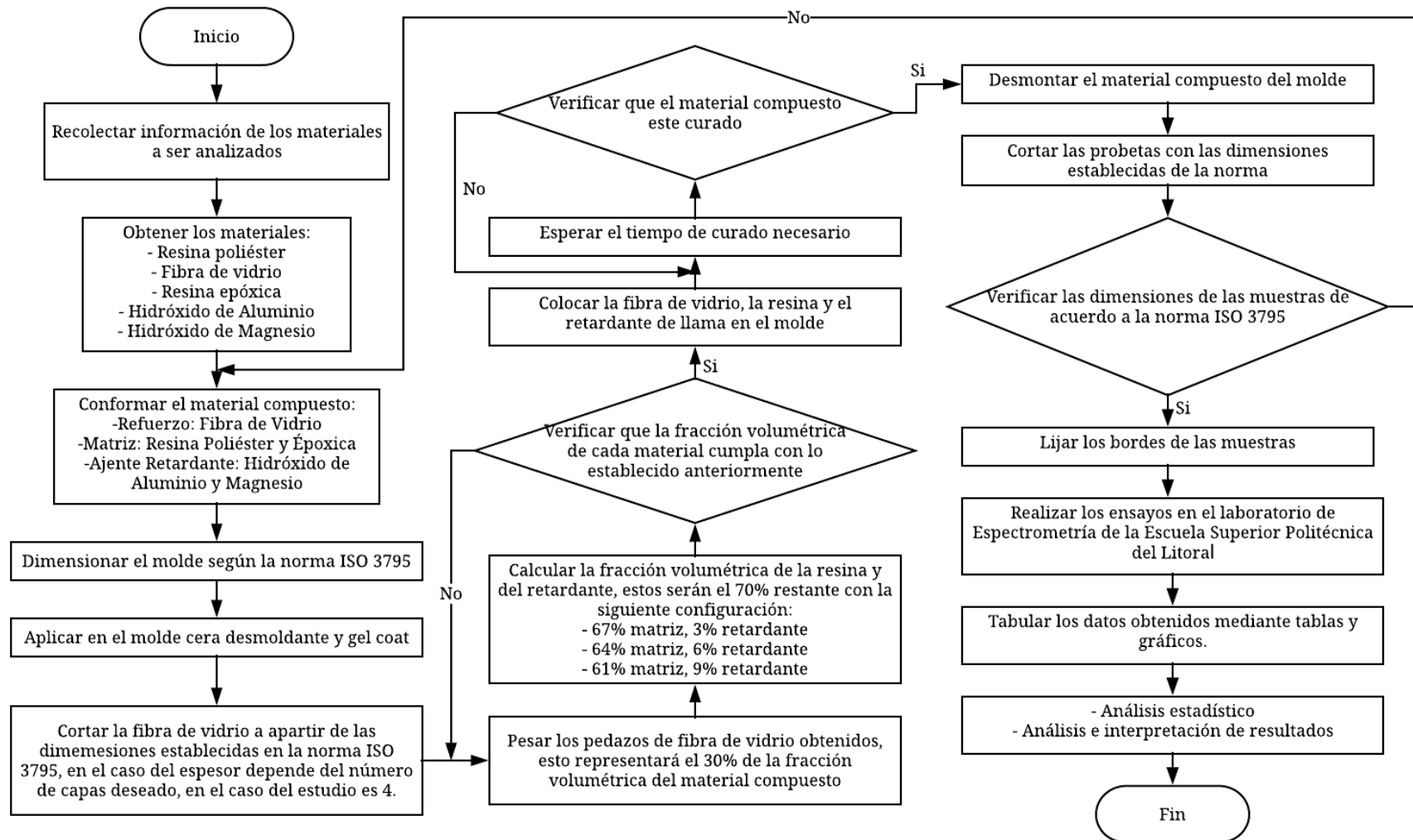


Figura 3.1 Diagrama de flujo para realizar del estudio. [Autor]

3.5.2 Recolección de información del material a utilizar

3.5.2.1 Materiales Compuestos

Se va a analizar dos materiales compuestos, el primero de ellos es el de fibra de vidrio con resina poliéster que es utilizado comúnmente en el interior de carrocerías metalmecánicas del centro de país, para el otro caso se utilizó la combinación de la fibra de vidrio con resina epóxica, esta matriz es utilizada en las estructuras de navíos y aviones debido a que tiene mejores propiedades mecánicas que otras.

3.5.3 Dimensionamiento de las probetas

Para dimensionar las probetas se va utilizar la norma ISO 3795, a partir de ella se establece que se debe elaborar 5 muestras para el ensayo, cumpliendo con las siguientes dimensiones, largo: 356 mm, ancho: 60 mm y en el caso del espesor depende del número de capas a utilizar, en el estudio se utilizó 4 capas, dando lo siguiente en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Promedios de los espesores de cada combinación

Combinación	Composición	Promedio del espesor (mm)
A	30 % FV + 67 % RP + 3% HA	4,3
B	30 % FV + 64% RP + 6% HA	4,3
C	30 % FV + 61% RP + 9% HA	4,3
D	30 % FV + 67% RP + 3% HM	4,3
E	30 % FV + 64% RP + 6% HM	4,3
F	30 % FV + 61% RP + 9% HM	4,3
G	30 % FV + 67% RE + 3% HA	5,3
H	30 % FV + 64% RE + 6% HA	5,3
I	30 % FV + 61% RE + 9% HA	5,3
J	30 % FV + 67% RE + 3% HM	5,3
K	30 % FV + 64% RE + 6% HM	5,3
L	30 % FV + 61% RE + 9% HM	5,3

FV: Fibra de vidrio; RP: Resina Poliéster; RE: Resina Epóxica; HA: Hidróxido de Aluminio; HM: Hidróxido de Magnesio

Fuente: [Autor]

3.5.4 Elaboración de las probetas

Con la información dada de los materiales y conociendo tanto las configuraciones y fracciones volumétricas a utilizar se procede a la conformación del material compuesto, cabe recalcar que la elaboración de las muestras se hizo en el establecimiento de la empresa Master fibra:

1) Se adquirió los siguientes productos, como se presenta en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Materiales utilizados en la conformación del material compuesto

 <p>Resina Poliéster</p>	 <p>Resina Epóxica</p>	 <p>Hidróxido de Magnesio</p>
 <p>Hidróxido de Aluminio</p>	 <p>Fibra de vidrio</p>	

Fuente: [Autor]

2) Limpiar el molde establecido, con una cinta métrica y masking delimitar la zona a utilizar de las probetas.



Figura 3.2 Medición y delimitación del molde [Autor]

- 3) Aplicar la cera en los lugares delimitados por el masking.



Figura 3.3 Aplicación de la cera en el molde [Autor]

- 4) Con guaipe limpiar la cera, y colocar alcohol polivinílico el cual actúa como desmoldante.



Figura 3.4 Aplicación del desmoldante [Autor]

- 5) Para dar el tono de color de un forro interior de carrocería utilizar el gel coat.

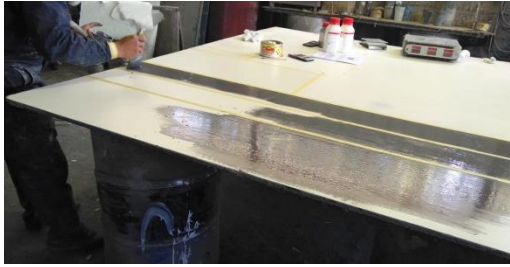


Figura 3.5 Tono de color a partir del gel coat [Autor]

- 6) Mientras seca el gel coat, se procede a cortar la fibra de vidrio con las dimensiones conocidas a partir de la norma, el espesor de una capa de fibra de vidrio se representa aproximadamente de 0,9 a 1 mm, para el estudio se va utilizar 4 capas para tener el espesor deseado, ya que el mínimo espesor a tener es de 3 mm a partir de la norma ISO 3795.



Figura 3.6 Capas cortadas de la fibra de vidrio [Autor]

- 7) Pesar las 4 capas de fibra de vidrio, esto representa el 30% de la fracción volumétrica del material compuesto, cabe recalcar que esto se hace para cada combinación.



Figura 3.7 Pesaje de las capas de fibra de vidrio [Autor]

8) El 70 % se va a repartir entre la resina y el retardante con la siguiente configuración: (67% - 3%), (64% - 6%), (61% - 9%) respectivamente. Y para calcular estos porcentajes se la hace con una regla de tres.

Tomando por ejemplo la combinación A del estudio, con una configuración: 30% refuerzo, 67% resina poliéster y 3% retardante de llama (Hidróxido de Aluminio), se obtiene lo siguiente:

- ✓ Peso de las 4 capas de fibras de vidrio = 0,185 kg
- ✓ Refuerzo = Fibra de vidrio = 30% de la fracción volumétrica
- ✓ Matriz = Resina poliéster = 67 % de la fracción volumétrica
- ✓ Peso de la resina poliéster = X
- ✓ Retardante de llama = 3% de la fracción volumétrica
- ✓ Peso del retardante de llama = Z

$$\begin{array}{rcl} 0,185 \text{ kg} & = & 30\% \\ X & = & 67\% \end{array}$$

$$X = \frac{0,185 \text{ kg} * 67\%}{30\%}$$

$$X = \mathbf{0,413 \text{ kg}}$$

$$\begin{array}{rcl} 0,185 \text{ kg} & = & 30\% \\ Z & = & 3\% \end{array}$$

$$Z = \frac{0,185 \text{ kg} * 3\%}{30\%}$$

$$Z = \mathbf{0,0185 \text{ kg}}$$

Con esto se determina que se necesita para una probeta 0,413 kg de resina poliéster y 0,0185 kg de retardante de llama (hidróxido de aluminio).

- 9) Para realizar las probetas con matriz de resina epóxica se hace un cálculo adicional para su catalizador, se debe calcular el 20% del peso a utilizar de la resina.
- 10) Desde la tabla 3.7 hasta la tabla 3.10 se presenta los pesos obtenidos.

Tabla 3.7 Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas con resina poliéster e hidróxido de aluminio

Combinación A	30% Refuerzo	67 % Matriz	3 % Retardante
	0,185 kg	0,413 kg	0,0185 kg
Combinación B	30% Refuerzo	64 % Matriz	6 % Retardante
	0,185 kg	0,395 kg	0,037 kg
Combinación C	30% Refuerzo	61 % Matriz	9 % Retardante
	0,185 kg	0,376 kg	0,055 kg

Fuente: [Autor]

Tabla 3.8 Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas con resina poliéster e hidróxido de Magnesio

Combinación D	30% Refuerzo	67 % Matriz	3 % Retardante
	0,185 kg	0,413 kg	0,0185 kg
Combinación E	30% Refuerzo	64 % Matriz	6 % Retardante
	0,185 kg	0,395 kg	0,037 kg
Combinación F	30% Refuerzo	61 % Matriz	9 % Retardante
	0,185 kg	0,376 kg	0,055 kg

Fuente: [Autor]

Tabla 3.9 Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas con resina epóxica e hidróxido de aluminio

Combinación G	30% Refuerzo	67 % Matriz	3 % Retardante	20% (Matriz) Catalizador
	0,2 kg	0,446 kg	0,02 kg	0,089 kg
Combinación H	30% Refuerzo	64 % Matriz	6 % Retardante	20% (Matriz) Catalizador
	0,2 kg	0,427 kg	0,04 kg	0,085 kg
Combinación I	30% Refuerzo	61 % Matriz	9 % Retardante	20% (Matriz) Catalizador
	0,2 kg	0,407 kg	0,06 kg	0,081 kg

Fuente: [Autor]

Tabla 3. 10 Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas con resina epóxica e hidróxido de magnesio

Combinación J	30%	67 %	3 %	20% (Matriz)
	Refuerzo	Matriz	Retardante	Catalizador
	0,2 kg	0,446 kg	0,02 kg	0,089 kg
Combinación K	30%	64 %	6 %	20% (Matriz)
	Refuerzo	Matriz	Retardante	Catalizador
	0,2 kg	0,427 kg	0,04 kg	0,085 kg
Combinación L	30%	61 %	9 %	20% (Matriz)
	Refuerzo	Matriz	Retardante	Catalizador
	0,2 kg	0,407 kg	0,06 kg	0,081 kg

Fuente: [Autor]

11) Una vez seco el gel coat en el molde, se aplica la primera capa de fibra de vidrio en el molde correspondiente.

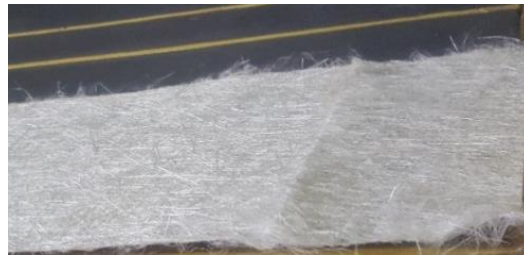


Figura 3.8 Aplicación de la capa de fibra en el molde [Autor]

12) Mezclar la cantidad de resina, catalizador y retardante calculado en un envase, con una brocha aplicar la mezcla resultante sobre la primera capa de fibra, de nuevo se coloca otra capa y se vuelve aplicar la mezcla.



Figura 3.9 Aplicación de la resina en la capas de fibra [Autor]

13) Para tener adhesión, compactación y uniformidad se pasa el rodillo cada 2 capas.

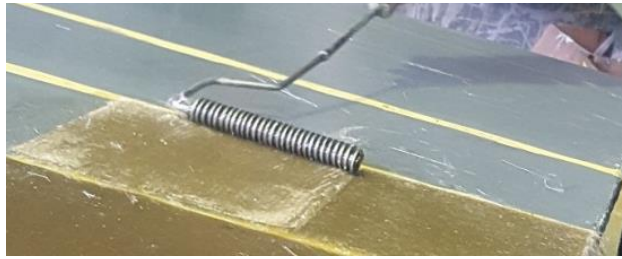


Figura 3.10 Utilización de un rodillo para una mejor adhesión [Autor]

14) Dejar secar ya que tiene un tiempo de curado

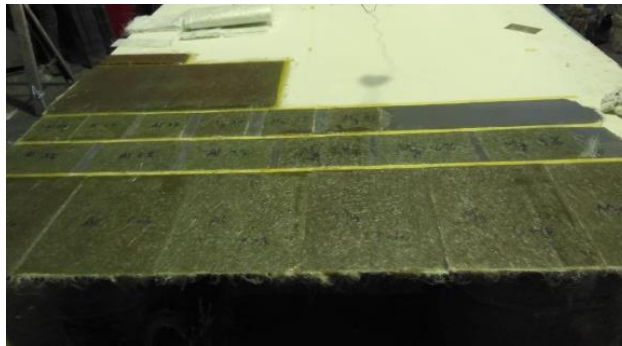


Figura 3.11 Tiempo de curado del material compuesto [Autor]

15) Una vez que el material cumplió el tiempo de curado, se desmonta las probetas para luego ser cortadas, lijadas y medidas para comprobar sus dimensiones y cumplimiento de la norma.



Figura 3.12 Probetas cortadas, lijadas y medidas [Autor]

3.5.5 Ensayo para determinar el Índice de Inflamabilidad

Correspondiente a la norma ISO 3795, la prueba de inflamabilidad se realizó en cinco sub muestras de cada material, cada una de estas debe cumplir con las siguientes dimensiones: 60 mm de ancho por 356 mm de largo y con un espesor mínimo de 3mm y no mayor a 13 mm, ya que el método no es aplicable fuera de ese rango.



Esta prueba se efectuó dentro una cámara extractora de gases, en el interior de la cámara de combustión se debe colocar las sub muestras de forma horizontal en su respectivo soporte. Para la generación de la llama se utilizó un mechero bunsen y GLP, las condiciones del laboratorio mientras se realizó el ensayo fueron: humedad relativa 55% y temperatura promedio de 24 °C. Las sub muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos en el interior de la cámara de combustión de forma que la llama actúe sobre el borde libre de la muestra, cuando se lleven a cabo una serie de ensayos o se repitan estos, deberá garantizarse que la temperatura de la cámara de combustión y del porta muestras es inferior a 30°C antes de comenzar el próximo ensayo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Recolección de datos

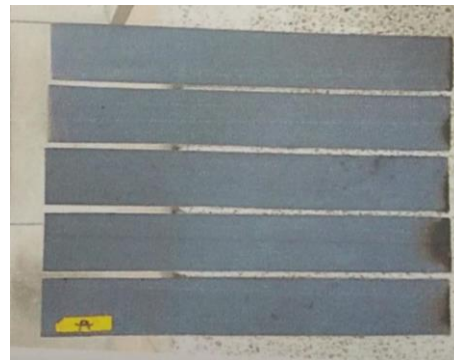
4.1.1 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación A

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación A		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 4,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio:			0

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO



Antes de la prueba





Después de la prueba

RESULTADOS DE TEMPERATURAS

N ^o De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	25	56
2	25	56
3	25	56
4	24	56
5	24	55



Observaciones: Las muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos donde se percibe al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras, el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible

**4.1.2 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL,
Material Compuesto: Combinación B**

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación B		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 4,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio:			0



RESULTADOS DE TEMPERATURAS		
Nº De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	24	56
2	23	56
3	22	56
4	22	56
5	22	56
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO		
 <p>Antes de la prueba</p>		 <p>Después de la prueba</p>
<p>Observaciones: Las muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos, se presenta al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín, después al alejar la llama de las muestras, el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible</p>		

**4.1.3 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL,
Material Compuesto: Combinación C**



 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación C		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 4,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio:			0

RESULTADOS DE TEMPERATURAS		
Nº De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	22	59
2	22	56
3	22	56
4	22	56
5	22	56
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO		
 <p>Antes de la prueba</p>		 <p>Después de la prueba</p>
<p>Observaciones: Al inicio se percibe una abundante emisión de humo y formación de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras, el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.</p>		

**4.1.4 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL,
Material Compuesto: Combinación D**



 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación D		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 4,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio:			0

RESULTADOS DE TEMPERATURAS		
Nº De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	40
2	23	41
3	23	42
4	23	39
5	23	40

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO	
 <p>Antes de la prueba</p>	 <p>Después de la prueba</p>



Observaciones: Las muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos, se percibe al inicio una abundante emisión de humo con hollín. Al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. Por lo tanto, la llama es auto-extinguible.

**4.1.5 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL,
Material Compuesto: Combinación E**

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación E		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 4,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio:			0



RESULTADOS DE TEMPERATURAS		
Nº De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	41
2	23	42
3	23	41
4	23	41
5	23	42
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO		
 <p>Antes de la prueba</p>		 <p>Después de la prueba</p>
<p>Observaciones: Se percibe al inicio de la prueba una emisión abundante de humo con formación de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama por lo tanto es auto-extinguible.</p>		

**4.1.6 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL,
Material Compuesto: Combinación F**



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación F		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 4,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio:			0

RESULTADOS DE TEMPERATURAS		
Nº De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	22	41
2	22	42
3	23	41
4	23	41
5	23	42
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO		
 <p>Antes de la prueba</p>		 <p>Después de la prueba</p>
<p>Observaciones: Al inicio hay emisión abundante de humo con presencia de hollín, luego, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.</p>		



**4.1.7 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL,
Material Compuesto: Combinación G**

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación G		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 5,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio:			0

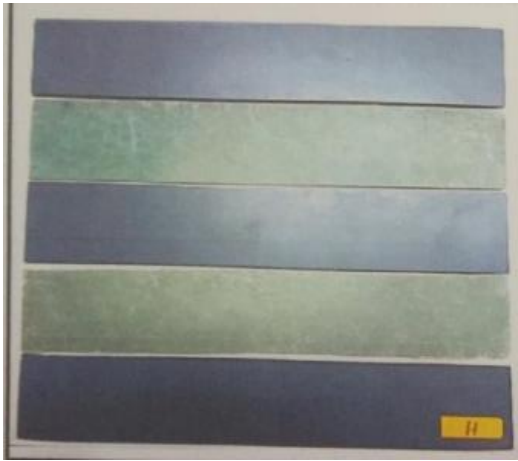
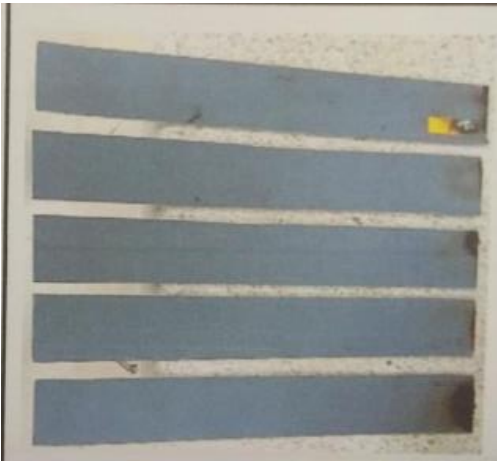
RESULTADOS DE TEMPERATURAS		
Nº De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	41
2	22	39
3	23	39
4	23	40
5	23	39

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO	
 <p>Antes de la prueba</p>	 <p>Después de la prueba</p>
<p>Observaciones: Las muestras se expusieron a una llama inicial durante 15 segundos, se presenta al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición, la llama es auto-extinguible.</p>	



**4.1.8 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL,
Material Compuesto: Combinación H**

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación H		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 5,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio:			0

RESULTADOS DE TEMPERATURAS		
Nº De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	43
2	23	44
3	23	42
4	23	43
5	23	44



FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO	
 <p>Antes de la prueba</p>	 <p>Después de la prueba</p>
<p>Observaciones: Se percibe al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín, después, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.</p>	

**4.1.9 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL,
Material Compuesto: Combinación I**

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación I		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 5,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio:			0

RESULTADOS DE TEMPERATURAS		
Nº De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	48
2	23	48
3	23	49
4	23	47
5	23	48
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO		
		
Antes de la prueba		Después de la prueba
<p>Observaciones: Las muestras recibieron una llama inicial durante 15 segundos, existiendo emisión abundante de humo con presencia de hollín; posteriormente, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.</p>		

**4.1.10 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL,
Material Compuesto: Combinación J**

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación J		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 5,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	95	1351	4,22
2	69	929	4,46
3	84	978	5,15
4	0	0	0
5	0	0	0
Total:			13,83
Promedio:			2,766

RESULTADOS DE TEMPERATURAS

Nº De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	55
2	23	56
3	23	56
4	23	51
5	23	51

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO

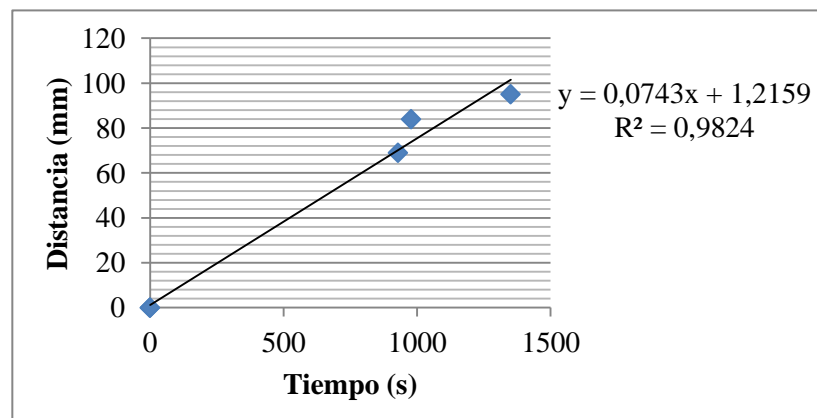


Antes de la prueba





Después de la prueba

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



Observaciones: Las muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos, se percibe al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín; al alejar la llama la mayoría de las muestras se consumen casi en su totalidad, manteniendo la presencia de humo y hollín, a excepción de 2 muestras que no llegan a la primera línea de medición. La llama no es auto-extinguible

4.1.11 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL, Material Compuesto: Combinación K

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación K		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 5,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24

RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio:			0
RESULTADOS DE TEMPERATURAS			
Nº De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)	
1	22	48	
2	22	47	
3	22	45	
4	22	46	
5	22	51	
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			
Antes de la prueba		Después de la prueba	
<p>Observaciones: Las muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos donde se percibe al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible</p>			

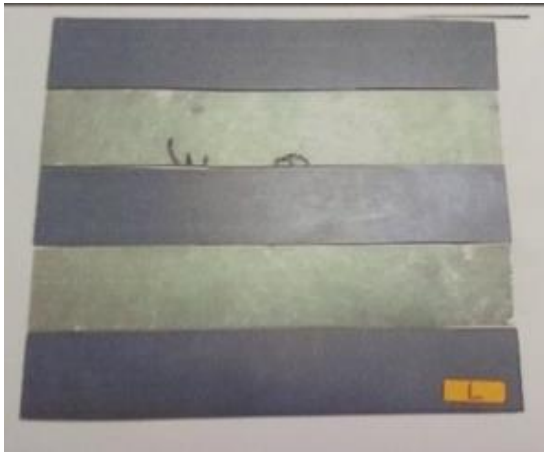
**4.1.12 Fichas de reporte de pruebas de Inflamabilidad, Banco de pruebas ESPOL,
Material Compuesto: Combinación L**

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	27/06/2018	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	Laboratorio de Espectrometría	Campus "Las Peñas"	
Máquina:	Banco de pruebas horizontal ESPOL		
Realizado por:	Personal del laboratorio	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (forro del techo interior): Combinación L		
Dimensiones (mm):	356 x 60 x 5,3	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	139	1540	5,41
2	263	2801	5,63
3	136	1765	4,62
4	137	1370	6,0
5	215	3546	3,64
Total:			25,3
Promedio:			5,06

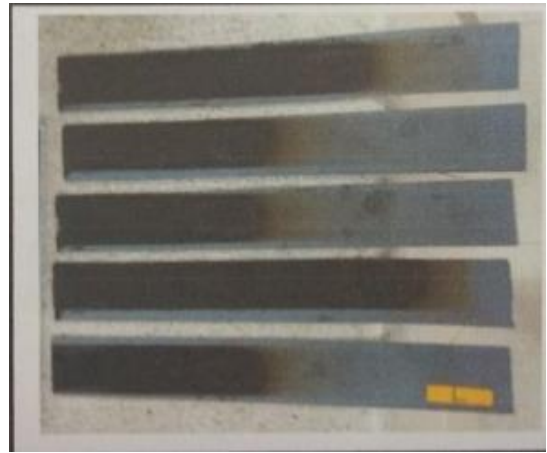
RESULTADOS DE TEMPERATURAS

Nº De Probetas	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	22	59
2	21	62
3	23	59
4	22	56
5	22	58

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO

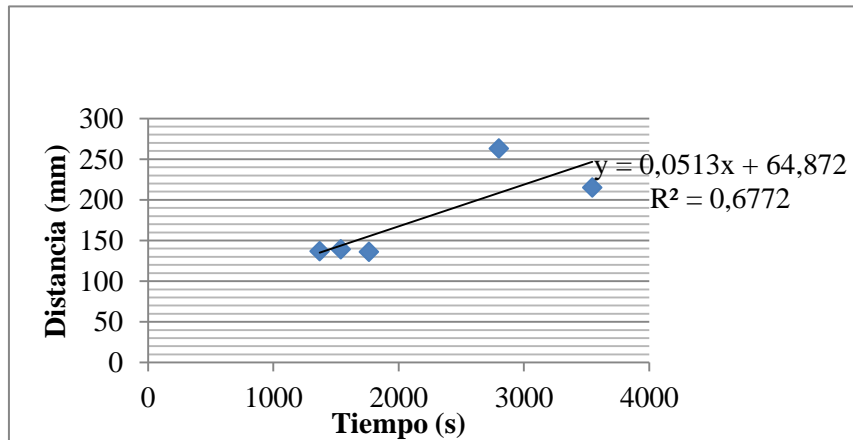


Antes de la prueba



Después de la prueba

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



Observaciones: Se percibe al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras, estas se consumieron en su totalidad, manteniéndose el humo y hollín. La llama no es auto-extinguible.

4.1.13 Resumen de resultados del índice de inflamabilidad de las 12 combinaciones, Banco de Pruebas ESPOL

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 	
RESUMEN DE RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD	
Combinación	Promedio del Índice de inflamabilidad (<i>mm/min</i>)
A	0
B	0
C	0
D	0
E	0
F	0
G	0
H	0
I	0
J	2,77
K	0
L	5,06

Observaciones: Del estudio realizado dos combinaciones J y L mostraron valores para el índice de inflamabilidad haciendo que las muestras pertenecientes a cada grupo sean materiales no auto-extinguibles.

4.2 Análisis de Resultados

4.2.1 Correlación de Pearson

El coeficiente de correlación es una medida de asociación entre dos variables y se simboliza con el literal R. Cuando más intensa es la correlación entre las dos variables, el resultado de la correlación será mayor, los valores de la correlación pueden variar entre uno y menos uno si la correlación es inversa, los valores de interpretación se muestran en la tabla 4.1 [23, 27].

Tabla 4.1 Valores de interpretación.

Valor	Significado
± 1	Correlación perfecta
$\pm (0,9 \text{ a } 0,99)$	Correlación muy alta
$\pm (0,7 \text{ a } 0,89)$	Correlación alta
$\pm (0,4 \text{ a } 0,69)$	Correlación moderada
$\pm (0,2 \text{ a } 0,39)$	Correlación baja
$\pm (0,01 \text{ a } 0,19)$	Correlación muy baja
0	Correlación nula

Fuente: [23]

4.2.1.1 Cálculo de Correlación

El cálculo se lo realiza por medio de la siguiente ecuación.

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Dónde:

$\sum xy$ = Sumatoria de los productos de ambas variables.

$\sum x$ = Sumatoria de los productos de la primera variable.

$\sum y$ = Sumatoria de los productos de la segunda variable.

$n(\sum x^2)$ = La cantidad de datos por la sumatoria total de los valores al cuadrado

de la primera variable.

$(\sum x)^2$ = Sumatoria total de la primera variable al cuadrado.

$(\sum y)^2$ = Sumatoria total de la segunda variable al cuadrado

$n(\sum y^2)$ = La cantidad de datos por la sumatoria total de los valores al cuadrado de la segunda variable.

El cálculo de la correlación se realizó entre los resultados obtenidos de las combinaciones J y L, y los resultados de las probetas del banco DIDE UTA, UTA y ESPOL de la tesis del Sr. José Luis Villena Portero bajo el tema “Análisis de la velocidad de combustión y su incidencia en los materiales utilizados en el material de carrocerías para vehículos”.

4.2.1.2 Cálculo de Correlación distancia vs tiempo de la combinación J con las probetas del banco DIDE UTA, UTA y ESPOL

La tabla 4.2 muestra los datos y la correlación distancia vs tiempo de la combinación J con las probetas del banco DIDE UTA.

Tabla 4.2 Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco DIDE UTA

Distancia vs Tiempo					
N. de Datos	Distancia (mm)	Tiempo (s)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	95	1351	128345	9025	1825201
2	69	929	64101	4761	863041
3	84	978	82152	7056	956484
4	254	1093,8	277825,2	64516	1196398
5	254	1269,5	322453	64516	1611630
6	254	1307,70	332155,8	64516	1710079
7	254	1043,50	265049	64516	1088892
8	254	1084,80	275539,2	64516	1176791
9	254	1287,6	327050,4	64516	1657914

10	254	1234,2	313486,8	64516	1523250
11	254	1291,20	327964,8	64516	1667197
12	254	1468,80	373075,2	64516	2157373
13	254	1583,40	402183,6	64516	2507156
Total	2788	15922,5	3491381	666002	19941407

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{13(3491381) - (2788)(15922,5)}{\sqrt{(13(666002) - (2788^2))(13(19941407) - (15922,5^2))}}$$

$$R = 0,4429$$

$$R^2 = 0,196$$

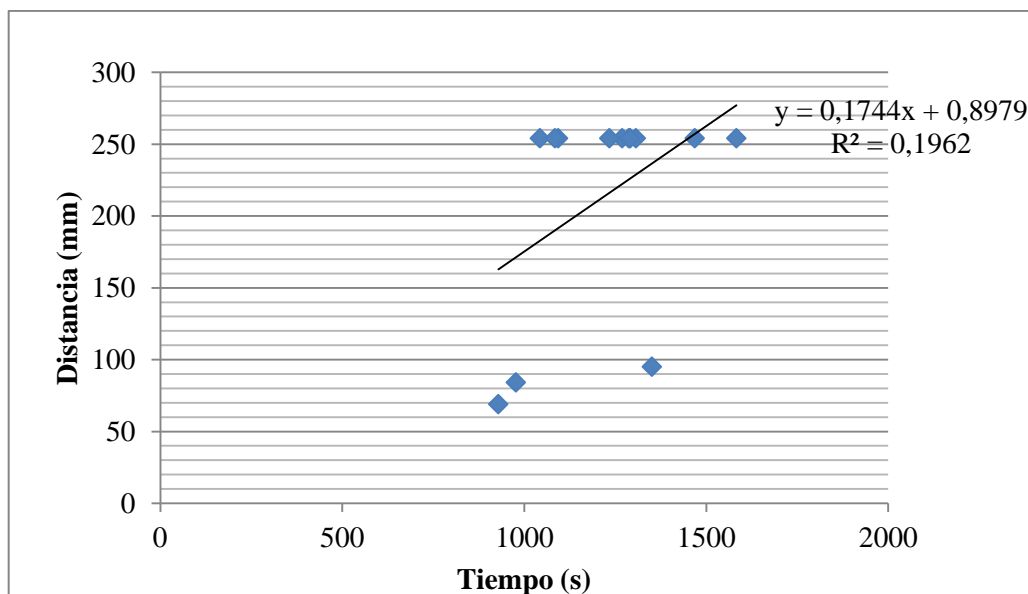


Figura 4.1 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco DIDE UTA [Autor]

La correlación distancia vs tiempo como se muestra en la figura 4.1 entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas originales y réplicas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco DIDE UTA es moderada.

La tabla 4.3 presenta tanto datos como los resultados obtenidos de la correlación distancia vs tiempo de la combinación J con las probetas del banco UTA.

Tabla 4.3 Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco UTA

Distancia vs Tiempo					
N. de Datos	Distancia (mm)	Tiempo (s)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	95	1351	128345	9025	1825201
2	69	929	64101	4761	863041
3	84	978	82152	7056	956484
4	254	1093,1	277647,4	64516	1194868
5	254	1289,2	327456,8	64516	1662037
6	254	1129,60	286918,4	64516	1275996
7	254	830,30	210896,2	64516	689398,1
8	254	938,10	238277,4	64516	880031,6
9	254	1464,00	371856	64516	2143296
10	254	1170,60	297332,4	64516	1370304
11	254	1162,80	295351,2	64516	1352104
12	254	1266,00	321564	64516	1602756
13	254	1383,60	351434,4	64516	1914349
Total	2788	14985,3	3253332	666002	17729865

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{13(3253332) - (2788)(14985,3)}{\sqrt{(13(666002) - (2788^2))(13(17729865) - (14985,3^2))}}$$

$$R = 0,2245$$

$$R^2 = 0,05$$

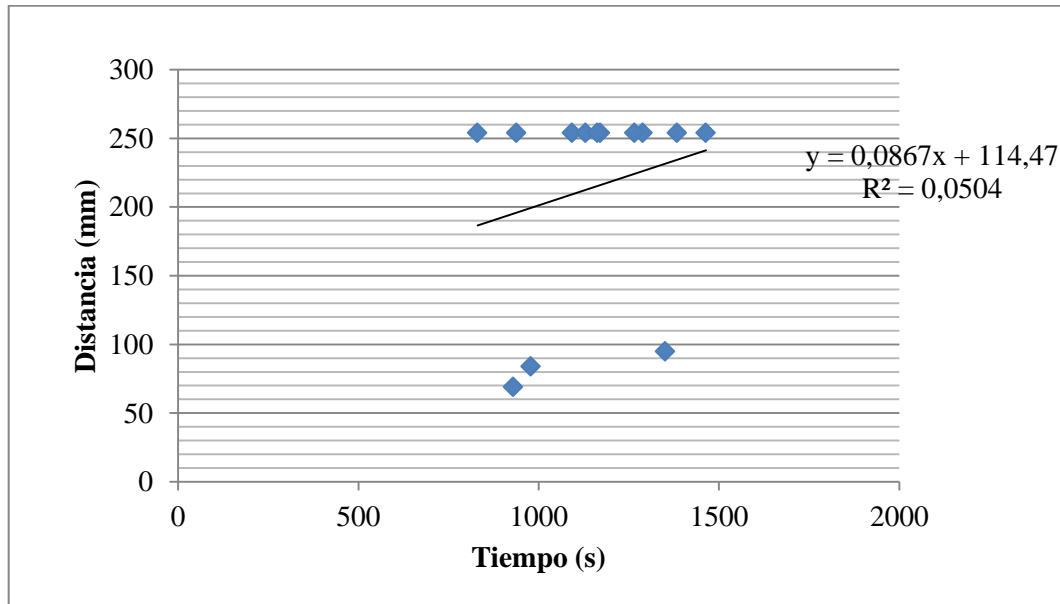


Figura 4.2 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco UTA [Autor]

La correlación distancia vs tiempo como se muestra en la figura 4.2 entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas originales y réplicas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco UTA es baja.

Los datos y la correlación distancia vs tiempo entre la Combinación J con el banco ESPOL se presenta en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco ESPOL

Distancia vs Tiempo					
N. de Datos	Distancia (mm)	Tiempo (s)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	95	1351	128345	9025	1825201
2	69	929	64101	4761	863041
3	84	978	82152	7056	956484
4	254	830	210820	64516	688900
5	254	782	198628	64516	611524
6	254	847	215138	64516	717409
7	254	924	234696	64516	853776
8	254	866	219964	64516	749956
Total:	1518	7507	1353844	343422	7266291

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{8(1353844) - (1518)(7507)}{\sqrt{(8(343422) - (1518^2))(8(7266291) - (7507^2))}}$$

$$R = -0,6369$$

$$R^2 = 0,4057$$

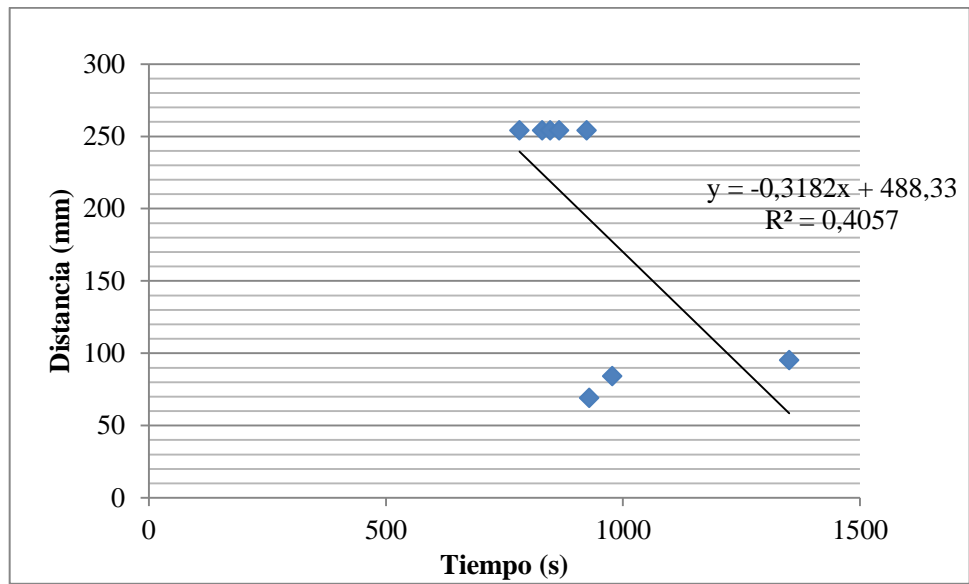


Figura 4.3 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco ESPOL [Autor]

La correlación distancia vs tiempo presente en la figura 4.3 entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco ESPOL es moderada.

4.2.1.3 Cálculo de Correlación del Índice de Inflamabilidad o tasa de combustión entre la combinación J con las probetas del banco DIDE UTA, UTA y ESPOL.

La tabla 4.5 muestra los datos y la correlación de la tasa de combustión de la combinación J con las probetas originales del banco DIDE UTA.

Tabla 4.5 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco DIDE UTA

Tasa de combustión					
N. de Datos	Tasa 1 (mm/min)	Tasa 2 (mm/min)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	4,22	13,93	58,7846	17,8084	194,0449
2	4,46	12,00	53,52	19,8916	144

3	5,15	11,65	59,9975	26,5225	135,7225
4	0	14,60	0	0	213,16
5	0	14,05	0	0	197,4025
Total	13,83	66,23	172,3021	64,2225	884,3299

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(172,3021) - (13,83)(66,23)}{\sqrt{(5(64,2225) - (13,83^2))(5(884,3299) - (66,23^2))}}$$

$$R = -0,805$$

$$R^2 = 0,648$$

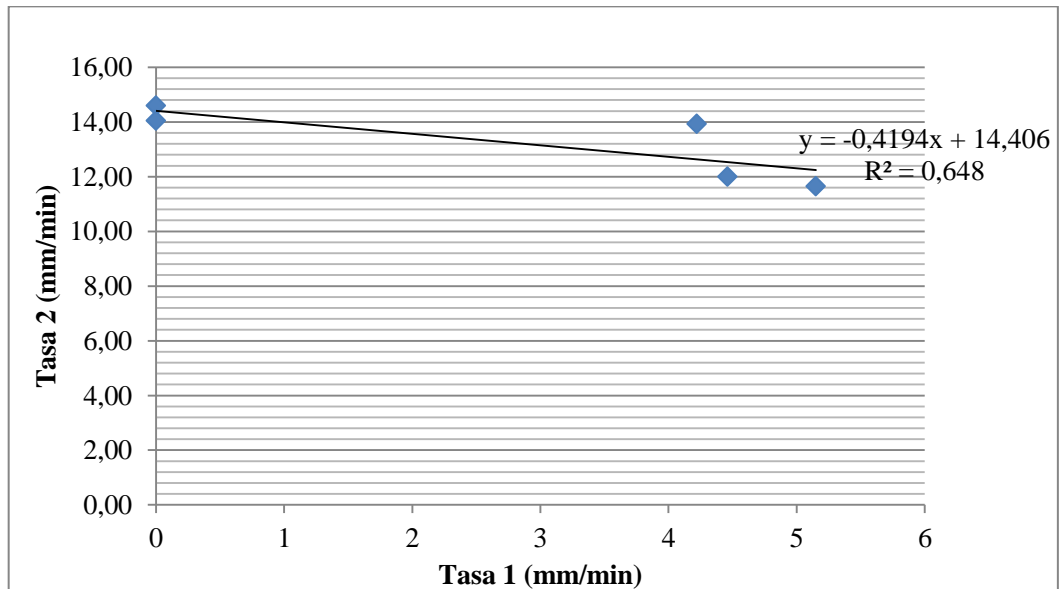


Figura 4.4 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco DIDE UTA [Autor]

La correlación de la tasa de combustión presente en la figura 4.4 entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas originales del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco DIDE UTA es alta.

Los datos y la correlación de la tasa de combustión de la combinación J con las probetas réplicas del banco DIDE UTA se muestran en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco DIDE UTA

Tasa de combustión					
N. de Datos	Tasa 1 (mm/min)	Tasa 2 (mm/min)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	4,22	11,84	49,9648	17,8084	140,1856
2	4,46	12,35	55,081	19,8916	152,5225
3	5,15	11,80	60,77	26,5225	139,24
4	0	10,38	0	0	107,7444
5	0	9,62	0	0	92,5444
Total	13,83	55,99	165,8158	64,2225	632,2369

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(165,8158) - (13,83)(55,99)}{\sqrt{(5(64,2225) - (13,83^2))(5(632,2369) - (55,99^2))}}$$

$$R = 0,93661$$

$$R^2 = 0,8772$$

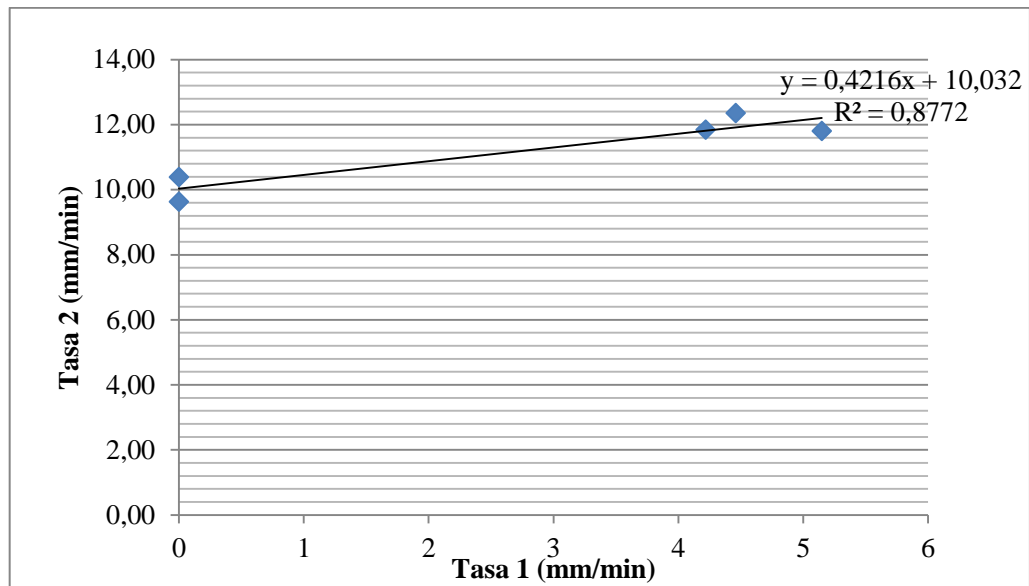


Figura 4.5 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco DIDE UTA [Autor]

La correlación de la tasa de combustión como se indica en la figura 4.5 entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas réplicas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco DIDE UTA es muy alta.

La tabla 4.7 presenta tanto los datos y la correlación de la tasa de combustión de la combinación J con las probetas originales del banco UTA.

Tabla 4.7 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco UTA

Tasa de combustión					
N. de Datos	Tasa 1 (mm/min)	Tasa 2 (mm/min)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	4,22	13,94	58,8268	17,8084	194,3236
2	4,46	11,82	52,7172	19,8916	139,7124
3	5,15	13,49	69,4735	26,5225	181,9801
4	0	18,35	0	0	336,7225
5	0	16,25	0	0	264,0625
Total	13,83	73,85	181,0175	64,2225	1116,801

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(181,0175) - (13,83)(73,85)}{\sqrt{(5(64,2225) - (13,83^2))(5(1116,801) - (73,85^2))}}$$

$$R = -0,8942$$

$$R^2 = 0,7996$$

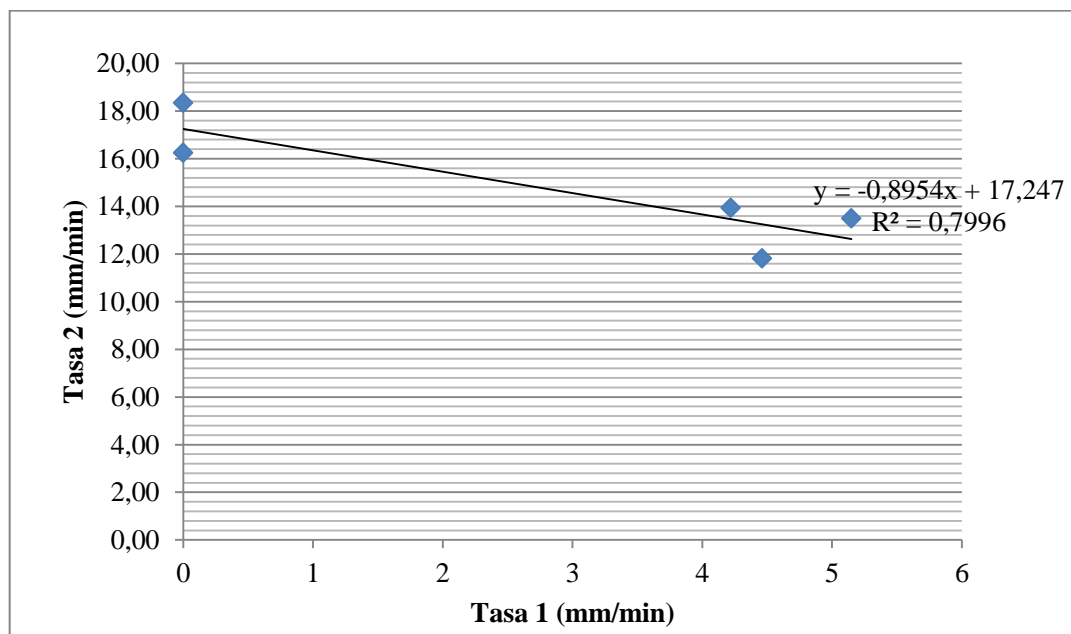


Figura 4.6 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco UTA [Autor]

La correlación de la tasa de combustión como se indica en la figura 4.6 entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas originales del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco UTA es alta.

La tabla 4.8 presenta los datos y la correlación de la combinación J con las probetas réplicas del banco UTA.

Tabla 4.8 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA

Tasa de combustión					
N. de Datos	Tasa 1 (mm/min)	Tasa 2 (mm/min)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	4,22	10,41	43,9302	17,8084	108,3681
2	4,46	13,02	58,0692	19,8916	169,5204
3	5,15	13,11	67,5165	26,5225	171,8721
4	0	12,04	0	0	144,9616
5	0	11,01	0	0	121,2201
Total	13,83	59,59	169,5159	64,2225	715,9423

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(169,5159) - (13,83)(59,59)}{\sqrt{(5(64,2225) - (13,83^2))(5(715,9423) - (59,59^2))}}$$

$$R = 0,38385$$

$$R^2 = 0,1473$$

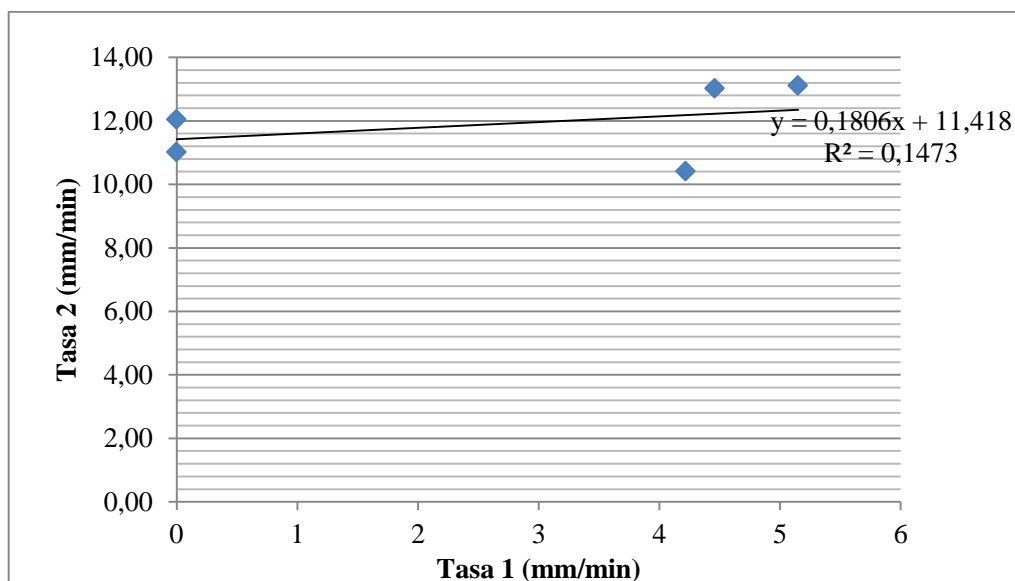


Figura 4.7 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA [Autor]

La correlación de la tasa de combustión como se indica en la figura 4.7 entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas réplicas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco UTA es baja.

La tabla 4.9 presenta los datos y la correlación de la tasa de combustión entre la combinación J con las probetas del banco ESPOL

Tabla 4.9 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco ESPOL

Tasa de combustión					
N. de Datos	Tasa 1 (mm/min)	Tasa 2 (mm/min)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	4,22	18,36	77,4792	17,8084	337,0896
2	4,46	19,49	86,9254	19,8916	379,8601
3	5,15	17,99	92,6485	26,5225	323,6401
4	0	16,49	0	0	271,9201
5	0	17,6	0	0	309,76
Total	13,83	89,93	257,0531	64,2225	1622,27

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(257,0531) - (13,83)(89,93)}{\sqrt{(5(64,2225) - (13,83^2))(5(1622,27) - (89,93^2))}}$$

$$R = 0,7449$$

$$R^2 = 0,555$$

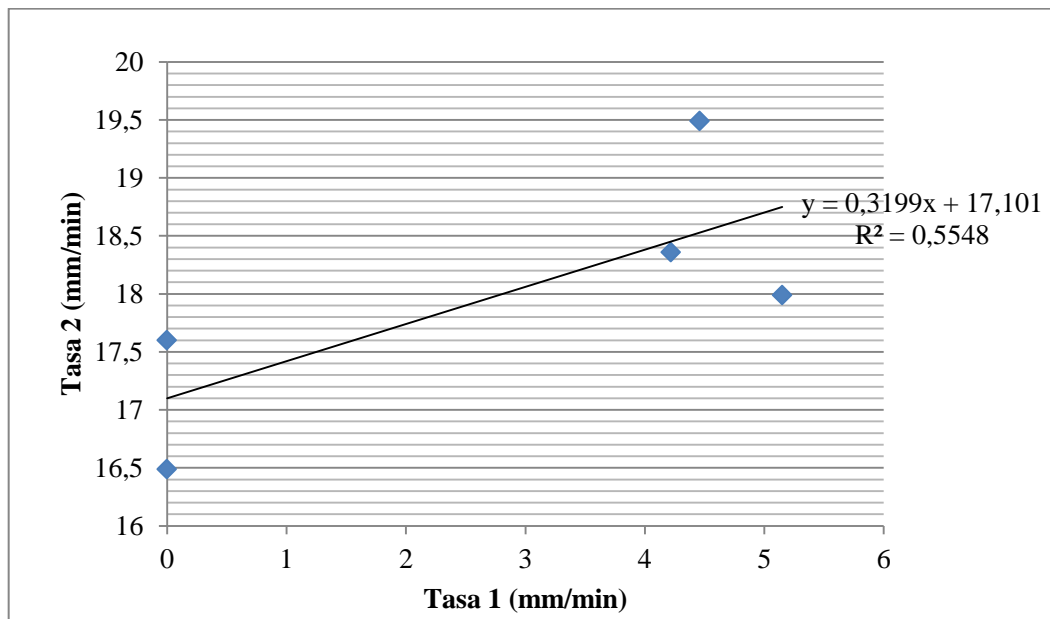


Figura 4.8 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas del banco ESPOL [Autor]

La correlación de la tasa de combustión como se indica en la figura 4.8 entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco ESPOL es alta.

4.2.1.4 Cálculo de la correlación de la Temperatura interna de la cámara combustión entre la combinación J con las probetas del banco UTA.

La tabla 4.10 presenta los datos y la correlación de la temperatura entre la combinación J con las probetas originales del banco UTA.

Tabla 4.10 Correlación de la Temperatura entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco UTA

Temperatura					
N. de Datos	T1 (°C)	T2 (°C)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	55	91,28	5020,4	3025	8332,038
2	56	86,10	4821,6	3136	7413,21
3	56	173,36	9708,16	3136	30053,69
4	51	205,06	10458,06	2601	42049,6
5	51	160,02	8161,02	2601	25606,4
Total	269	715,82	38169,24	14499	113454,9

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(38169,24) - (269)(715,82)}{\sqrt{(5(14499) - (269^2))(5(113454,9) - (715,82^2))}}$$

$$R = -0,63037$$

$$R^2 = 0,3974$$

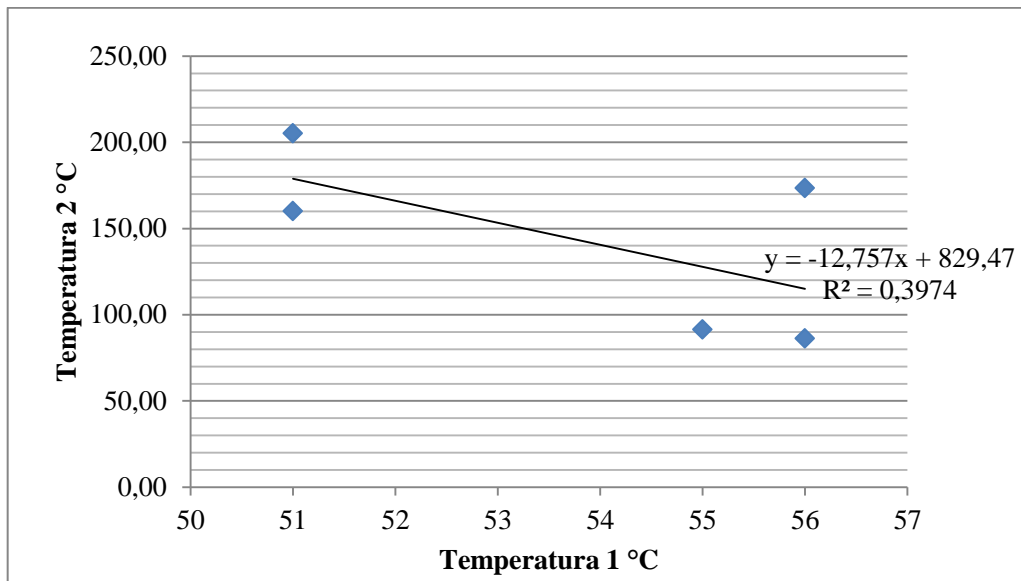


Figura 4.9 Correlación de la Temperatura de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas originales del banco UTA [Autor]

La correlación de la Temperatura como se indica en la figura 4.9 entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas originales del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco UTA es moderada.

Los datos y la correlación de la Temperatura de la combinación J con las probetas réplicas del banco UTA se presenta en la tabla 4.11

Tabla 4.11 Correlación de la Temperatura entre la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA

Temperatura					
N. de Datos	T1 (°C)	T2 (°C)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	55	57,76	3176,8	3025	3336,218
2	56	107,10	5997,6	3136	11470,41
3	56	140,14	7847,84	3136	19639,22
4	51	236,24	12048,24	2601	55809,34
5	51	183,94	9380,94	2601	33833,92
Total	269	725,18	38451,42	14499	124089,1

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(38451,42) - (269)(725,18)}{\sqrt{(5(14499) - (269^2))(5(124089,1) - (725,18^2))}}$$

$$R = -0,79118$$

$$R^2 = 0,626$$

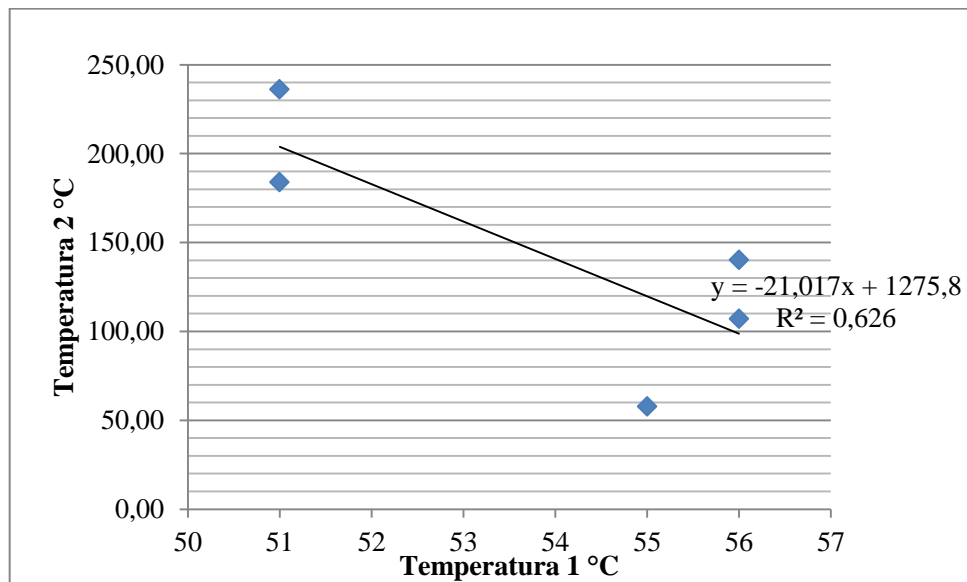


Figura 4.10 Correlación de la Temperatura de la Combinación J (30% F.V + 67% R.E + 3% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA [Autor]

La correlación de la temperatura como se presenta en la figura 4.10 entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas réplicas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco UTA es alta.

4.2.1.5 Cálculo de correlación distancia vs tiempo de la combinación L con las probetas del banco DIDE UTA, UTA y ESPOL.

Los datos y la correlación distancia vs tiempo entre la combinación L con las probetas del banco DIDE UTA se indican en la tabla 4.12.

Tabla 4.12 Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco DIDE UTA

Distancia vs Tiempo					
N. de Datos	Distancia (mm)	Tiempo (s)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	139	1540	214060	19321	2371600
2	263	2801	736663	69169	7845601
3	136	1765	240040	18496	3115225
4	137	1370	187690	18769	1876900
5	215	3546	762390	46225	12574116
6	254	1093,8	277825,2	64516	1196398
7	254	1269,5	322453	64516	1611630
8	254	1307,70	332155,8	64516	1710079
9	254	1043,50	265049	64516	1088892
10	254	1084,80	275539,2	64516	1176791
11	254	1287,6	327050,4	64516	1657914
12	254	1234,2	313486,8	64516	1523250
13	254	1291,20	327964,8	64516	1667197
14	254	1468,80	373075,2	64516	2157373
15	254	1583,40	402183,6	64516	2507156
Total	3430	23686,5	5357626	817140	44080123

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{15(5357626) - (3430)(23686,5)}{\sqrt{(15(817140) - (3430^2))(15(44080123) - (23686,5^2))}}$$

$$R = -0,12538$$

$$R^2 = 0,01572$$

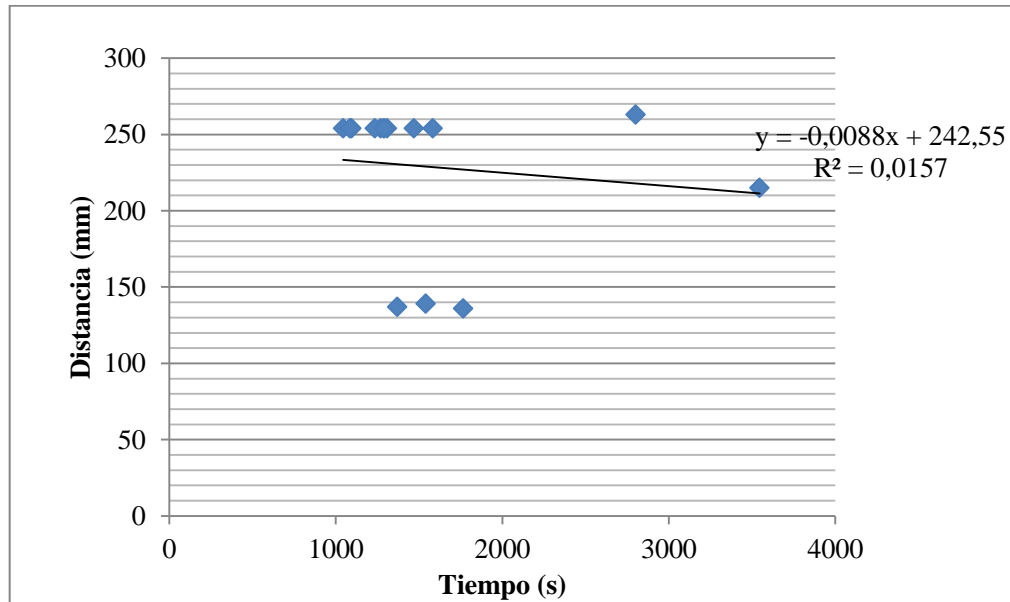


Figura 4.11 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco DIDE UTA [Autor]

La correlación distancia vs tiempo como se indica en la figura 4.11 entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas originales y réplicas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco DIDE UTA es muy baja.

La tabla 4.13 presenta los datos y la correlación distancia vs tiempo de la combinación L con las probetas del banco UTA.

Tabla 4.13 Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco UTA

Distancia vs Tiempo					
N. de Datos	Distancia (mm)	Tiempo (s)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	139	1540	214060	19321	2371600
2	263	2801	736663	69169	7845601
3	136	1765	240040	18496	3115225
4	137	1370	187690	18769	1876900
5	215	3546	762390	46225	12574116
6	254	1093,1	277647,4	64516	1194868
7	254	1289,2	327456,8	64516	1662037
8	254	1129,60	286918,4	64516	1275996
9	254	830,30	210896,2	64516	689398,1
10	254	938,10	238277,4	64516	880031,6
11	254	1464,00	371856	64516	2143296
12	254	1170,60	297332,4	64516	1370304
13	254	1162,80	295351,2	64516	1352104
14	254	1266,00	321564	64516	1602756
15	254	1383,60	351434,4	64516	1914349
Total	3430	22749,3	5119577	817140	41868581

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{15(5119577) - (3430)(22749,3)}{\sqrt{(15(817140) - (3430)^2)(15(41868581) - (22749,3)^2)}}$$

$$R = -0,16766$$

$$R^2 = 0,0281$$

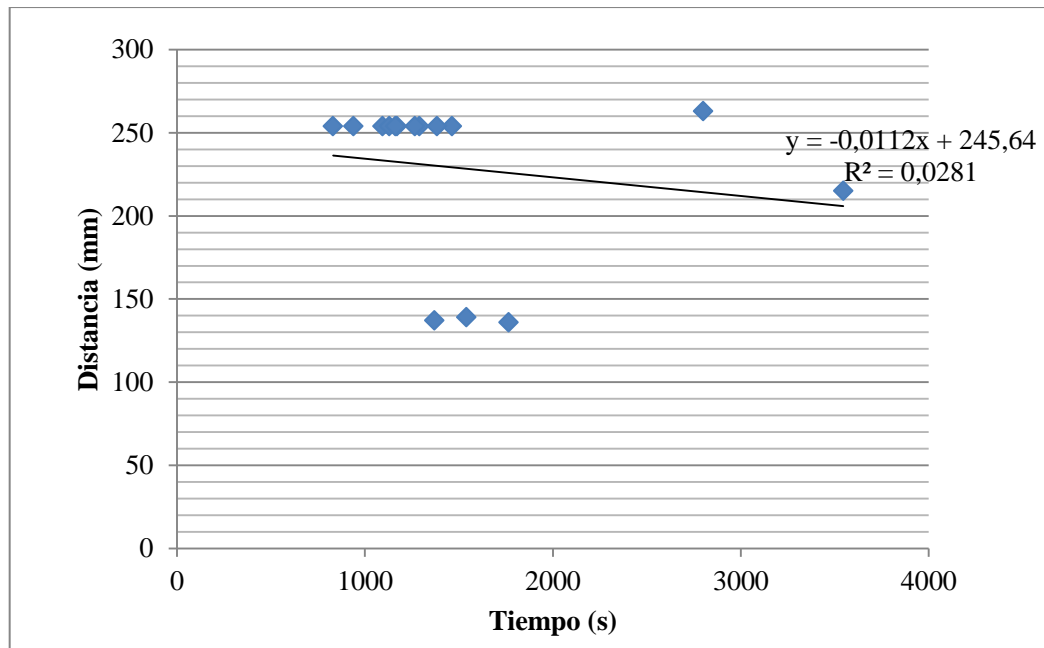


Figura 4.12 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco UTA [Autor]

La correlación distancia vs tiempo como se presenta en la figura 4.12 entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas originales y réplicas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco UTA es muy baja.

Los datos y la correlación distancia vs tiempo de la combinación L con las probetas del banco ESPOL se presenta en la tabla 4.14

Tabla 4.14 Correlación distancia vs tiempo entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco ESPOL

Distancia vs Tiempo					
N. de Datos	Distancia (mm)	Tiempo (s)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	139	1540	214060	19321	2371600
2	263	2801	736663	69169	7845601
3	136	1765	240040	18496	3115225
4	137	1370	187690	18769	1876900

5	215	3546	762390	46225	12574116
6	254	830	210820	64516	688900
7	254	782	198628	64516	611524
8	254	847	215138	64516	717409
9	254	924	234696	64516	853776
10	254	866	219964	64516	749956
Total:	2160	15271	3220089	494560	31405007

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{10(3220089) - (2160)(15271)}{\sqrt{(10(494560) - (2160^2))(10(31405007) - (15271^2))}}$$

$$R = -0,16488$$

$$R^2 = 0,0272$$

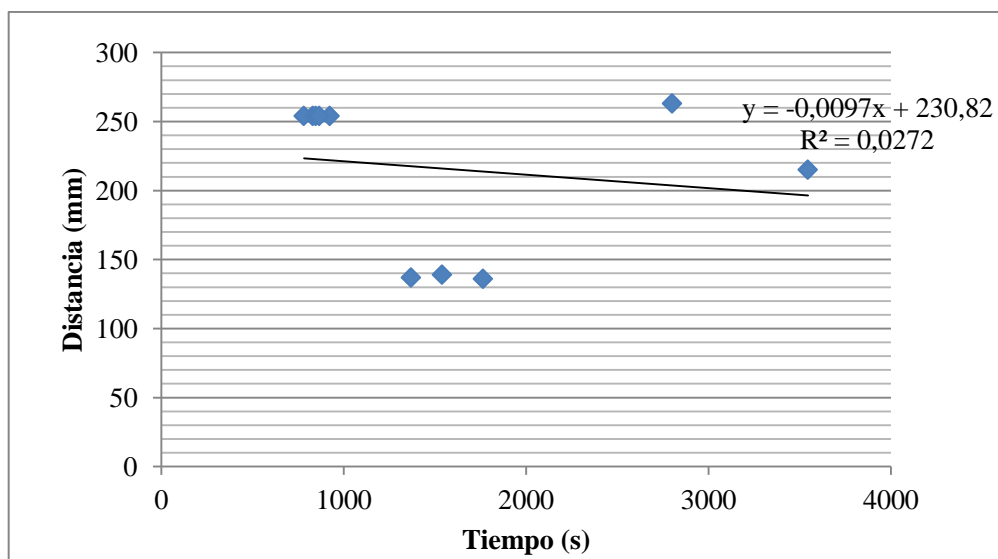


Figura 4.13 Correlación distancia vs tiempo de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco ESPOL [Autor]

La correlación distancia vs tiempo como se indica en la figura 4.13 entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco ESPOL es muy baja.

4.2.1.6 Cálculo de correlación de la tasa de combustión o índice de inflamabilidad de la combinación L con las probetas del banco DIDE UTA, UTA, y ESPOL

Los datos y la correlación de la tasa de combustión de la combinación L con las probetas originales del banco DIDE UTA, se presenta en la tabla 4.15.

Tabla 4.15 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco DIDE UTA

Tasa de combustión					
N. de Datos	Tasa 1 (mm/min)	Tasa 2 (mm/min)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	5,41	13,93	75,3613	29,2681	194,0449
2	5,63	12,00	67,56	31,6969	144
3	4,62	11,65	53,823	21,3444	135,7225
4	6	14,60	87,6	36	213,16
5	3,64	14,05	51,142	13,2496	197,4025
Total	25,3	66,23	335,4863	131,559	884,3299

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(335,4863) - (25,3)(66,23)}{\sqrt{(5(131,559) - (25,3^2))(5(884,3299) - (66,23^2))}}$$

$$R = 0,072566$$

$$R^2 = 0,0053$$

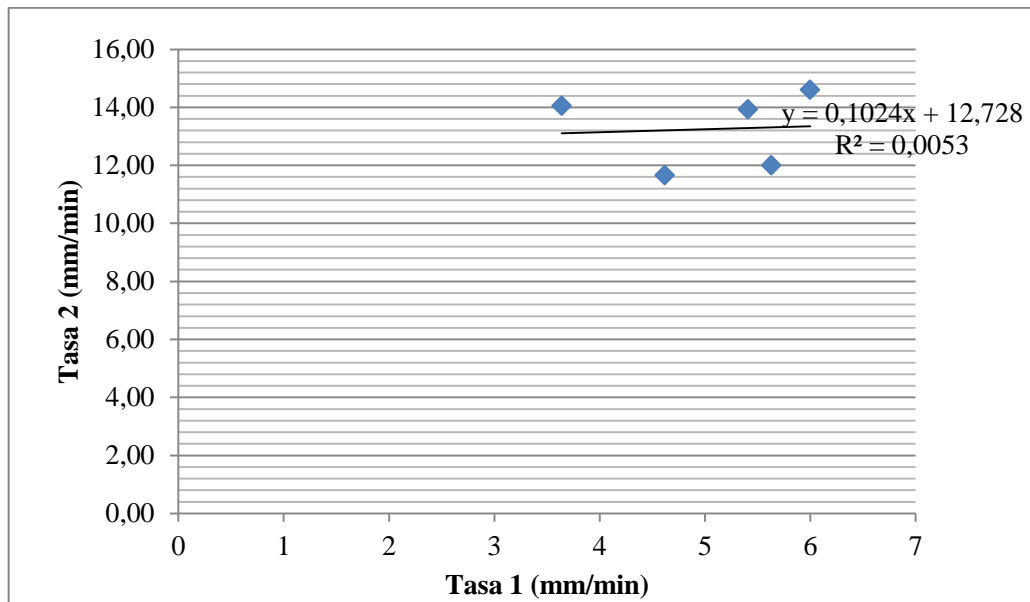


Figura 4.14 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco DIDE UTA [Autor]

La correlación de la tasa de combustión como se indica en la figura 4.14 entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas originales del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco DIDE UTA es muy baja.

La tabla 4.16 indica los datos y la correlación de la tasa de combustión de la combinación L con las probetas réplicas del banco DIDE UTA.

Tabla 4.16 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco DIDE UTA

Tasa de combustión					
N. de Datos	Tasa 1 (mm/min)	Tasa 2 (mm/min)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	5,41	11,84	64,0544	29,2681	140,1856
2	5,63	12,35	69,5305	31,6969	152,5225
3	4,62	11,80	54,516	21,3444	139,24
4	6	10,38	62,28	36	107,7444
5	3,64	9,62	35,0168	13,2496	92,5444
Total	25,3	55,99	285,3977	131,559	632,2369

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(285,3977) - (25,3)(55,99)}{\sqrt{(5(131,559) - (25,3^2))(5(632,2369) - (55,99^2))}}$$

$$R = 0,48384$$

$$R^2 = 0,2341$$

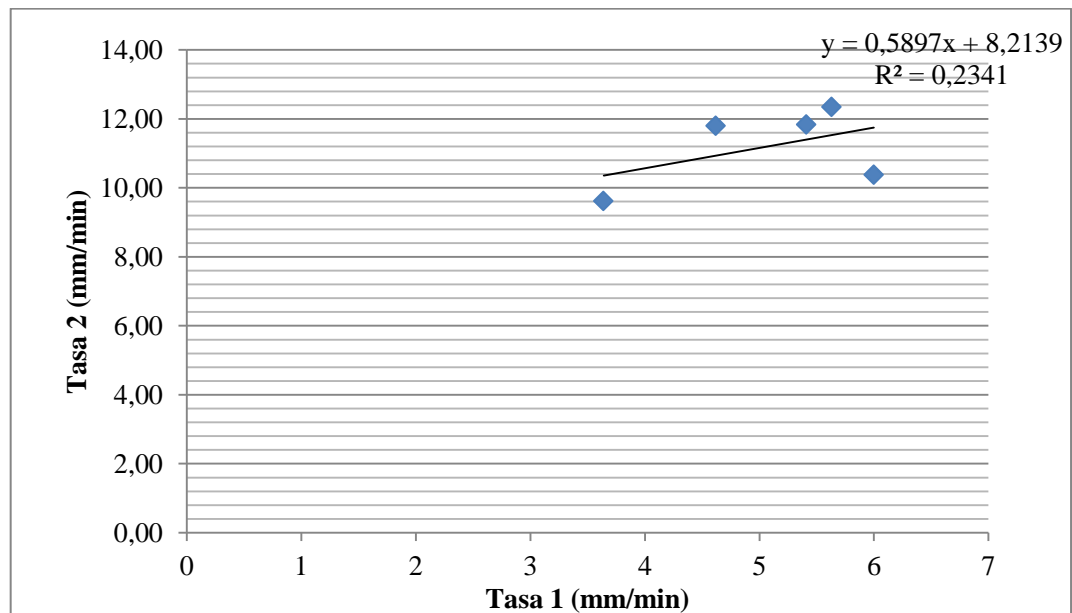


Figura 4.15 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco DIDE UTA [Autor]

La correlación de la tasa de combustión como se muestra en la figura 4.15 entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas réplicas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco DIDE UTA es baja.

Los datos y la correlación de la tasa de combustión de la combinación L con las probetas originales del banco UTA se presenta en la tabla 4.17.

Tabla 4.17 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco UTA

Tasa de combustión					
N. de Datos	Tasa 1 (mm/min)	Tasa 2 (mm/min)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	5,41	13,94	75,4154	29,2681	194,3236
2	5,63	11,82	66,5466	31,6969	139,7124
3	4,62	13,49	62,3238	21,3444	181,9801
4	6	18,35	110,1	36	336,7225
5	3,64	16,25	59,15	13,2496	264,0625
Total	25,3	73,85	373,5358	131,559	1116,801

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(373,5358) - (25,3)(73,85)}{\sqrt{(5(131,559) - (25,3^2))(5(1116,801) - (73,85^2))}}$$

$$R = -0,01512$$

$$R^2 = 0,00028$$

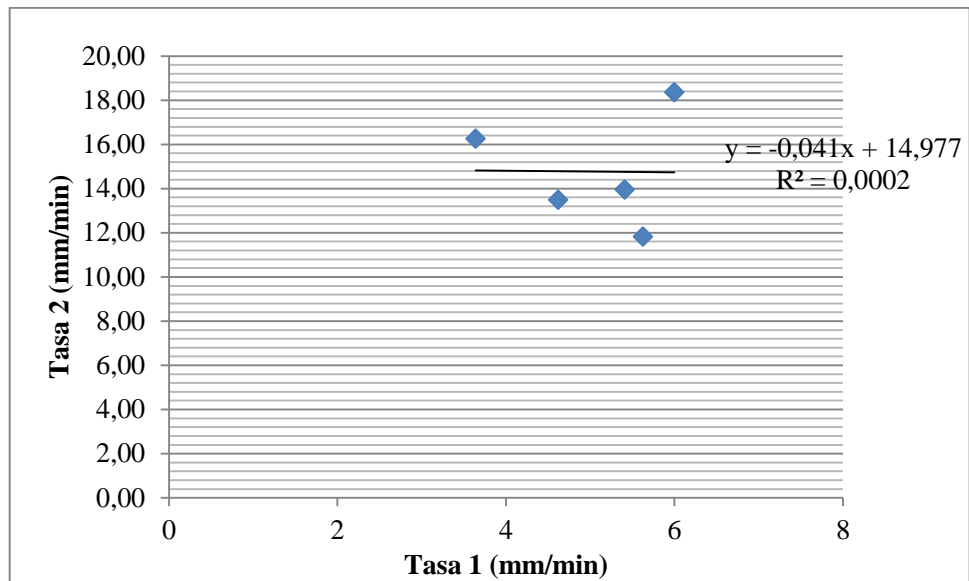


Figura 4.16 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco UTA [Autor]

La correlación de la tasa de combustión como se muestra en la figura 4.16 entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas originales del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco UTA es muy baja.

La tabla 4.18 muestra los datos y la correlación de la tasa de combustión entre la combinación L con las probetas réplicas del banco UTA.

Tabla 4.18 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA

Tasa de combustión					
N. de Datos	Tasa 1 (mm/min)	Tasa 2 (mm/min)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	5,41	10,41	56,3181	29,2681	108,3681
2	5,63	13,02	73,3026	31,6969	169,5204
3	4,62	13,11	60,5682	21,3444	171,8721
4	6	12,04	72,24	36	144,9616
5	3,64	11,01	40,0764	13,2496	121,2201
Total	25,3	59,59	302,5053	131,559	715,9423

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(302,5053) - (25,3)(59,59)}{\sqrt{(5(131,559) - (25,3^2))(5(715,9423) - (59,59^2))}}$$

$$R = 0,21719$$

$$R^2 = 0,04717$$

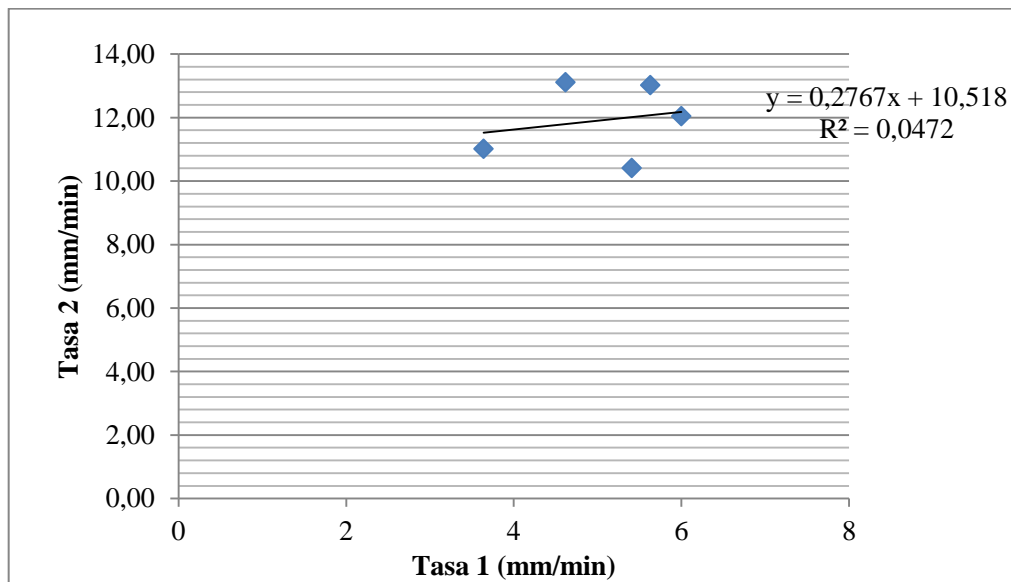


Figura 4.17 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA [Autor]

La correlación de la tasa de combustión como se indica en la figura 4.17 entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas réplicas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco UTA es baja.

Los datos y la correlación de la tasa de combustión de la combinación L con las probetas del banco ESPOL se indican en la tabla 4.19.

Tabla 4.19 Correlación de la tasa de combustión entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco ESPOL

Tasa de combustión					
N. de Datos	Tasa 1 (mm/min)	Tasa 2 (mm/min)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	5,41	18,36	99,3276	29,2681	337,0896
2	5,63	19,49	109,7287	31,6969	379,8601
3	4,62	17,99	83,1138	21,3444	323,6401
4	6	16,49	98,94	36	271,9201
5	3,64	17,6	64,064	13,2496	309,76
Total	25,3	89,93	455,1741	131,559	1622,27

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(455,1741) - (25,3)(89,93)}{\sqrt{(5(131,559) - (25,3^2))(5(1622,27) - (89,93^2))}}$$

$$R = 0,031156$$

$$R^2 = 0,001$$

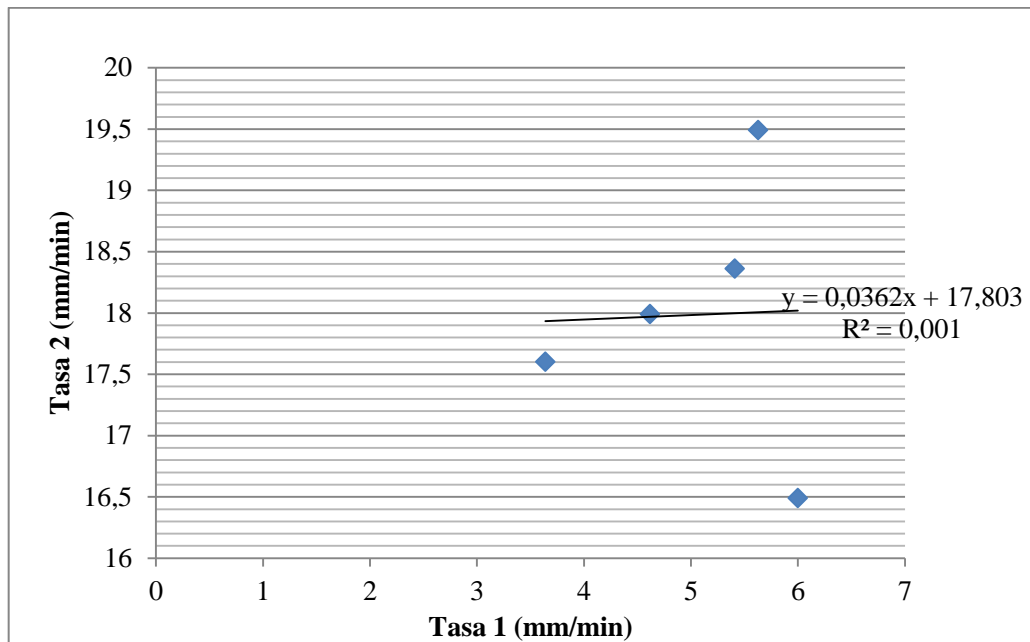


Figura 4.18 Correlación de la tasa de combustión de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas del banco ESPOL [Autor]

La correlación de la tasa de combustión como se muestra en la figura 4.18 entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco ESPOL es muy baja.

4.2.1.7 Cálculo de la correlación de la Temperatura interna de la cámara combustión entre la combinación L con las probetas del banco UTA.

La tabla 4.20 indica los datos y la correlación de la temperatura de la combinación L con las probetas originales del banco UTA.

Tabla 4.20 Correlación de la Temperatura entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco UTA

Temperatura					
N. de Datos	T1 (°C)	T 2 (°C)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	59	91,28	5385,52	3481	8332,038
2	62	86,10	5338,2	3844	7413,21
3	59	173,36	10228,24	3481	30053,69

4	56	205,06	11483,36	3136	42049,6
5	58	160,02	9281,16	3364	25606,4
Total	294	715,82	41716,48	17306	113454,9

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(41716,48) - (294)(715,82)}{\sqrt{(5(17306) - (294^2))(5(113454,9) - (715,82^2))}}$$

$$R = -0,82277$$

$$R^2 = 0,677$$

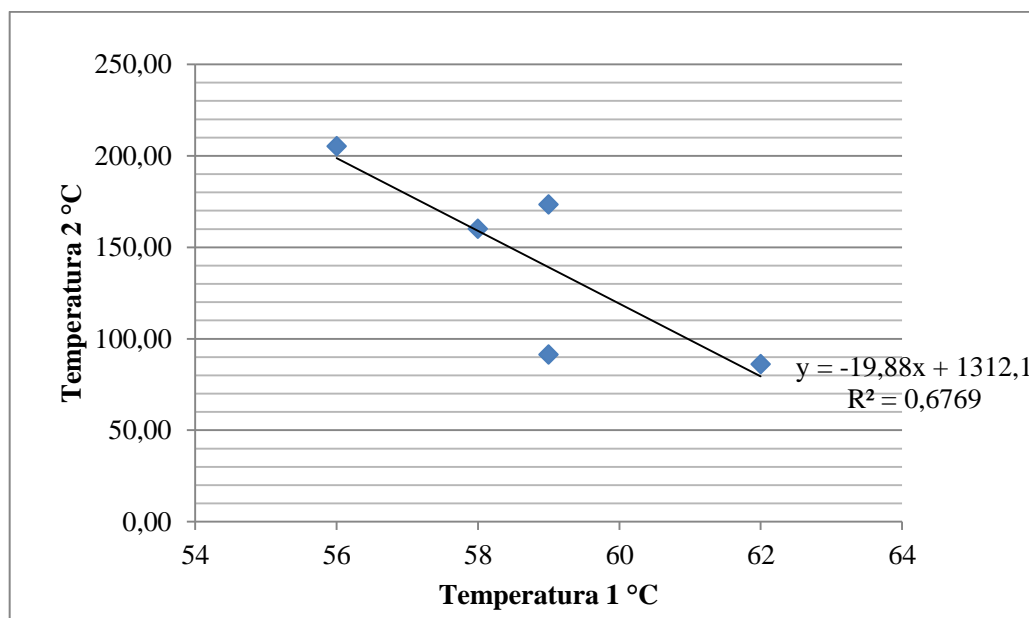


Figura 4.19 Correlación de la Temperatura de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas originales del banco UTA [Autor]

La correlación de la Temperatura como se muestra en la figura 4.19 entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas originales del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco UTA es alta.

Los datos y la correlación de la temperatura de la tasa de combustión de la combinación L con las probetas réplicas del banco UTA, se presenta en la tabla 4.21

Tabla 4.21 Correlación de la Temperatura entre la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA

Temperatura					
N. de Datos	T1 (°C)	T2 (°C)	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1	59	57,76	3407,84	3481	3336,218
2	62	107,10	6640,2	3844	11470,41
3	59	140,14	8268,26	3481	19639,22
4	56	236,24	13229,44	3136	55809,34
5	58	183,94	10668,52	3364	33833,92
Total	294	725,18	42214,26	17306	124089,1

Fuente: [Autor]

A continuación se aplica la ecuación 4.1:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(42214,26) - (294)(725,18)}{\sqrt{(5(17306) - (294^2))(5(124089,1) - (725,18^2))}}$$

$$R = -0,71498$$

$$R^2 = 0,5112$$

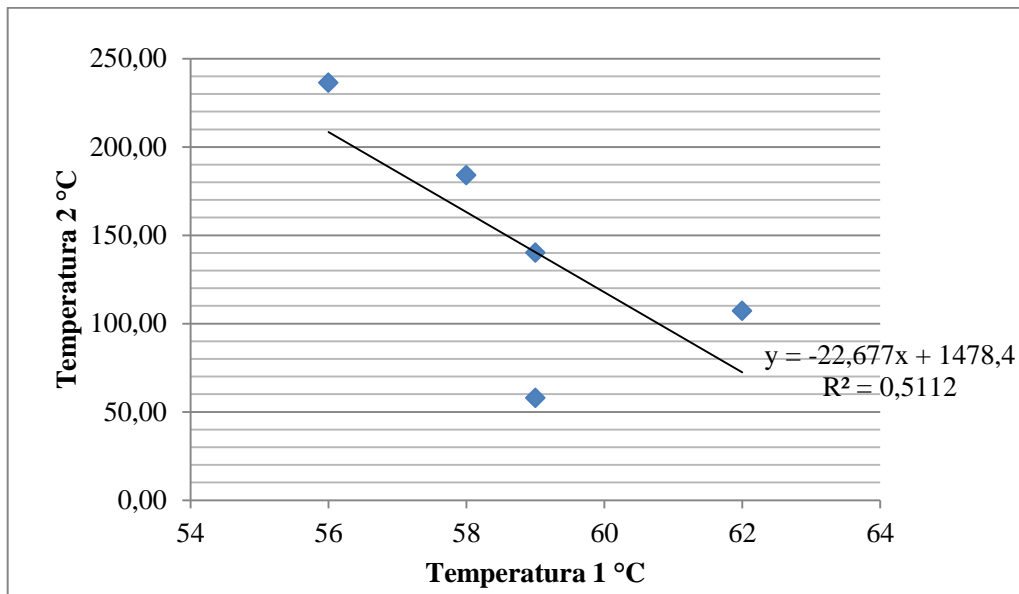


Figura 4.20 Correlación de la Temperatura de la Combinación L (30% F.V + 61% R.E + 9% de H.M) con las probetas réplicas del banco UTA [Autor]

La correlación de la temperatura como se indica en la figura 4.20 entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% de Hidróxido de Magnesio) con las probetas réplicas del Sr. José Luis Villena Portero (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster) del banco UTA es alta.

4.3 Verificación de hipótesis

Para la verificación se empleó un análisis de varianza (ANOVA), el cual nos permite la comparación de dos o más grupos o poblaciones con un nivel de confianza del 95%, si el factor de significancia es menor a 0,05 se rechazan la hipótesis nula y se acoge la hipótesis alternativa.

4.3.1 Análisis de Varianza de forma analítica

En las tablas 4.22 y 4.23 se presenta las fórmulas para calcular de manera analítica el análisis de varianza.

Tabla 4.22 Fórmulas para los resultados del análisis

Cantidad de replicas	Tipos de Materiales			Diferencias de cuadrado entre grupos.			Diferencias de cuadrado por grupos.		
	A	.....	z	$(X_i - \bar{X})^2$			$(X_i - \bar{X}_i)^2$		
1	X_{A1}	$X_{...}$	X_{z1}	$(X_{A1} - \bar{X})^2$	....	$(X_{z1} - \bar{X})^2$	$(X_{A1} - \bar{X}_{A1})^2$	....	$(X_{z1} - \bar{X}_{z1})^2$
2	X_{A2}	$X_{...}$	X_{z2}	$(X_{A2} - \bar{X})^2$	....	$(X_{z2} - \bar{X})^2$	$(X_{A2} - \bar{X}_{A1})^2$	....	$(X_{z2} - \bar{X}_{z2})^2$
⋮	$X_{A...}$	$X_{A...}$	$X_{z...}$	$(X_{A...} - \bar{X})^2$	....	$(X_{z..} - \bar{X})^2$	$(X_{A...} - \bar{X}_{A1})^2$	....	$(X_{z..} - \bar{X}_{z3})^2$
Total									
Media cada nivel	\bar{X}_{A1}$	.....	\bar{X}_{z...}$	Media Total		\bar{X}			
Cantidad de datos por nivel	n_1	$n_{...}$	$n_{z..}$	Cantidad total de datos.		N			
Diferencia de cuadrados entre medias.									
	$n_1(\bar{X}_{A1} - \bar{X})^2$	---	$n_z(\bar{X}_{z1} - \bar{X})^2$						
Número de niveles de factores		a							

Fuente: [23]

Tabla 4.23 ANOVA para los resultados de la Tabla 4.22

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios. (CM)
Variación explicada SS_B	$SS_B = n_i \sum_{I=1}^a (\bar{X}_{A1I} - \bar{X})^2$	a-1	$CM_B = \frac{SS_B}{a-1}$
Variación no explicada SS_W	$SS_W = n_i \sum_{j=1}^n \sum_{I=1}^a (X_{A1jI} - \bar{X}_{A1I})^2$	N-a	$CM_W = \frac{SS_W}{N-a}$
Variación total SS_T	$SS_T = n_i \sum_{j=1}^n \sum_{I=1}^a (X_{A1jI} - \bar{X})^2$	N-1	
Prueba F	$F = \frac{CM_B}{CM_W}$		

Fuente: [23]

Variación explicada (SS_B). Esta variación muestra lo distinto que son los datos y resulta de comparar cada promedio de cada nivel con el promedio general de los datos. [22]

Variación no explicada (SS_W). Es la diferencia de los datos dentro del mismo nivel de factor y es el resultado de la comparación de cada nivel de factor con respecto a su correspondiente promedio de nivel de factor.

El f calculado se lo compara con el f de tablas. Si F calculado es mayor que el f de tablas se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

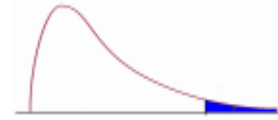
En la columna ingresamos con los grados de libertad de la Variación explicada SS_B y en la fila ingresamos con los grados de libertad de la Variación no explicada SS_W [23].

La tabla 4.24 muestra la significancia de ANOVA de un factor.

Tabla 4.24 Tabla de significancia de ANOVA de un factor.

Distribución F 0.05

En las columnas se encuentran los valores F que corresponden al área 0.05 a la derecha
 En las columnas se encuentran los grados de libertad del numerador
 En los renglones se encuentran los grados de libertad del denominador.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	60	120
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35

Para calcular el valor F en excel, se utiliza la función de la distribución F inversa

=distr.f.inv(0.05; gl num; gl den)

© Ing. Jesús Alberto Mellado Bosque

Fuente: [24]

Hipótesis:

Hipótesis nula h_0 = La adición de retardantes de llama no influye en el índice de inflamabilidad de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metálicas.

Hipótesis alternativa $h_1 =$ La adición de retardantes de llama influye en el índice de inflamabilidad de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metálicas.

4.3.2 Aplicación analítica de ANOVA para el índice de inflamabilidad

La tabla 4.25 muestra los valores obtenidos del índice de inflamabilidad de las diferentes probetas, sus medias y la diferencia de cuadrados entre medias.

Tabla 4.25 Datos de los índices de Inflamabilidad

Nº. Replicas	Combinación J	Probetas del banco DIDE UTA	Probetas del banco UTA	Probetas del banco ESPOL
1	4,22	13,93	13,94	18,36
2	4,46	12,00	11,82	19,49
3	5,15	11,65	13,49	17,99
4	-	14,60	18,35	16,49
5	-	14,05	16,25	17,6
6	-	11,84	10,41	-
7	-	12,35	13,02	-
8	-	11,80	13,11	-
9	-	10,38	12,04	-
10	-	9,62	11,01	-
Total	13,83	122,22	133,44	89,93
Media	4,61	12,22	13,34	17,986
n	3	10,00	10,00	5
Media Total	12,0405	Cantidad total de datos	28	
Diferencia de cuadrados entre medias				
	165,64	0,322	16,887	176,74
Número de niveles de factores		4		

Fuente: [Autor]

La tabla 4.26 presenta los resultados obtenidos del cálculo de la diferencia de cuadrados entre grupos.

Tabla 4.26 Diferencias de cuadrado entre grupos.

Nº. Replicas	$(X_i - \bar{X})^2$			
1	$(4,22 - 12,0405)^2$ = 61,1602	3,5702	3,6081	39,9361
2	57,4640	0,0016	0,0486	55,4951
3	47,4790	0,1525	2,1011	35,3966
4	-	6,5510	39,8098	19,7981
5	-	4,0381	17,7199	30,9080
6	-	0,0402	2,6585	-
7	-	0,0958	0,9594	-
8	-	0,0578	1,1438	-
9	-	2,7573	0,0000	-
10	-	5,8588	1,0619	-
Total	166,1032	23,1234	69,1112	181,5338

Fuente: [Autor]

La tabla 4.27 muestra los resultados obtenidos del cálculo de la diferencia de cuadrados por grupos.

Tabla 4.27 Diferencias de cuadrado por grupos

Nº. Replicas	$(X_i - \bar{X}_i)^2$			
1	$(4,22 - 4,61)^2$ = 0,1521	2,9173	0,3552	0,1399
2	0,0225	0,0493	2,3226	2,2620
3	0,2916	0,3272	0,0213	0,0000
4	-	5,6549	25,0600	2,2380
5	-	3,3416	8,4448	0,1490

6	-	0,1459	8,6084	-
7	-	0,0164	0,1050	-
8	-	0,1781	0,0548	-
9	-	3,3930	1,7004	-
10	-	6,7704	5,4476	-
Total	0,4662	22,7940	52,1200	4,7889

Fuente: [Autor]

La tabla 4.28 muestra los resultados obtenidos al aplicar las operaciones establecidas en la tabla 4.23 con el fin de determinar el valor de F.

Tabla 4.28 Tabla de resultados ANOVA de un factor.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios. (CM)
Variación explicada SS_B	$SS_B = 165,637 + 0,329 + 16,991 + 176,745 = 359,702$	$4 - 1 = 3$	$CM_B = \frac{359,702}{3}$ $CM_B = 119,9008$
Variación no explicada SS_W	$SS_W = 0,4662 + 22,794 + 52,12 + 4,7889 = 80,1691$	$28 - 4 = 24$	$CM_W = \frac{80,1691}{24}$ $CM_W = 3,34038$
Variación total SS_T	$SS_T = 166,1032 + 23,1234 + 69,1112 + 181,5338 = 439,8715$	$28 - 1 = 27$	
Prueba F	$F = \frac{119,9008}{3,34038} = 35,894$		

Fuente: [Autor]

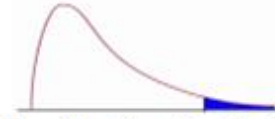
El F calculado es de 35,894.

4.3.2.1 Determinación del valor de F en la tabla de ANOVA de un factor.

De la tabla 4.24 a partir de los grados de libertad se determina el valor de F.

Distribución F 0.05

En las columnas se encuentran los valores F que corresponden al área 0.05 a la derecha
 En las columnas se encuentran los grados de libertad del numerador
 En los renglones se encuentran los grados de libertad del denominador.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	60	120
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35

A partir de los grados de libertad 3 y 24 se determinó que el valor de F de tabla es de 3,01. Ya que el valor de F calculado de 35,894 es mayor al F de tabla de 3,01 se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula, es decir que la adición de retardantes de llama influye en el índice de inflamabilidad de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metálicas.

4.3.3 Cálculo de ANOVA de un factor para los datos obtenidos del índice de inflamabilidad mediante un software.

4.3.3.1 Cálculo de ANOVA del índice de inflamabilidad entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% hidróxido de magnesio) con las probetas del banco DIDE UTA, UTA y ESPOL (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster.)

A partir de un software se resolverá el ANOVA de un factor para la comprobación de lo anteriormente realizado analíticamente, la tabla 4.29 presenta los valores de índice de inflamabilidad de cada una de las probetas y en la tabla 4.30 los resultados del ANOVA.

Tabla 4.29 Datos de los índices de Inflamabilidad

Nº. Réplicas	Combinación J	Probetas del banco DIDE UTA	Probetas del banco UTA	Probetas del banco ESPOL
1	4,22	13,93	13,94	18,36
2	4,46	12,00	11,82	19,49
3	5,15	11,65	13,49	17,99
4	-	14,60	18,35	16,49
5	-	14,05	16,25	17,6
6	-	11,84	10,41	-
7	-	12,35	13,02	-
8	-	11,80	13,11	-
9	-	10,38	12,04	-
10	-	9,62	11,01	-

Fuente: [Autor]

Tabla 4.30 Resultados de ANOVA para el Índice de Inflamabilidad obtenidos en el software

	Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	343,242	3	114,414	33,593	0,000

Dentro de grupos	81,741	24	3,406
Total	424,983	27	

Fuente: [Autor]

La F calculada analíticamente y la de Software son semejantes lo que comprueba la validez de los dos métodos, lo esencial de la tabla 4.30 es el nivel de significancia, si $p \leq 0,05$ se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula, en nuestro estudio el valor es 0, es decir que se acoge la hipótesis alternativa, en pocas palabras se determina que la adición de retardantes de llama influye en el índice de inflamabilidad de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metálicas.

Tabla 4.31 Prueba de Tukey del índice de inflamabilidad

Probetas a comparar		Nivel de significancia	Hipótesis nula h_0	Hipótesis alternativa h_1
Combinación J	DIDE UTA	0		X
	UTA	0		X
	ESPOL	0		X

Fuente: [Autor]

De la tabla 4.31 donde la prueba de Tukey va haciendo una comparación entre ellas se determina que el nivel de significancia entre la Combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% hidróxido de magnesio) y las probetas de la cámaras DIDE UTA, UTA y ESPOL es 0, es decir que todas acogen la hipótesis alternativa, que la adición de retardantes de llama influye en el índice de inflamabilidad de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metálicas.

4.3.3.2 Cálculo de ANOVA del índice de inflamabilidad entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% hidróxido de magnesio) con las probetas del banco DIDE UTA, UTA y ESPOL (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster.)

La tabla 4.32 presenta los valores del índice de inflamabilidad de cada probeta y la tabla 4.33 muestra los resultados obtenidos del ANOVA mediante un software.

Tabla 4.32 Datos de los índices de Inflamabilidad

Nº. Réplicas	Combinación L	Probetas del banco DIDE UTA	Probetas del banco UTA	Probetas del banco ESPOL
1	5,41	13,93	13,94	18,36
2	5,63	12,00	11,82	19,49
3	4,62	11,65	13,49	17,99
4	6	14,60	18,35	16,49
5	3,64	14,05	16,25	17,6
6	-	11,84	10,41	-
7	-	12,35	13,02	-
8	-	11,80	13,11	-
9	-	10,38	12,04	-
10	-	9,62	11,01	-

Fuente: [Autor]

Tabla 4.33 Resultados de ANOVA para el Índice de Inflamabilidad obtenidos en el software

	Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	435,057	3	145,019	44,455	0,000
Dentro de grupos	84,816	26	3,262		
Total	519,873	29			

Fuente: [Autor]

Como se muestra en la tabla 4.33 el nivel de significancia es 0, es decir se acepta la hipótesis alternativa que la adición de retardantes de llama influye en el índice de inflamabilidad de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metálicas.

Tabla 4.34 Prueba de Tukey del índice de inflamabilidad

Probetas a comparar		Nivel de significancia	Hipótesis nula h_0	Hipótesis alternativa h_1
Combinación L	DIDE UTA	0		X
	UTA	0		X
	ESPOL	0		X

Fuente: [Autor]

De la tabla 4.34 se determina que el nivel de significancia entre la Combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% hidróxido de magnesio) y las probetas de la cámaras DIDE UTA, UTA y ESPOL es 0, es decir que todas acogen la hipótesis alternativa, que la adición de retardantes de llama influye en el índice de inflamabilidad de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metálicas.

4.3.3.3 Cálculo de ANOVA de la Temperatura interna de la cámara de combustión entre la combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% hidróxido de magnesio) con las probetas del banco UTA (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster.)

La tabla 4.35 presenta los valores de temperatura de las probetas de la combinación J y del banco UTA, y la tabla 4.36 los resultados obtenidos del software para el ANOVA.

Tabla 4.35 Datos de Temperatura de la combinación J y las probetas del banco UTA

Nº. Réplicas	Combinación J	Probetas del banco UTA
1	55	91,28
2	56	86,10
3	56	173,36
4	51	205,06

5	51	160,02
6	-	57,76
7	-	107,10
8	-	140,14
9	-	236,24
10	-	183,94

Fuente: Autor

Tabla 4.36 Resultados del ANOVA para las Temperaturas obtenidas en el software

	Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	27180,30	1	27180,30	11,809	0,004
Dentro de grupos	29922,75	13	2301,75		
Total	57103,05	14			

Fuente: [Autor]

Como se muestra en la tabla 4.36 el nivel de significancia entre la Combinación J (30% fibra de vidrio + 67% resina epóxica + 3% hidróxido de magnesio) y las probetas del banco UTA es 0,004.

4.3.3.4 Cálculo de ANOVA de la Temperatura interna de la cámara de combustión entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% hidróxido de magnesio) con las probetas del banco UTA (30% fibra de vidrio + 70% resina poliéster.)

La tabla 4.37 presenta los valores de temperatura de cada una de las probetas a estudiar.

Tabla 4.37 Datos de Temperatura combinación L y las probetas del banco UTA

Nº. Réplicas	Combinación L	Probetas del banco UTA
1	59	91,28
2	62	86,10
3	59	173,36

4	56	205,06
5	58	160,02
6	-	57,76
7	-	107,10
8	-	140,14
9	-	236,24
10	-	183,94

Fuente: [Autor]

Tabla 4.38 Resultados del ANOVA para las Temperaturas obtenidas en el software

	Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	24253,633	1	24253,633	10,54	0,006
Dentro de grupos	29914,750	13	2301,135		
Total	54168,384	14			

Fuente: [Autor]

Como se muestra en la tabla 4.38 el nivel de significancia entre la combinación L (30% fibra de vidrio + 61% resina epóxica + 9% hidróxido de magnesio) con las probetas del banco UTA es 0,006.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El diseño experimental se formó a partir de las siguientes variables de entrada: tipo de resina (poliéster, epóxica), tipo de retardante (hidróxido de aluminio y magnesio) y porcentaje de retardante (%3, %6, %9), las dos primeras son de tipo nominal y la otra tipo numérica, al hacer una relación entre ellas se obtuvo 12 combinaciones, como se presenta en la tabla 3.2 del estudio. Las diferentes fracciones volumétricas con respecto al refuerzo y la matriz se basó a partir de la Maestría en Diseño Mecánico del Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas bajo el tema “Estudio de Polímeros Híbridos Estratificados de Matriz Poliéster Reforzada con Fibra de Vidrio y Cabuya como Material Alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en Guardachoques para Buses.”, que determinó un 70% de matriz y 30% refuerzo, a lo que se refiere al retardante fue elección propia escoger esos porcentajes pero también se basó de previas investigaciones como las de Sanjay K. Nayak.
- Se elaboró las probetas bajo el régimen de la norma ISO 3795, cumpliendo con el siguiente dimensionamiento: 356mm de largo, 60 mm de ancho y lo que respecta al espesor este depende del número de capas de fibra, en la manufactura se utilizó 4 capas obteniendo un espesor promedio de 4,3 mm para las probetas con resina poliéster y de 5.3 mm para las de resina epóxica.
- Una vez conocida las fracciones volumétricas a utilizar se determinó durante la ejecución del experimento el peso de la materia prima que conforma un material compuesto es decir:
 - ✓ Combinación A: 0,185 kg de refuerzo + 0,413 kg de matriz (resina poliéster) + 0,0185 kg de retardante (hidróxido de aluminio).
 - ✓ Combinación B: 0,185 kg de refuerzo + 0,395 kg de matriz (resina poliéster) + 0,037 kg de retardante (hidróxido de aluminio).
 - ✓ Combinación C: 0,185 kg de refuerzo + 0,376 kg de matriz (resina poliéster) + 0,055 kg de retardante (hidróxido de aluminio).

- ✓ Combinación D: 0,185 kg de refuerzo + 0,413 kg de matriz (resina poliéster) + 0,0185 kg de retardante (hidróxido de magnesio).
 - ✓ Combinación E: 0,185 kg de refuerzo + 0,395 kg de matriz (resina poliéster) + 0,037 kg de retardante (hidróxido de magnesio).
 - ✓ Combinación F: 0,185 kg de refuerzo + 0,376 kg de matriz (resina poliéster) + 0,055 kg de retardante (hidróxido de magnesio).
 - ✓ Combinación G: 0,2 kg de refuerzo + 0,446 kg de matriz (resina epóxica) + 0,02 kg de retardante (hidróxido de aluminio).
 - ✓ Combinación H: 0,2 kg de refuerzo + 0,427 kg de matriz (resina epóxica) + 0,04 kg de retardante (hidróxido de aluminio).
 - ✓ Combinación I: 0,2 kg de refuerzo + 0,407 kg de matriz (resina epóxica) + 0,06 kg de retardante (hidróxido de aluminio).
 - ✓ Combinación J: 0,2 kg de refuerzo + 0,446 kg de matriz (resina epóxica) + 0,02 kg de retardante (hidróxido de magnesio).
 - ✓ Combinación K: 0,2 kg de refuerzo + 0,427 kg de matriz (resina epóxica) + 0,04 kg de retardante (hidróxido de magnesio).
 - ✓ Combinación L: 0,2 kg de refuerzo + 0,407 kg de matriz (resina epóxica) + 0,06 kg de retardante (hidróxido de magnesio).
- En las combinaciones A,B,C,D,E,F es decir las que tienen matriz en base de resina poliéster el índice de inflamabilidad o tasa de combustión fue cero, convirtiendo a estas probetas en un material auto-extinguible, en el caso de las probetas G, H, I, K que tienen matriz en base de resina epóxica, tuvieron las mismas circunstancias es decir que el índice de inflamabilidad fue cero, convirtiéndolas en un material auto-extinguible, de las 12 configuraciones, 2 tuvieron un caso especial, las combinaciones J y L, las dos de matriz epóxica y de igual retardante (hidróxido de magnesio) pero de diferente porcentaje 3 y 9% respectivamente, las dos marcaron un índice de inflamabilidad bajo, para el caso de la combinación J sus muestras registraron los siguientes valores: primera muestra = 4,22 mm/min; segunda muestra 4,46 mm/min; tercera muestra = 5,15 mm/min; las dos siguientes muestras faltantes registraron un valor de cero, haciendo un análisis general de la combinación el material a partir del ensayo no es auto-extinguible pero cumple con la hipótesis

establecida, que el retardante influye en la tasa de combustión o índice de inflamabilidad disminuyéndolo. Lo mismo sucede para la combinación L las muestras marcaron los siguientes valores: primera muestra = 5,41 mm/min; segunda muestra = 5,63 mm/min; tercera muestra = 4,62 mm/min; cuarta muestra = 6 mm/min; y la última = 3,64 mm/min, esto indica que es un material no auto-extinguible y que su índice de inflamabilidad disminuyo por la presencia del retardante.

5.2 RECOMENDACIONES

- En el momento de la conformación del material compuesto, en la parte de la combinación de la resina con el catalizador y retardante mezclar bien ya que si no se lo hace se forma grumos y esto en el proceso después interfiere con las capas de fibra de vidrio ocasionando una incorrecta adhesión entre ellos.
- Una vez culminado la conformación del material compuesto cumplir con lo determinado en la ficha técnica con respecto al tiempo de curado ya que si no cumple, al momento de separarlo del molde puede ocasionar fallas, resquebrajamiento y falta de adhesión entre capas.
- Utilizar un rodillo cada dos capas en la conformación del material compuesto ya que esto es de gran ayuda en la adhesión y uniformidad de las muestras.
- Al momento de realizar el corte de las muestras realizarlo por medio de una sierra ya que si se usa un sierra eléctrica esto puede interactuar con la matriz de las probetas ocasionando un quemado en los bordes y esto posterior afectar en los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] P. Hiremath, H. Arunkumar & M. Shettar. "Investigation on Effect of Aluminium Hydroxide on Mechanical and Fire Retardant Properties of GFRP- Hybrid Composites". *ELSEVIER*, pp. 1-5, Abril. 2017
- [2] S. Nayak. "Degradation and flammability behavior of PP/ banana and glass fiber-based hybrid composites". *Springer*, pp. 1-21, Agosto 2009.
- [3] C. B. Castro Miniguano, "Estudio del comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías y su incidencia en la homologación de modelos y competitividad de la empresa carrocera Industria Metálica CEPEDA", Mg. Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2014.
- [4] J. G. Paredes Salinas, "Estudio de Polímeros Híbridos Estratificados de Matriz Poliéster Reforzada con Fibra de Vidrio y Cabuya como Material Alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en Guardachoques para Buses", Mg. Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2012.
- [5] A. D. Jácome León, "Estudio de la configuración de fibras del material compuesto de matriz epoxi reforzada con fibra de piña y su incidencia en las propiedades mecánicas en la fabricación de butacas deportivas", Ing. Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2015.
- [6] K. Laoubi, Z. Hamadi, & et al. Thermal Behavior of E-Glass fiber-Reinforced Unsaturated polyester Composites. *E*, pp: 2,4, 2013
- [7] K. Friedrich & U. Breuer. *Multifunctionality of Polymer Composites Challenges and New Solutions*. USA: Elsevier, 2015.
- [8] H. Morgan. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. USA: Springer, 2016, pp: 308-310
- [9] L. Ramos & S. Sánchez. "Estudio de nanocompuestos a base de polietileno con hidróxido de magnesio e hidrotalcita como retardante de flama, efecto de agentes de acoplamiento y de compatibilización". Centro de Investigación de Química Aplicada, México, 2014.

- [10] M. Pfeifer. *The materials engineering perspective to product design and manufacturing*. Estados Unidos, Butterworth-Heinemann publications, 2009, pp. 107-115.
- [11] A. Güemes & N. Piris. *Ciencia de materiales para ingenieros*. Madrid, Pearson Educación, S.A, 2012, pp. 479-483.
- [12] J.C. Ion. *Laser Processing of engineering materials: Principles Procedure and Industrial Applications*. Gran Bretaña, Biddles Ltd, King's Lynn, Norfolk, 2005, pp. 187-190.
- [13] M. Faris, A.L. Oqla, M. S. Salit. *Materials Selection for Natural Fiber Composites*. Gran Bretaña, E Woodhead Publishing in Materials, 2017, pp. 77-80.
- [14] G. Morales Antigüedad. "Procesado y caracterización de materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con nanofibras de carbono para aplicaciones tecnológicas", Dr. Tesis, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, España, Madrid, 2008.
- [15] A. SCHUMACHER & D. GSELL. "Fibre reinforced polymer composite materials for building and construction". *ELSEVIER*, pp. 73 -75, 2010.
- [16] V. B. Apte. *Flammability testing of materials used in construction, transport and mining*. New York Washington, DC; Woodhead Publishing in Materials, 2006, pp. 1-5.
- [17] NFPA 921 Guía para la Investigación de Incendios y Explosiones, National Fire Protection Association, Edición 2001, Asociación de Investigación para la Seguridad de Vidas y Bienes, Madrid.
- [18] I. Sebyan. "Fire Development and Behavior". *ELSEVIER*, pp. 1-3, 2017.
- [19] J. Njuguna. *Lightweight Composite Structures in Transport: Design, Manufacturing, Analysis and Performance*. Estados Unidos; ELSEVIER, 2016, pp. 361-362.
- [20] K. Friedrich & U. Breuer. *Multifunctionality of Polymer Composites: Challenges and New Solutions*. . Estados Unidos; ELSEVIER, 2015, pp. 119-120.

- [21] C. Pérez Alonso. “Compuesto Naval: Los materiales compuestos y la industria naval”, Ing. Tesis, Facultad de Náutica de Barcelona, Universidad Politécnica de Catalunya, España, Barcelona, 2016.
- [22] W. D. Callister. *Materials Science and Engineering*. Estados Unidos; Quebecor Versailles, 2006, pp. 607-610.
- [23] Garza Jorge; Morales Blanca; González Beatriz; Análisis estadístico multivalente; Anova de un factor; Mexico; 2013
- [24] Tabla F Disponible en: <http://www.uaaan.mx/~jmelbos/tablas/distf.pdf>
- [25] Reglamento no 118 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas, (2005), Prescripciones técnicas uniformes relativas al comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de determinadas categorías de vehículos de motor.
- [26] Fire Testing Technology. “FMVSS 302, ISO 3795”. Internet: <http://www.fire-testing.com/main/spanish/fmvss-302>. [10 de Septiembre 2018].
- [27] J. Villena. “Análisis de la velocidad de combustión y su incidencia en los materiales utilizados en el material de carrocerías para vehículos”. Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2018.

ANEXOS:

A1. Ficha Técnica de la Fibra de Vidrio.

Lloyd's Register **CERTIFICATE OF APPROVAL OF A FIBRE REINFORCEMENT**

Certificate No. MATS/2892/2

This certificate is issued to the company named below. The fibre reinforcement described has been examined in accordance with the requirements of Lloyd's Register and is approved for use in constructions built under Lloyd's Register's survey. This approval is subject to Lloyd's Register being informed of any changes in or modifications to the reinforcement and the product being used in accordance with the manufacturer's instructions and with the relevant requirements of Lloyd's Register's Rules and Regulations.

Company	TAISHAN FIBERGLASS INC TAIAN CHINA, PEOPLE'S REPUBLIC OF
Trade name	EMC 450
Type	Chopped strand mat
Mass	450g/m ²
Finish	Silane
Characteristics	Powder Bound
Applicable LR Rules	Rules and Regulations for Classification of Special Service Craft
Approved Variants	EMC 300 300 g/m ² EMC 400 400 g/m ² EMC 600 600 g/m ² EMC 900 900 g/m ²

ENDORSEMENT
The approvals of mat weights of 900 g/m² and above are subject to the moulders demonstrating to the satisfaction of the surveyor their ability to produce hand laid laminates with these mats.

Valid until 1 July 2017
Date 13 July 2009

[Signature]

[Stamp: MR MASTER FIBRA S.A. S. de C.V. Gerente]

A2. Ficha Técnica de la Resina Poliéster.

REICHHOLD	BOLETÍN TÉCNICO
Septiembre, 2016	
Serie PolyLite® 33200 Resina Poliéster Química especial	
DESCRIPCION	
<p>PolyLite® 33200 comprende una serie de resinas resina poliéster no saturadas, modificadas con un sistema polimérico especial. Estas resinas son rígidas, tixotrópicas, de reactividad y viscosidad medias y están preaceleradas, para gelado y curado a temperatura ambiente con la adición de Peróxido de Metil Etil Cetona al 50%. PolyLite 33200-25 es recomendada para trabajar en lugares de altas temperaturas ambientales.</p>	
APLICACIONES SUGERIDAS	
<ul style="list-style-type: none">• Fabricación de partes automotrices de plástico reforzado con fibra de vidrio.• Fabricación de embarcaciones marinas.• Aplicación con pistola de aspersión, o por molde manual (picado).• En general, fabricación de partes reforzadas con fibra de vidrio.	
CARACTERISTICAS PRINCIPALES	
<ul style="list-style-type: none">• Excelente humectación de la fibra• Excelente resistencia hidrolítica• Muy buena aceptación de cargas minerales.• Exotermia moderada• Sin pegajosidad (tack) residual, con muy buena adherencia entre laminados• Resistencia superior en temperaturas moderadamente altas comparada contra resinas convencionales de usos generales• Se obtienen laminados con muy buen acabado superficial, minimizando el fotografiado de la fibra de vidrio sobre el gel coat.• Rápidos ciclos de curado.• Cumple la norma FMVSS 302 de inflamabilidad para vehículos y autobuses de pasajeros.	
<p>Nota: Esta resina es tixotrópica por lo que se recomienda su agitación antes de usarla.</p>	
<small>La información contenida en el presente, es para ayudar a nuestros clientes a determinar si nuestros productos son apropiados para sus aplicaciones. Nuestros productos están diseñados para su venta a clientes industriales y comerciales. Antes de descargar o utilizar nuestros productos, le solicitamos realice los análisis que considere pertinentes para determinar la conveniencia del producto para su aplicación específica. Garantizamos que nuestros productos cumplen con nuestras especificaciones indicadas en el Certificado de Análisis, y que además son evaluados bajo los métodos de prueba de Reichhold, las pruebas se realizan durante el TIEMPO DE CONSUMO PREFERENTE (Mínimo definido más adelante), por lo que Reichhold no se hace responsable de reclamaciones realizadas fuera de dicho tiempo. En caso de requerir información adicional sobre lo aquí estipulado, solicítenos a su agente de ventas. Nada de lo que se encuentre aquí expresado, constituye una garantía expresa o implícita, incluyendo cualquier garantía comercial o convenida. Todos los derechos de patente están registrados. La reparación de las posibles reclamaciones aceptadas, será la cruceamente reposición de nuestros productos y en ningún momento será motivo de aceptación de daños especiales, incidentales o consecuentes.</small>	
<small>Reichhold México - Boulevard Arturo Montiel Rojas no. 10006 Parque Industrial Atlacomulco, CP 50456 Atlacomulco Estado de México</small>	

PROPIEDADES

PROPIEDADES TÍPICAS DE RESINA LIQUIDA @ 25°C

Propiedades	Unidades	Especificaciones	Métodos de Análisis
No volátiles	%	58 - 63	RQMPEA 0041
Número ácido en solución (máximo)	mg KOH/g muestra	25	RQMPEA 0026
Viscosidad Brookfield, LVF, 3/60	cPs	300 - 400	RQMPEA 0002
Índice de tixotropía (3/6) / (3/60) (mínimo)	s/u	2.7	RQMPEA 0006
Estabilidad @ 105°C	Horas	4	RQMPEA 0118

Propiedades	Unidades	Especificaciones			Métodos de Análisis
		Polylite 33200-01	Polylite 33200-12	Polylite 33200-25	
Color resina líquida	s/u	N.A.	N.A.	Gris-azul oscuro	RQMPEA 0019
Tiempo de gel *	minutos	15 - 18	9 - 12	20 - 30	RQMPEA 0066
Temperatura de exotermia	°C	140 - 170	140 - 170	Registro	RQMPEA 0066
Tiempo de curado	minutos	21 - 35	Registro	Registro	RQMPEA 0066

* 100 g de resina + 1.0 g de MEKP (Butanox M-50) @ 25°C

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS

Vaciado sin carga ni refuerzo (clear casting) ¹⁾

Propiedades	Unidades	Valor Típico	Métodos
Dureza Barcol	s/u	36 - 40	ASTM D-2583-07
HDT	°C	74.0	ASTM D-648-07
Absorción de agua 2hrs @ 212°F (100°C) 24hrs @ 73°F (23°C)	%	0.77 0.16	ASTM D-570-10
Resistencia a la flexión	Psi	13245	ASTM D-790-10
Módulo de flexión	Psi x 10 ³	575	ASTM D-790-10
Resistencia a la tensión	Psi	6091	ASTM D-638-10
Módulo de tensión	Psi x 10 ³	507	ASTM D-638-10
Elongación hasta ruptura	%	1.3	ASTM D-638-10

¹⁾ Pruebas realizada a una placa de 4 mm de espesor

Laminado reforzado con fibra de vidrio ²⁾

Propiedades	Unidades	Valor típico	Métodos
Dureza Barcol	s/u	50 - 55	ASTM D-2583-07
Absorción de agua 2hrs @ 212°F (100°C) 24hrs @ 73°F (23°C)	%	0.52 0.13	ASTM D-570-10
Contenido de: Resina / Fibra de vidrio	%	68.0 / 32.0	ASTM D 2584-08
Resistencia a la flexión	Psi	27337	ASTM D-790-10
Módulo de flexión	Psi x 10 ³	1248	ASTM D-790-10
Resistencia a la tensión	Psi	13426	ASTM D-638-10
Módulo de tensión	Psi x 10 ³	1242	ASTM D-638-10
Elongación hasta ruptura	%	1.57	ASTM D-638-10
Resistencia a la compresión (Carga Maxima)	Psi	24798	ASTM D-695-10
Resistencia al impacto (Izod)	Ft-lb/in	10.4	ASTM D-256-10
Tipo "A", Tipo de falla:		100% parcial	

²⁾ Construcción del laminado: 3 capas de Colchoneta 450 g/m²

CONDICIONES DE CURADO

Adicionar 1 ml de Peróxido de Metil Etil Cetona al 50% por cada 100 g de resina. Se puede curar a temperatura ambiente durante la noche o aplicar un postcurado de 2 - 4 horas a 60°C. Niveles de peróxido abajo de 0.8% resultan en largo gelado y curado, por lo que no se recomiendan.

ALMACENAMIENTO

Para asegurar la máxima estabilidad y mantener las propiedades óptimas de la resina, ésta debe ser almacenada en el envase original cerrado a temperatura por debajo de 25°C (77°F) y lejos de fuentes de ignición, calor y de la luz solar. La resina debe estar al menos a 18°C (65°F) antes de usarse con el fin de asegurar el curado y manejo adecuado. Después de un almacenamiento prolongado, se recomienda una agitación moderada sobre todo en el caso de resinas tixotrópicas. Evitar la contaminación del producto con agua. Evitar el almacenar a la intemperie. Mantenga los recipientes cerrados para evitar la absorción de humedad y la pérdida de monómeros. Los niveles de inventario deberán guardar un mínimo razonable, con una política de inventarios de primeras entradas - primeras salidas. Todas las zonas de almacenamiento y los tanques contenedores deberán cumplir con los códigos de incendio y de construcción locales. Se debe evitar usar tanques contenedores hechos a base de cobre o de sus aleaciones. Almacenar la resina separada de materiales oxidantes, peróxidos y sales metálicas. Mantener los recipientes cerrados cuando no estén en uso.

TIEMPO DE CONSUMO PREFERENTE

Bajo condiciones recomendadas de almacenamiento, el tiempo de consumo preferente de esta resina es de 3 meses a partir de la fecha de fabricación.

PRESENTACION

Tambor metálico no retornable de 230 Kg de peso neto y a granel en carro tanque.

SEGURIDAD**LEA Y ENTIENDA LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL ANTES DE USAR ESTE PRODUCTO**

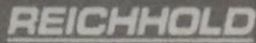
Obtenga una copia de la Hoja de Datos de Seguridad del Material (HDS) antes de usarlo. Las HDS están disponibles con su representante de ventas en Reichhold. Tal información debe ser solicitada a todos sus proveedores de materiales y entendida antes de usarlos.

ADVERTENCIA: se debe tener precaución para evitar el mezclado directo de cualquier peróxido orgánico con jabones metálicos, aminas o cualquier otro tipo de acelerador o promotor, ya que puede ocurrir una descomposición violenta y explosiva.

INFORMACION GENERAL

Para información especial sobre esta resina le recomendamos ponerse en contacto con nuestros representantes de ventas o llamar a nuestro departamento de Soporte Técnico al teléfono (01) 712 122 95 22 en Atlacomulco, Edo. de México.

A3. Ficha de las propiedades del gel coat.



BOLETÍN TÉCNICO

Julio, 2015

CENTERGEL® GO-001-00

Gelcoat Ortoftálico

DESCRIPCION

CENTERGEL® GO-001-00 es un gelcoat blanco ortoftálico de usos generales donde se requiera un buen desempeño y buena flexibilidad. Tiene buen poder cubriente. Desarrolla buen brillo y blancura.

APLICACIONES

Diseñado para aplicarse con equipo de aspersión, para la fabricación de piezas con fibra de vidrio en procesos de moldeado abierto, donde se requieran películas de buena apariencia y muy manejables al mismo tiempo.

CARACTERISTICAS

- Fabricado con sistemas poliméricos de alta Tecnología
- Adecuado balance de Viscosidad / Tixotropía
- Fórmula especialmente diseñada
- Fabricado bajo Sistema de Calidad ISO 9001:2008

BENEFICIOS

- Excelente desempeño, mejor que otros gelcoats Ortoftálicos en su tipo
- Ideal para aplicarse con equipo de aspersión
- Adecuado balance entre costo/desempeño.
- Consistencia lote a lote

PROPIEDADES

PROPIEDADES TÍPICAS EN LÍQUIDO @ 25 °C

Propiedades	Unidades	Especificaciones	Métodos de Análisis
Tiempo de gel *	Minutos	8 - 13	RQMPEA-0066
Viscosidad Brookfield, LVF 4/30	cP	3500 - 4000	RQMPEA-0002
Indice de Tixotropía, LVF (4/6)/(4/60)	-	> 4	RQMPEA-0006
Estabilidad @ 105°C (mínimo)	Horas	2	RQMPEA-0017
Finura	Hegman	5 - 6	RQMPEA-0008
Porosidad	-	Pasa	RQMPEA-0011

* 100 g de gelcoat + 1.50 g de MEKP (Butanox M-50) @ 25 °C. ** Película Sólida.

TIEMPO DE CONSUMO PREFERENTE

Bajo condiciones recomendadas de almacenamiento, el tiempo de consumo preferente del CENTERGEL® GO-001-00 es de 2 meses a partir de la fecha de fabricación.

La información contenida en el presente, es para ayudar a nuestros clientes a determinar si nuestros productos son apropiados para sus aplicaciones. Nuestros productos están diseñados para su venta a clientes industriales y comerciales. Antes de descargar o utilizar nuestros productos, le solicitamos realice los análisis que considere pertinentes para determinar la conveniencia del producto para su aplicación específica. Garantizamos que nuestros productos cumplen con nuestras especificaciones indicadas en el Certificado de Análisis, y que además son evaluados bajo los métodos de prueba de Reichhold, las pruebas se realizan durante el TIEMPO DE CONSUMO PREFERENTE (término no definido más adelante), por lo que REICHHOLD no se hace responsable de reclamaciones realizadas fuera de dicho tiempo. En caso de requerir información adicional sobre lo aquí estipulado, acérquese a su agente de ventas. Nada de lo que se encuentra aquí expresado, constituye una garantía expresa o implícita, incluyendo cualquier garantía comercial o convenida. Todos los derechos de patente están registrados. La reparación de las posibles reclamaciones aceptadas, será la únicamente reposición de nuestros productos y en ningún momento será motivo de aceptación de daños especiales, incidentales o consecuenciales

Reichhold México - Boulevard Arturo Montiel Rojas no. 10006 Parque Industrial Atlacomulco, CP 50458 Atlacomulco Estado de México

ALMACENAMIENTO

Para asegurar la máxima estabilidad y mantener las propiedades óptimas del gelcoat, éste debe ser almacenado en el envase original cerrado a temperatura por debajo de 25°C (77°F) y lejos de fuentes de ignición, calor y de la luz solar. El gelcoat debe estar al menos a 18°C (65°F) antes de usarse con el fin de asegurar el curado y manejo adecuado. Después de un almacenamiento prolongado, se recomienda una agitación moderada. Evitar la contaminación del producto con agua. Evitar el almacenar a la intemperie. Mantenga los recipientes cerrados para evitar la absorción de humedad y la pérdida de monómeros. Los niveles de inventario deberán guardar un mínimo razonable, con una política de inventarios de primeras entradas - primeras salidas. Todas las zonas de almacenamiento y los tanques contenedores deberán cumplir con los códigos de incendio y de construcción locales. Se debe evitar usar tanques contenedores hechos a base de cobre o de sus aleaciones. Almacenar el gelcoat separado de materiales oxidantes, peróxidos y sales metálicas. Mantener los recipientes cerrados cuando no estén en uso.

AGITACION DEL GELCOAT

Antes de su uso, se recomienda que el gelcoat se agite adecuadamente para reincorporar cualquier material que se haya separado o sedimentado. Así mismo se recomienda que el gelcoat en el recipiente se agite por lo menos durante 10 minutos en cada periodo de 24 horas durante el tiempo que permanece en el área donde se utiliza. La operación de agitación asegura que el gelcoat mantenga uniformidad en sus propiedades durante su aplicación. Se recomienda que la agitación sea mecánica y que sea suficiente para mover el material unas 10 veces. Los equipos más comunes de agitación del gelcoat lograran una mezcla adecuada en menos de media hora. Nunca haga pasar aire comprimido a través del gelcoat, esto podría causar una severa contaminación con agua o aceite y además esta es una manera muy ineficiente de mezclar.

No mezcle el material continuamente! Ya que esto puede causar la pérdida de propiedades tixotrópicas. Si el gelcoat es inadvertidamente sobre-mezclado, entonces mantenga el material durante 4 horas sin agitación antes de la aplicación.

PRESENTACIÓN

Tambor y Cubeta metálicos no retornables de 240 y 20 kgs de peso neto respectivamente.

SEGURIDAD**LEA Y ENTIENDA LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL ANTES DE USAR ESTE PRODUCTO**

Obtenga una copia de la Hoja de Datos de Seguridad del Material (MSDS) antes de usarlo. Las MSDS están disponibles con su representante de ventas en Reichhold. Tal información debe ser solicitada a todos sus proveedores de materiales y entendida antes de usarlos.

ADVERTENCIA: se debe tener precaución para evitar el mezclado directo con cualquier peróxido orgánico con jabones metálicos, aminas o cualquier otro tipo de acelerador o iniciador, ya que puede ocurrir una descomposición violenta y explosiva.

INFORMACION GENERAL

Para información especial sobre este gelcoat le recomendamos ponerse en contacto con nuestros representantes técnicos o llamar a nuestro departamento de Soporte Técnico al Tel. (01 712) 122 95 42 en Atlacomulco, Edo. de México.

A4. Ficha Técnica de la Resina Epóxica.



SISTEMA EPOXICO

RESINA COLREPOX 6090 ENDURECEDOR COLREPOX 1956

QCEPOXI

GENERALIDADES

Es un sistema epóxico formulado de baja densidad, alta resistencia mecánica, excelente compatibilidad con fibra de vidrio, fibra de carbono, kevlar y otros tipos de cargas, baja contracción y alta estabilidad dimensional.

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA INICIAL.

Tiempo de uso para 500 gr de mezcla a 25°C (minutos)	40-60 sin carga. 80 - 100 con carga
Proporción de la mezcla	100/ 20 (resina /endurecedor)
Tiempo de desmolde	24 Horas
Resistencia a la compresión sin carga	8.740 Psi

CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES

	Resina 6090 A	Endurecedor 1956 B
Apariencia	Color blanco pastel	Transparente
Viscosidad a 25°C	1250-1260 mPas	200-500 mPas
Densidad a 20°C	1.1 g/cm ³	0.94 g/cm ³

Móvil: 318 795 60 98
MSN: quadcarbon@compuestos.com
e-mail: quadcarbon@gmail.com

PROPIEDADES

Por su viscosidad es fácil de aplicar con brocha, espátula o rodillo. Cubre muy bien los bordes agudos.

Ofrece excelentes propiedades mecánicas como resistencia a la abrasión, dureza con la ventaja de un pot life de amplio rango.

PROCESO DE MEZCLA

Al aplicar varias capas se debe esperar que cada una este al tacto para aplicar la siguiente.

Con el método tradicional de curado a temperatura ambiente debe esperarse un mínimo de 24 horas para desmoldar la pieza. De lo contrario se puede incurrir en modificaciones dimensionales de la pieza.

INDICACIONES GENERALES

ALMACENAMIENTO.

Tanto la resina como el endurecedor deben ser almacenado en lugares secos a temperatura entre 18 y 25 grados centígrados (°C) en sus envases originales bien sellados.

Es recomendable usar los envases parcialmente llenos lo antes posible, ya que cualquier grado de humedad puede afectar la composición y características de los componentes.

La vida de almacenamiento en sus envases originales es de un año.

PRECAUCIONES DE MANEJO.

Las resinas como los endurecedores son agentes químicos por tanto es recomendable seguir las instrucciones de manejo indicadas por el fabricante.

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- Es corrosivo por tanto puede causar algún grado de irritación en la piel y/o en los ojos.
- Evite el contacto directo con la piel, los ojos y procure evitar inhalación de vapores.
- En caso de tener contacto con los ojos lávese muy bien por un tiempo no menor a los 15 minutos y acuda inmediatamente al médico.
- En caso de contacto con la piel lávese muy bien con agua y jabón.
- En caso de inhalación excesiva salga a un lugar donde haya aire fresco. Suministre oxígeno en caso de dificultad respiratoria.
- En caso de ingestión. Si la persona esta consciente suministre abundante agua y acuda inmediatamente al médico.

A5. Norma ISO 3795.

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
3795

Second edition
1989-10-15

**Road vehicles, and tractors and machinery for
agriculture and forestry — Determination of
burning behaviour of interior materials**

*Véhicules routiers et tracteurs et matériels agricoles et forestiers — Détermination
des caractéristiques de combustion des matériaux intérieurs*



Licensed to: Castro
ISO Store order #: 10-1337979/Downloaded: 2013-06-21
Single user licence only, copying and networking prohibited

Reference number
ISO 3795 : 1989 (E)

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees.

Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for approval before their acceptance as International Standards by the ISO Council. They are approved in accordance with ISO procedures requiring at least 75 % approval by the member bodies voting.

International Standard ISO 3795 was prepared jointly by Technical Committees ISO/TC22, Road vehicles, and ISO/TC 23, Tractors and machinery for agriculture and forestry.

This second edition cancels and replaces the first edition (ISO 3795 : 1976), the scope of which has been extended to include tractors and machinery for agriculture and forestry.

Introduction

Evaluation of burning behaviour of interior materials is based on the assumption that a fire in the passenger compartment is unlikely to occur when the burning rate of the interior material under the action of a small flame is zero or very small.

In the framework of international regulations for motor vehicle safety prepared by the competent groups of the Economic Commission for Europe (ECE/JNO), ISO had been requested to develop a method for the determination of the burning behaviour of interior materials in motor vehicles. Extensive information on existing test methods was collected and evaluated. In view of safety standards which are already mandatory, considerations were based primarily on the test procedure defined in US-FMVSS 302.

Considerable attention was devoted to the problem of ventilation of the combustion chamber. Two series of comparative tests were conducted to investigate different design variations.

After extended discussions, it was decided described in this International Standard. To incorporate the combustion chamber

Furthermore, it was decided to require the presence of supporting wires as part of the standard equipment in order to avoid subjective interpretations of sample behaviour by the test personnel.

Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry -Determination of burning behaviour of interior materials

1 Scope

This International Standard specifies a method for determining the horizontal burning rate of materials used in the occupant compartment of road vehicles (for example, passenger cars, lorries/trucks, estate cars, coaches), and of tractors and machinery for agriculture and forestry, after exposure to a small flame.

This method permits testing of materials and parts of the vehicle interior equipment individually or in combination up to a thickness of 13 mm. It is used to judge the uniformity of production lots of such materials with respect to their burning behaviour.

Because of the many differences between the real world situation (application and orientation within vehicle interior, conditions of use, ignition source, etc.) and the precise test conditions specified in this International Standard, this method cannot be considered as suitable for evaluation of all true in-vehicle burning characteristics.

2 Normative reference

The following standard contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the edition indicated was valid.

All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the standard indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

ISO 2763-1 : 1989, General tolerances - Part I: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications.

3 Definitions

For the purposes of this International Standard, the following definitions apply.

3.1 burning rate : Quotient of the burnt distance measured according to this International Standard and the time taken to burn this distance.

It is expressed in millimetres per minute.

3.2 composite material: Material composed of several layers of similar or different materials intimately held together at their surfaces by cementing, bonding, cladding, welding, etc.

When different materials are connected together intermittently (for example, by sewing, high-frequency welding, riveting), then in order to permit the preparation of individual samples in accordance with clause 6, such materials will not be considered as composite materials.

3.3 exposed side: Side which faces towards the occupant compartment when the material is mounted in the vehicle.

4 Principle

A sample is held horizontally in a U-shaped holder and is exposed to the action of a defined low-energy flame for 15 s in a combustion chamber, the flame acting on the free end of the sample.

The test determines if and when the flame extinguishes or the time in which the flame passes a measured distance.

5 Apparatus

5.1 Combustion chamber (see figure 11, preferably of stainless steel and having the dimensions given in figure 2.

The front of the chamber contains a flame-resistant observation window, which may cover the front and which can be constructed as an access panel.

The bottom of the chamber has vent holes, and the top has a vent slot all around. The combustion chamber is placed on four feet, 10 mm high.

The chamber may have a hole at one end for the introduction of the sample holder containing the sample; in the opposite end, a hole is provided for the gas line.

Melted material is caught in a pan (see figure 3) which is placed on the bottom of the chamber between vent holes without covering any vent

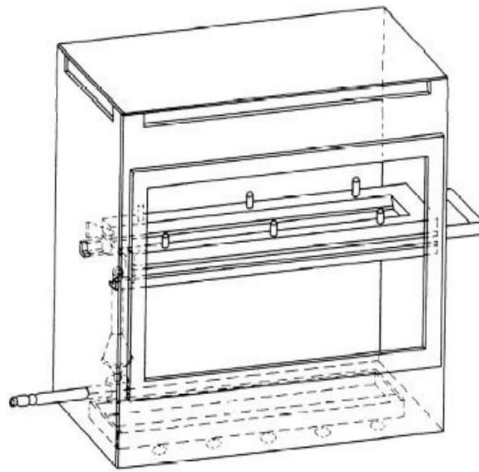


Figure 1 – Example of combustion chamber with sample holder and drip pan

Dimensions in millimetres
Tolerances according to ISO 2768-1

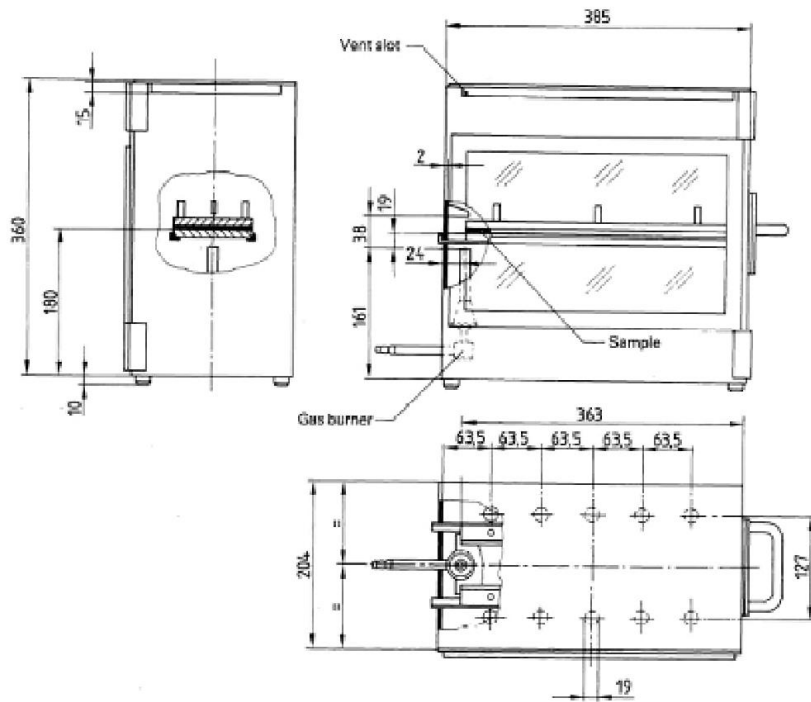


Figure 2 – Example of combustion chamber

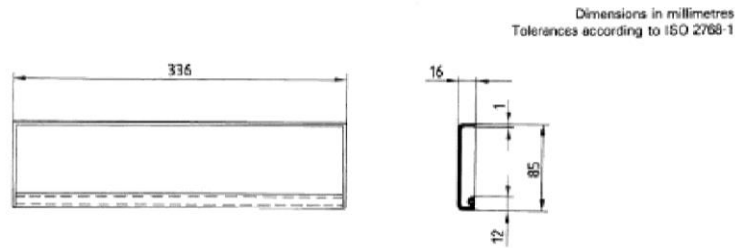


Figure 3 – Typical drip pan

5.2 Sample holder, consisting of two U-shaped metal plates or frames of corrosion-proof material. Dimensions are given in figure 4.

The lower plate is equipped with pins, the upper one with corresponding holes in order to ensure consistent holding of the sample. The pins also serve as the measuring points at the beginning and end of the burning distance.

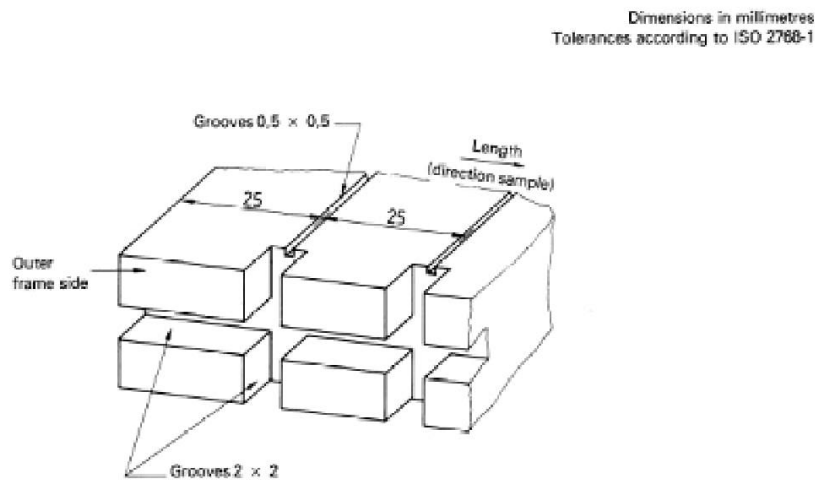
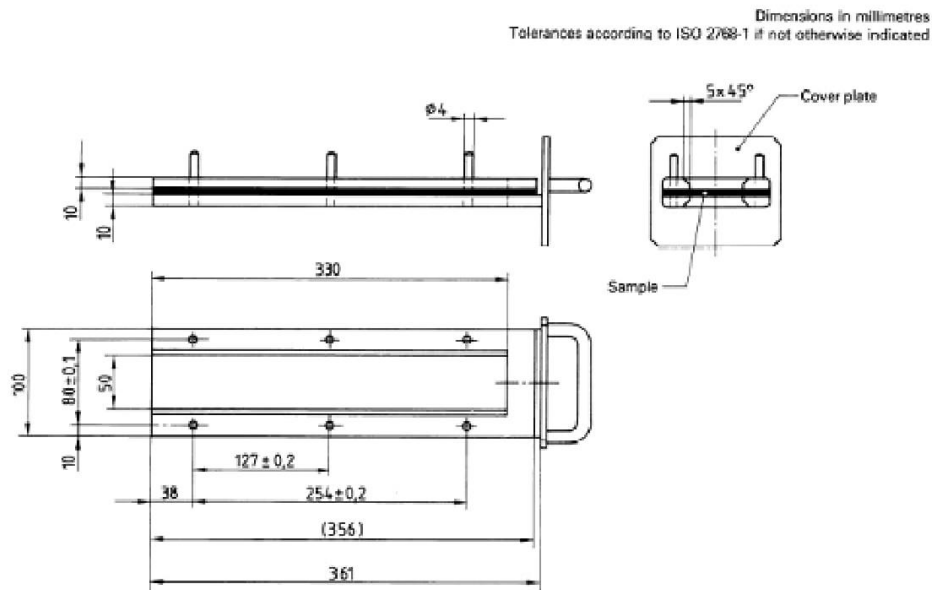
A support shall be provided in the form of 0,25 mm diameter heat-resistant wires spanning the frame at 25 mm intervals over the bottom U-shaped frame (see figure 5).

The plane of the lower side of samples shall be 178 mm above the floor plate. The distance of the front edge of the sample ISO 3795 : 1989 (EI Dimensions in millimetres

Tolerances according to ISO 2768-1 holder from the end of the chamber shall be 22 mm; the distance of the longitudinal sides of the sample holder from the sides of the chamber shall be 50 mm (all inside dimensions). (See figures 1 and 2.)

5.3 Gas burner. The small ignition source is provided by a Bunsen burner having an inside diameter of 9,5 mm. It is located in the test cabinet so that the center of its nozzle is 19 mm below the center of the bottom edge of the open end of the sample (see figure 2).

5.4 Test gas. The gas supplied to the burner shall have a calorific value of approximately 38 MJ/m³ (for example natural gas).



5.5 Metal comb, at least 110 mm in length, with seven to eight smooth rounded teeth per 25 mm.

5.6 Stop-watch, accurate to 0,5 s.

5.7 Fume cupboard. The combustion chamber may be placed in a fume cupboard assembly provided that the internal volume is at least 20 times, but not more than 110 times, greater than the volume of the combustion

chamber and provided that no single height, width, or length dimension of the fume cupboard is greater than 2,5 times either of the other two dimensions.

Before the test, the vertical velocity of the air through the fume cupboard shall be measured 100 mm in front of and behind the 356

Dimensions in millimetres

Tolerances according to ISO 2768-I final position where the combustion chamber will be located. It shall be between 0,1 m/s and 0,3 m/s in order to avoid possible discomfort, by combustion products, to the operator. It is possible to use a fume cupboard with natural ventilation and an appropriate air velocity.

6 Samples

6.1 Shape and dimensions

The shape and dimensions of samples are given in figure 6. The thickness of the sample corresponds to the thickness of the product to be tested. It shall not be more than 13 mm. When taking the sample permits, the sample shall have a constant section over its entire length.

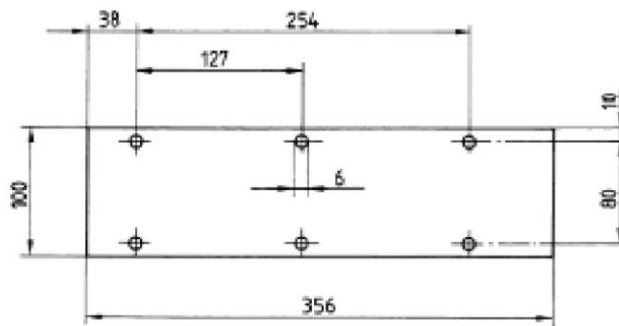


Figure 6 – Sample

When the shape and dimensions of a product do not permit taking a sample of the given size, the following minimum dimensions shall be maintained :

- For samples having a width of 3 mm to 60 mm, the length shall be 356 mm. In this case, the material is tested in the product width.
- For samples having a width of 60 mm to 100 mm, the length shall be at least 138 mm. In this case the potential burning distance corresponds to

the length of the sample, the measurement starting at the first measuring point.

c) Samples having a width of less than 60 mm and shorter than 356 mm, and samples having a width of 60 mm to 100 mm and shorter than 138 mm, cannot be tested according to this method; neither can samples having a width less than 3 mm.

6.2 Sampling

At least five samples shall be taken from the material under test. In materials having different burning rates in different material directions (preliminary tests will show this), the five (or more) samples are to be taken and placed in the test apparatus so that the highest burning rate will be measured.

When the material is supplied in widths, a length of at least 500 mm shall be cut covering the entire width. From this, the samples shall be taken so as to be at least 100 mm from the material edge and equidistant from each other.

Samples shall be taken in the same way from finished products, when the shape of the product permits. When the thickness of the product is 13 mm or more, it shall be reduced to 13 mm by a mechanical process applied to the side which does not face the occupant compartment.

Composite materials (see uniform construction 3.2) shall be tested as if they were of In the case of materials made of superimposed layers of different composition which are not composite materials, all the layers of material included within a depth of 13 mm from the surface facing towards the occupant compartment shall be tested individually.

6.3 Conditioning

The samples shall be conditioned for at least 24 h but not more than 7 days at a temperature of $23\text{ OC} \pm 2\text{ OC}$ and a relative humidity of $50\% \pm 5\%$ and shall be maintained under these conditions until immediately prior to testing.

7 Procedure

7.1 Place samples with napped or tufted surfaces on a flat surface and comb twice against the nap using the comb (5.5). ISO 3795 : 1989

7.2 Place the sample in the sample holder (5.2) so that the exposed side will be downwards to the flame.

7.3 Adjust the gas flame to a height of 38 mm using the mark in the chamber, the air intake of the burner (5.3) being closed.

Before starting the first test, the flame shall burn at least for 1 min for stabilization.

7.4 Push the sample holder (5.2) into the combustion chamber (5.1) so that the end of the sample is exposed to the flame, and after 15 s cut off the gas flow.

7.5 The measurement of the burning time starts at the moment when the foot of the flame passes the first measuring point. Observe the flame propagation on the side burning faster than the other (upper or lower side).

7.6 Measurement of burning time is completed when the flame has come to the last measuring point or when the flame extinguishes before coming to the last measuring point. If the flame does not reach the last measuring point, measure the burnt distance up to the point where the flame extinguished.

Burnt distance is the decomposed part of the sample, which is destroyed on its surface or in the interior by burning.

7.7 Insofar as the sample does not ignite or does not continue burning after the burner has been extinguished, or when the flame extinguishes before reaching the first measuring point, so that no burning time is measured, note in the test report that the burning rate is 0 mm/min.

7.8 When running a series of tests or repeat tests, ensure that the combustion chamber and sample holder have a maximum temperature of 30 °C before starting the next test.

8 Calculation

The burning rate, B , in millimetres per minute, is given by the formula

$$B = \frac{s}{t} \times 60$$

where

s is the burnt distance, in millimetres;

t is the time, in seconds, to burn distance s .

9 Test report

The test report shall include the following particulars:

- a) type, marking and colour of the test sample;
- b) whether the sample was a composite or a single material;
- c) dimensions of the sample, including maximum and minimum values of thickness;
- d) preparation of the sample, including the method of reducing the thickness (if thickness is greater than 13 mm) according to 6.2;
- e) position of sample in the product (lengthwise, transverse);
- f) number of samples tested;
- g) test results:
 - burnt distance, in millimetres, and burning time, in seconds;
 - other observations (self-extinguishing, etc.);
- h) all calculated single values of burning rate, in millimetres per minute;
- i) special test conditions (use of fume cupboard, use of ventilator, etc.);
- j) any conditions different from those specified in this International Standard;
- k) date of test.

A6. Norma FMVSS 302.

TP-302-03
Oct 18, 1991

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION
NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION

LABORATORY TEST PROCEDURE
FOR
FMVSS 302
Flammability of Interior Materials



SAFETY ASSURANCE
Office of Vehicle Safety Compliance
Mail Code: NSA-32
400 Seventh Street, SW
Washington, DC 20590

OVSC LABORATORY TEST PROCEDURE NO. 302

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
1. PURPOSE AND APPLICATION.....	1
2. GENERAL REQUIREMENTS.....	2
3. SECURITY	3
4. GOOD HOUSEKEEPING	3
5. TEST SCHEDULING AND MONITORING	3
6. TEST DATA DISPOSITION.....	3
7. GOVERNMENT FURNISHED PROPERTY (GFP).....	4
8. CALIBRATION OF TEST INSTRUMENTS.....	5
9. PHOTOGRAPHIC DOCUMENTATION	6
10. DEFINITIONS.....	7
11. PRETEST REQUIREMENTS	8
12. COMPLIANCE TEST EXECUTION	10
13. POST TEST REQUIREMENTS.....	16
14. REPORTS	17
14.1. MONTHLY STATUS REPORTS.....	17
14.2. APPARENT TEST FAILURE	17
14.3. FINAL TEST REPORTS	17
14.3.1. COPIES.....	17
14.3.2. REQUIREMENTS.....	18
14.3.3. FIRST THREE PAGES.....	18
14.3.4. TABLE OF CONTENTS	24
15. DATA SHEETS.....	25
16. FORMS	28

1. PURPOSE AND APPLICATION

The Office of Vehicle Safety Compliance (OVSC) provides contracted laboratories with Laboratory Test Procedures (TPs) which serve as guidelines for obtaining compliance test data. The data are used to determine if a specific vehicle or item of motor vehicle equipment meets certain minimum requirements of the subject Federal Motor Vehicle Safety Standard (FMVSS). The purpose of the OVSC Laboratory Test Procedures is to present a uniform testing and data recording format, and provide suggestions for the use of specific equipment and procedures. Any contractor interpreting any part of an OVSC Laboratory Test Procedure to be in conflict with a Federal Motor Vehicle Safety Standard or observing any deficiencies in a Laboratory Test Procedure is required to advise the Contracting Officer's Technical Representative (COTR) and resolve the discrepancy prior to the start of compliance testing.

Contractors are required to submit a detailed test procedure to the COTR before initiating the compliance test program. The procedure must include a step-by-step description of the methodology to be used.

The OVSC Laboratory Test Procedures are not intended to limit or restrain a contractor from developing or utilizing any testing techniques or equipment which will assist in procuring the required compliance test data.

NOTE:

The OVSC Laboratory Test Procedures, prepared for use by independent laboratories under contract to conduct compliance tests for the OVSC, are not intended to limit the requirements of the applicable FMVSS(s). In some cases, the OVSC Laboratory Test Procedures do not include all of the various FMVSS minimum requirements. Sometimes, recognizing applicable test tolerances, the Test Procedures specify test conditions which are less severe than the minimum requirements of the standards themselves. Therefore, compliance of a vehicle or item of motor vehicle equipment is not necessarily guaranteed if the manufacturer limits its certification tests to those described in the OVSC Laboratory Test Procedures.

2. GENERAL REQUIREMENTS

Federal Motor Vehicle Safety Standard (FMVSS) No. 302, "Flammability of Interior Materials," specifies burn resistance requirements for materials used in the occupant compartments of motor vehicles.

The purpose of this standard is to reduce the deaths and injuries to motor vehicle occupants caused by vehicle fires, especially those originating in the interior of the vehicle from sources such as matches or cigarettes. The standard applies to passenger cars, multipurpose passenger vehicles (MPVs), trucks, and buses.

The following components of vehicle occupant compartments shall meet the requirements of the standard. Any portion of a single or composite material which is within 0.5 inches of the occupant compartment air space shall meet the requirements of the standard.

- Seat cushions
- Seat backs
- Seat belts
- Headlining
- Convertible tops
- Arm rests
- Trim panels
- Compartment shelves
- Head restraints
- Floor coverings
- Sun visors
- Curtains
- Shades
- Wheel housing covers
- Engine compartment covers
- Mattress covers
- Instrument panel padding
- Other material designed to absorb crash energy

Material shall not burn, nor transmit a flame front across its surface, at a rate of more than 4 inches per minute. However, the requirement concerning transmission of a flame front shall not apply to a surface created by the cutting of a test specimen for purposes of testing. If a material stops burning before it has burned for 1 minute from the start of timing, and has not burned more than 2 inches from the point where timing was started, it shall be considered to meet the burn-rate requirement of the standard.

3. SECURITY

The contractor shall provide appropriate security measures to protect the OVSC test specimens from unauthorized personnel during the entire compliance testing program. The contractor is financially responsible for any acts of theft which occur during the storage of test specimens. Any security problems which arise shall be reported by telephone to the Industrial Property Manager (IPM), Office of Contracts and Procurement, within two working days after the incident. A letter containing specific details of the security problem will be sent to the IPM (with copy to the COTR) within 48 hours.

The contractor shall protect and segregate the data that evolves from compliance testing before and after each test. No information concerning the safety compliance testing program shall be released to anyone except the COTR, unless specifically authorized by the COTR or the COTR's Branch Chief or Division Chief.

NO INDIVIDUALS, OTHER THAN CONTRACTOR PERSONNEL, SHALL BE ALLOWED TO WITNESS ANY COMPLIANCE TEST UNLESS SPECIFICALLY AUTHORIZED BY THE COTR.

4. GOOD HOUSEKEEPING

Contractors shall maintain the entire compliance testing area, test fixtures and instrumentation in a neat and clean condition with test instruments arranged in an orderly manner consistent with good test laboratory housekeeping practices.

5. TEST SCHEDULING AND MONITORING

The contractor shall submit a test schedule to the COTR prior to conducting the first compliance test. Tests shall be completed as required in the contract. All compliance testing shall be coordinated with the COTR in order to allow monitoring by the COTR or other OVSC personnel.

6. TEST DATA DISPOSITION

The contractor shall make all preliminary compliance test data available to OVSC within four hours after the test, if requested. Final test data, including digital printouts and computer generated plots (if applicable), shall be furnished to the COTR in accordance with the contract schedule.

All backup data sheets, strip charts, recordings, plots, technician's notes etc., shall be retained by the contractor for a minimum of three years after conclusion of each delivery order, purchase order, etc. The COTR shall direct final disposition at that time.

7. GOVERNMENT FURNISHED PROPERTY (GFP)

TEST SAMPLE IDENTIFICATION AND STORAGE

Upon receipt at the laboratory, the items to be tested shall be assigned laboratory serial numbers and shall also be tagged with the vehicle model year, make and model, location (in vehicle), and sample name and function.

Example:

199X XYZ SafeRider, left rear door panel

An inventory shall be made of the number, name and condition of samples received.

The test samples shall be stored in a dry, clean, dust free area specifically designated by the Laboratory Project Manager.

8. CALIBRATION OF TEST INSTRUMENTS

Before the contractor initiates the safety compliance test program, a test instrumentation calibration system will be implemented and maintained in accordance with established calibration practices. Guidelines for setting up and maintaining such calibration systems are described in MIL-C-45662A, "Calibration System Requirements". The calibration system shall be set up and maintained as follows:

- A. Standards for calibrating the measuring and test equipment shall be stored and used under appropriate environmental conditions to assure their accuracy and stability.
- B. All measuring instruments and standards shall be calibrated by the contractor, or a commercial facility, against a higher order standard at periodic intervals NOT TO EXCEED TWELVE (12) MONTHS except for static types of measuring devices such as rulers, weights, etc., which shall be calibrated at periodic intervals not to exceed two years. Records, showing the calibration traceability to the National Institute of Standards and Technology (NIST), shall be maintained for all measuring and test equipment.
- C. All measuring and test equipment and measuring standards will be labeled with the following information:
 - (1) Date of calibration
 - (2) Date of next scheduled calibration
- D. A written calibration procedure shall be provided by the contractor which includes as a minimum the following information for all measurement and test equipment unless the calibration is performed by a licensed commercial facility.
 - (1) Type of equipment, manufacturer, model number, etc.
 - (2) Measurement range
 - (3) Accuracy
 - (4) Calibration interval
 - (5) Type of standard used to calibrate the equipment (calibration traceability of the standard must be evident)
- E. Records of calibration for all test instrumentation shall be kept by the contractor in a manner which assures the maintenance of established calibration schedules. All such records shall be readily available for inspection when requested by the COTR. The calibration system will need the acceptance of the COTR before the test program commences.

9. **PHOTOGRAPHIC DOCUMENTATION** 6

Each final test report shall include a glossy black and white or color (minimum size of 4 inches by 6 inches) photograph of a typical test setup properly focused for a clear image.

10. **DEFINITIONS** 7

OCCUPANT COMPARTMENT AIR SPACE

The space within the occupant compartment that normally contains refreshable air.

11. **PRETEST REQUIREMENTS** 8

IN-HOUSE TEST PROCEDURE

Prior to conducting any compliance test, contractors are required to submit a detailed in-house compliance test procedure to the COTR which includes a step-by-step description of the methodology to be used. Written approval must be obtained from the COTR before initiating the compliance test program so that all parties are in agreement.

TEST DATA LOSS

A compliance test is not to be conducted unless all of the various test conditions specified in this OVSC Laboratory Test Procedure have been met. Failure of a contractor to obtain the required test data and to maintain acceptable limits on test parameters in the manner outlined in this OVSC Laboratory Test Procedure shall require a retest at the expense of the contractor.

TEST CONDITIONS

Unless otherwise specified all tests and measurements shall be conducted under the following environmental conditions.

Temperature	70°F ± 10°F
Relative Humidity	50%, + 10%, - 0% R.H.
Atmospheric Pressure	28 to 32 inches of mercury

Continuous recording of environmental temperature and relative humidity of the test area shall be available during all tests.

TEST PERSONNEL PERFORMANCE

Personnel supervising and/or performing the compliance test program shall be thoroughly familiar with the requirements, test conditions, and equipment for the test to be conducted.

RECORDING OF TEST DATA

Environmental data shall be recorded on permanent strip charts, circular recording charts, or other acceptable print-out media.

Test data shall be recorded on standard forms specifically prepared for this purpose such as that shown in Attachment I.

11. PRETEST REQUIREMENTS...Continued

The following are required entries for all samples.

- A. Vehicle Model Year, Make, and Model (such as 1992 XYZ SafeRider)
- B. Sample Name or Function (such as instrument panel pad, front seat cushion cover, driver's door trim panel, etc.)
- C. Sample Orientation - The direction of flame travel (burn direction described as either longitudinal (i.e. parallel to the vehicle longitudinal centerline when normally installed in the vehicle) or transverse (perpendicular to the vehicle longitudinal centerline when normally installed in the vehicle).
- D. Sample Dimensions - Length, width, height, and shape if other than flat.
- E. Date Tested
- F. Sample Compositions - Descriptive statement to include, color, type of material, and composite distribution (if sample is of composite construction).
- G. Burn Distance - Distance flame traveled in inches measured as follows.

Begin timing when the flame front of the burning specimen reaches a point 1.5 inches from the open end of the specimen.

Measure the time that it takes the flame to progress to a point 1.5 inches from the clamped end of the specimen. If the flame does not reach the specified end point, time its progress to the point where flaming stops or at the end of 5 minutes.

- H. Burn Time - Record flame progress as described above.
- I. Burn Rate - Calculate the burn rate from the formula shown below.

$$B = 60 \times (D/T)$$

Where:

- B = burn rate in inches per minute
- D = length the flame travels in inches from the start to the stopping point
- T = time in seconds for the flame to travel D inches

- J. The outcome of the test shall be indicated on the data sheet as either PASS (P) or FAIL (F)

12. COMPLIANCE TEST EXECUTION

TEST REQUIREMENTS

For the purpose of compliance testing, the following interpretations of FMVSS 302 are provided below. The applicable paragraph of FMVSS 302 is referenced in each case.

REQUIREMENTS OF PARAGRAPH S4.1

The following components of vehicle interior material shall meet the requirements of paragraph S4.3:

- A. Seat cushions (upholstery and padding)
- B. Seat backs (upholstery and padding)
- C. Seat belts, including protective boots etc.
- D. Headlining
- E. Convertible top
- F. Arm rests
- G. Trim panels (door, front, rear, side)
- H. Compartment shelves
- I. Head restraints
- J. Floor coverings
- K. Sun visors
- L. Curtains
- M. Shades
- N. Wheel housing covers
- O. Steering wheel covers
- P. Mattress covers and padding
- Q. Instrument panel crash pads
- R. Crash deployed elements
- S. Any other materials found in the vehicle occupant compartment designed to absorb crash energy

REQUIREMENTS OF PARAGRAPH S4.2

The portions of the above components which shall meet the requirements are as described in paragraph S4.2 with the following exception:

Materials which are bonded or mechanically attached to metal structural members may be separated from the metal structures prior to testing.

Example: Instrument panel crash pad material bonded to steel instrument panel board frame.

12. COMPLIANCE TEST EXECUTION....Continued

REQUIREMENTS OF PARAGRAPH S4.3

The materials described in paragraphs S4.1 and S4.2 shall meet the requirements of paragraph S4.3 with the following exception:

When testing materials with a loose, fibrous texture, a phenomenon, which shall be described as "surface flash", may occur. This is characterized by a rapidly advancing flame front across the surface of the test sample supported by combustion of a relatively small amount of loose, protruding surface fibers.

If encountered, this situation shall be noted on the data sheet, but shall not constitute a noncompliance if the surface exhibiting flash is an artificial surface caused by the cutting of the sample. The Contracting Officer's Technical Representative (COTR) must be contacted under any other conditions.

TEST CONDITIONS

The test shall be conducted in a metal cabinet as shown in Figure 1.

Prior to testing, each specimen is to be maintained, for a minimum of 24 hours, at the environmental conditions detailed previously in this procedure. Each specimen will then be tested under those conditions.

For the purposes of test, the specimen is inserted between 2 matching U-shaped frames of metal stock configured as shown in Figure 2.

Provision shall be made for installations of thin heat resistant wires (at one inch intervals) to support specimens which may tend to soften and bend at the flaming end or which are less than 2 inches in width.

A suitable stand shall be employed to hold the U-shaped frames during testing.

A bunsen burner with a tube of 0.375 inches inside diameter shall be used. The gas adjusting valve is set to provide a flame, with the tube vertical, of 1.5 inches in height. The air inlet to the burner is closed.

The gas supplied to the burner shall have a flame temperature nominally equal to that of natural gas.

Each specimen of material to be tested shall be a rectangle 4 inches wide by 14 inches long, wherever possible. The thickness of the specimen is that of the single or composite material used in the vehicle, except that if the material's thickness exceeds 0.5 inch, the specimen is cut down to that thickness measured from the surface of the specimen closest to the occupant compartment air space. Where it is not possible to obtain a flat specimen

BURN TEST CABINET

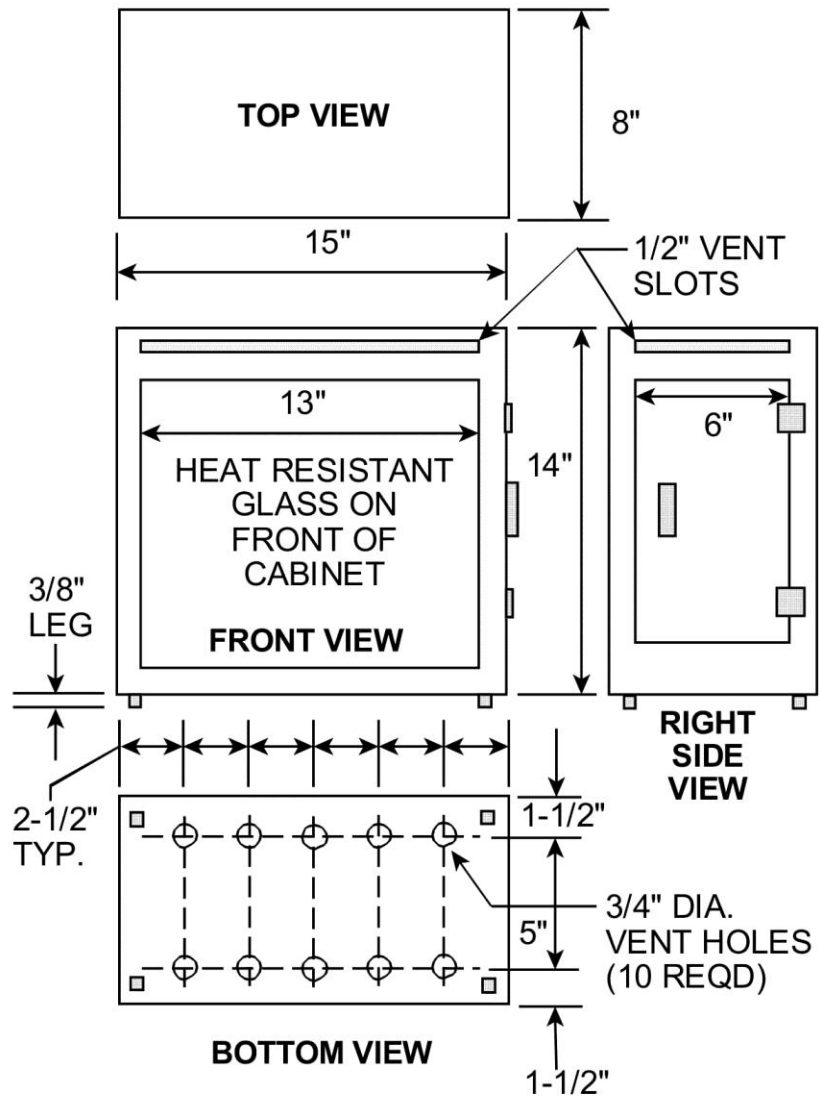
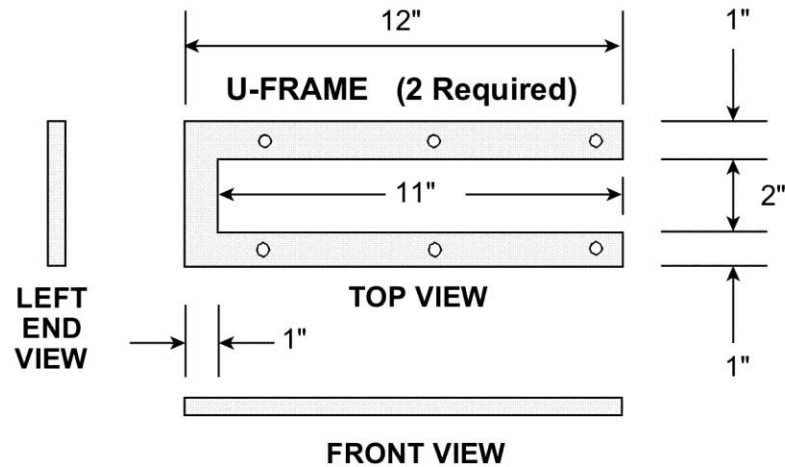


FIGURE 1

12. COMPLIANCE TEST EXECUTION....Continued

SPECIMEN SUPPORT FRAMES

NOTE: U-FRAME STAND SHALL SUPPORT MATCHING U-FRAMES 6-1/2" ABOVE BOTTOM OF CABINET

FIGURE 2

because of surface curvature, the specimen is cut to not more than 0.5 inch in thickness at any point. The maximum available length or width of a specimen is used where either dimension is less than 14 inches or 4 inches, respectively, unless surrogate testing is allowed by the COTR.

Typical test samples are shown in Figure 3.

PREPARATION OF SPECIMENS

Materials determined to have directional effects shall be oriented so as to produce the most unfavorable results. The sample should be oriented so that surface closest to the occupant compartment air space should face downward in the fixture (toward the flame).

Verify that materials with napped or tufted surfaces have been combed twice against the nap. Materials with a tight fiber loop construction, such as some vehicle carpets need not be combed.

12. COMPLIANCE TEST EXECUTION....Continued

TYPICAL TEST SAMPLE

COMPOSITE AND NON-COMPOSITE SAMPLES

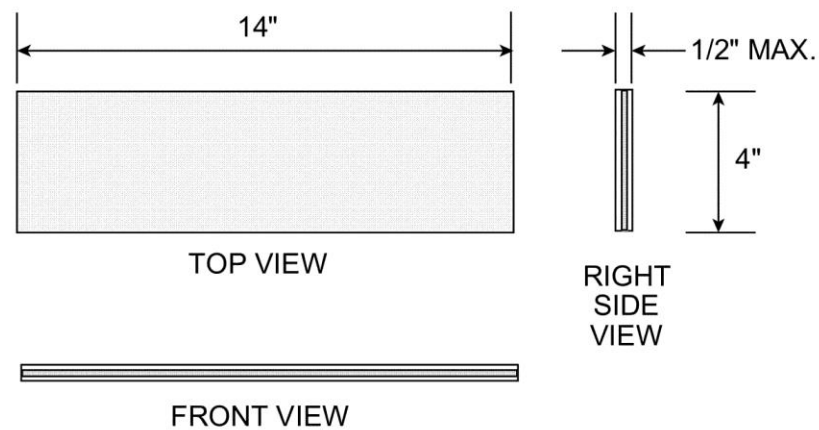


FIGURE 3

TEST PROCEDURE

- A. Install test specimen in "U" shaped frames exterior side down.

Heat resistant wire may be installed in the lower frame for additional support if bending or curling of the specimen during test is anticipated or if the specimen is less than 2 inches wide.

- B. Place specimen and frame assembly in the stand inside the burn box with the specimen free end nearest to the door.
- C. Turn on the gas supply and ignite the bunsen burner. Adjust the burner valve for a flame height of 1.5 inches.
- D. Position the top of the bunsen burner tube so that it is 0.75 inches below the center of the free end of the specimen.
- E. Expose the specimen to the burner flame for 15 seconds, + 0, -1. Turn off gas supply to burner and reset timer to zero.

12. COMPLIANCE TEST EXECUTION....Continued

- F. Begin timing flame progression when the flame from the burning specimen reaches a point 1.5 inches from the free end of the specimen. (Use the forward most point of visible flame as a reference point).
- G. Record the time it takes the flame to progress to a point 1.5 inches from the clamped end of the specimen. If the flame does not reach the specified end point, time its progress to the point where flaming stops, (if an extremely slow burning specimen is encountered the test may be aborted 5 minutes after the start of timing).
- H. Calculate the burn rate from the following formula.

$$B = 60 \times (D/T)$$

Where: B = Burn rate in inches per minute
 D = length flame traveled in inches
 T = Time in seconds for flame to travel D inches

SAFETY CONSIDERATIONS

A means of extinguishing flaming specimens shall be available during all tests. A standard CO₂ type fire extinguisher may be used for this purpose.

If should be noted that certain samples may produce noxious gases during combustion. For this reason it is strongly suggested that these tests be conducted under a fume hood or similar facility. Air turbulence around the burn cabinet (produced by the exhaust system) must be low level and MUST NOT, IN ANYWAY, EFFECT THE OUTCOME OF A TEST.

13. POST TEST REQUIREMENTS

The contractor shall re-verify all instrumentation and check data sheets. Make sure data is recorded in all data blocks.

14. REPORTS

14.1 MONTHLY STATUS REPORTS

The contractor shall submit a monthly Test Status Report and an Inventory Status Report to the COTR. The Status Reports shall be submitted until all final reports are accepted. Samples of the required Test Results Data Sheet and the Monthly Inventory Status Report are contained in the Data Sheets and Forms sections. The reports shall be submitted in accordance with the schedule requirements of the contract or purchase order.

14.2 APPARENT NONCOMPLIANCE

Any indication of a test failure shall be communicated by telephone to the COTR within 24 hours with written notification mailed within 48 hours (Saturdays and Sundays excluded). A Notice of Test Failure (see Forms section) with a copy of the test data sheet shall be included.

In the event of a test failure, a post test calibration check of some critically sensitive test equipment and instrumentation may be required for verification of accuracy. The necessity for the calibration shall be at the COTR's discretion and shall be performed without additional costs to the OVSC.

14.3 FINAL TEST REPORTS

14.3.1 COPIES

In the case of a test failure, **SEVEN** copies of the Final Test Report shall be submitted to the COTR for acceptance within three weeks of test completion. The Final Test Report format to be used by all contractors can be found in the "Report Section".

Where there has been no indication of a test failure, **FOUR** copies of each Final Test Report shall be submitted to the COTR within three weeks of test completion. Payment of contractor's invoices for completed compliance tests may be withheld until the Final Test Report is accepted by the COTR. Contractors are requested to NOT submit invoices before submitting copies of the Final Test Report.

Contractors are required to submit the first Final Test Report in draft form within two weeks after the compliance test is conducted. The contractor and the COTR will then be able to discuss the details of both test conduct and report content early in the compliance test program.

Contractors are required to PROOF READ all Final Test Reports before submittal to the COTR. The OVSC will not act as a report quality control office for contractors. Reports containing a significant number of errors will be returned to the contractor for correction, and a "hold" will be placed on invoice payment for the particular test.

14. REPORTS....Continued

14.3.2 REQUIREMENTS

The Final Test Report, associated documentation (including photographs) are relied upon as the chronicle of the compliance test. The Final Test Report will be released to the public domain after review and acceptance by the COTR. For these reasons, each final report must be a complete document capable of standing by itself.

The contractor should use **detailed** descriptions of all compliance test events. Any events that are not directly associated with the standard but are of technical interest should also be included. The contractor should include as much **detail** as possible in the report.

Instructions for the preparation of the first three pages of the final test report are provided below for the purpose of standardization.

14.3.3 FIRST THREE PAGES

A. FRONT COVER --

A heavy paperback cover (or transparency) shall be provided for the protection of the final report. The information required on the cover is as follows:

- (1) Final Report Number such as 302-ABC-9X-001

where --

302 is the FMVSS tested
 ABC are the initials for the laboratory
 9X is the Fiscal Year of the test program
 001 is the Group Number (001 for the 1st test,
 002 for the 2nd test, etc.)

- (2) Final Report Title And Subtitle such as

SAFETY COMPLIANCE TESTING FOR FMVSS NO. 302
 Flammability of Interior Materials

 World Motors Corporation
 199X XYZ SafeRider

- (3) Contractor's Name and Address such as

COMPLIANCE TESTING LABORATORIES, INC.
 4335 West Dearborn Street
 Detroit, Michigan 48090-1234

14. REPORTS....Continued

NOTE: DOT SYMBOL WILL BE PLACED BETWEEN ITEMS (3) AND (4)

- (4) Date of Final Report completion
- (5) The words "FINAL REPORT"
- (6) The sponsoring agency's name and address as follows

U. S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION
National Highway Traffic Safety Administration
Safety Assurance
Office of Vehicle Safety Compliance
400 Seventh Street, SW
Mail Code: NSA-32
Washington, DC 20590

14. REPORTS....Continued

B. FIRST PAGE AFTER FRONT COVER --

A disclaimer statement and an acceptance signature block for the COTR shall be provided as follows

This publication is distributed by the U. S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, in the interest of information exchange. The opinions, findings and conclusions expressed in this publication are those of the author(s) and not necessarily those of the Department of Transportation or the National Highway Traffic Safety Administration. The United States Government assumes no liability for its contents or use thereof. If trade or manufacturers' names or products are mentioned, it is only because they are considered essential to the object of the publication and should not be construed as an endorsement. The United States Government does not endorse products or manufacturers.

Prepared By: _____

Approved By: _____

Approval Date: _____

FINAL REPORT ACCEPTANCE BY OVSC:

Accepted By: _____

Acceptance Date: _____

14. REPORTS....Continued**C. SECOND PAGE AFTER FRONT COVER --**

A completed Technical Report Documentation Page (Form DOT F1700.7) shall be completed for those items that are applicable with the other spaces left blank. Sample data for the applicable block numbers of the title page follows.

Block 1 -- REPORT NUMBER

302-ABC-9X-001

Block 2 -- GOVERNMENT ACCESSION NUMBER

Leave blank

Block 3 -- RECIPIENT'S CATALOG NUMBER

Leave blank

Block 4 -- TITLE AND SUBTITLE

Final Report of FMVSS 302 Compliance Testing of 199X XYZ SafeRider

Block 5 -- REPORT DATE

March 1, 199X

Block 6 -- PERFORMING ORGANIZATION CODE

ABC

Block 7 -- AUTHOR(S)

John Smith, Project Manager
Bill Doe, Project Engineer

Block 8 -- PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER

ABC-DOT-XXX-001

Block 9 -- PERFORMING ORGANIZATION NAME AND ADDRESS

Compliance Testing Laboratories, Inc
4335 West Dearborn Street
Detroit, MI 48090-1234

14. REPORTS....Continued**Block 10 -- WORK UNIT NUMBER**

Leave blank

Block 11 -- CONTRACT OR GRANT NUMBER

DTNH22-9X-D-12345

Block 12 -- SPONSORING AGENCY NAME AND ADDRESS

US Department of Transportation
National Highway Traffic Safety Administration
Safety Assurance
Office of Vehicle Safety Compliance
400 Seventh Street, SW, Mail Code: NSA-32
Washington, DC 20590

Block 13 -- TYPE OF REPORT AND PERIOD COVERED

Final Test Report
Feb. 15 to Mar. 15, 199X

Block 14 -- SPONSORING AGENCY CODE

NSA-32

Block 15 -- SUPPLEMENTARY NOTES

As Required

Block 16 -- ABSTRACT

Compliance tests were conducted on interior materials from a 199X XYZ SafeRider passenger car in accordance with the specifications of the Office of Vehicle Safety Compliance Test Procedure No. TP-302-XX for the determination of FMVSS 302 compliance. Test failures identified were as follows:

None

NOTE: Above wording must be shown with appropriate changes made for a particular compliance test. Any questions should be resolved with the COTR.

14. REPORTS....Continued**Block 17 -- KEY WORDS**

Compliance Testing
Safety Engineering
FMVSS 302

Block 18 -- DISTRIBUTION STATEMENT

Copies of this report are available from --

National Highway Traffic Safety Administration
Technical Reference Division
Room 5108 (NAD-52)
400 Seventh St., SW
Washington, DC 20590
Telephone No.: 202-366-4946

Block 19 -- SECURITY CLASSIFICATION OF REPORT

Unclassified

Block 20 -- SECURITY CLASSIFICATION OF PAGE

Unclassified

Block 21 -- NUMBER OF PAGES

Add appropriate number

Block 22 -- PRICE

Leave blank

14. REPORTS....Continued

14.3.4 TABLE OF CONTENTS

Final test report Table of Contents shall include the following:

- A. Section 1 — Purpose of Compliance Test
- B. Section 2 — Compliance Data Summary
- C. Section 3 — Test Data
- D. Section 4 — Test Equipment List and Calibration Information
- E. Section 5 — Photographs
- F. Section 6 — Notice of Test Failure (if applicable)

15. DATA SHEETS

FLAMMABILITY TEST RESULTS

TEST REPORT NO. _____

VEH. MOD YR/MAKE/MODEL: _____

TEST DATE: _____

TEST LABORATORY: _____

TEST CONDUCTED BY: _____

TEST ITEM*	COMPOSITION	BURN DIRECTIONS	SAMPLE DIMENSIONS (in.)
A-		A1 - Longitudinal	
		A2 - Longitudinal	
		A3 - Transverse	
		A4 - Transverse	
B-		B1 - Longitudinal	
		B2 - Longitudinal	
		B3 - Transverse	
		B4 - Transverse	
C-		C1 - Longitudinal	
		C2 - Longitudinal	
		C3 - Transverse	
		C4 - Transverse	
D-		D1 - Longitudinal	
		D2 - Longitudinal	
		D3 - Transverse	
		D4 - Transverse	

* From Items Listed In Section 2

15. DATA SHEETS....Continued

TEST ITEM*	COMPOSITION	BURN DIRECTIONS	SAMPLE DIMENSIONS (in.)
A-		E1 - Longitudinal	
		E2 - Longitudinal	
		E3 - Transverse	
		E4 - Transverse	
B-		F1 - Longitudinal	
		F2 - Longitudinal	
		F3 - Transverse	
		F4 - Transverse	

REQUIREMENTS: A Burn Rate in excess of 4.0 inches per minute shall constitute a failure unless the specimen burned less than 60 seconds and the flame traveled less than 2 inches from the point where timing was started.

BURN DIRECTION	NOTES*	BURN DISTANCE (inches)	BURN TIME (Seconds)	BURN RATE (in./min.)	PASS	FAIL
A1						
A2						
A3						
A4						
B1						
B2						
B3						
B4						
C1						
C2						
C3						
C4						
D1						
D2						

15. DATA SHEETS....Continued

BURN DIRECTION	NOTES*	BURN DISTANCE (inches)	BURN TIME (Seconds)	BURN RATE (in./min.)	PASS	FAIL
D3						
D4						
E1						
E2						
E3						
E4						
F1						
F2						
F3						
F4						

- * NOTES:
1. Specimen did not ignite.
 2. Specimen ignited but self-extinguished prior to entering time zone.
 3. Test was discontinued after 5.0 minutes.
 4. The (**) denotes that specimens were not provided by the manufacturer or by NHTSA
 5. Specimen ignited but did not burn to the timing zone in 5.0 minutes

REMARKS:

RECORDED BY: _____ DATE: _____

APPROVED BY: _____

16. FORMS

FMVSS 302 MONTHLY INVENTORY STATUS REPORT

TEST REPORT NO. _____

DATE OF REPORT: _____

VEHICLE IDENTIFICATION:

Model Year: _____

Make: _____

Model: _____

DATE SAMPLES RECEIVED: _____

ITEM	COMPOSITION	INVENTORY NUMBERS	NUMBER OF SPECIMENS	CONDITION OF SAMPLE

16. FORMS...Continued

ITEM	COMPOSITION	INVENTORY NUMBERS	NUMBER OF SPECIMENS	CONDITION OF SAMPLE

NOTE: L = Longitudinal
T = Transverse
N = Non-Directional
** = No Samples Received For Testing

REMARKS:

16. FORMS...Continued

LABORATORY NOTICE OF TEST FAILURE TO OVSC

FMVSS NO.: 302 TEST DATE: _____

LABORATORY: _____

CONTRACT NO.: _____; DELV. ORDER NO.: _____

LABORATORY PROJECT ENGINEER'S NAME: _____

TEST SPECIMEN DESCRIPTION: _____

VEHICLE MAKE/MODEL: _____

PART NO.: _____ MFR: _____

TEST FAILURE DESCRIPTION: _____

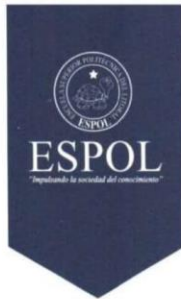
FMVSS REQUIREMENT, PARAGRAPH §__ : _____

NOTIFICATION TO NHTSA (COTR) : _____

DATE: _____ BY: _____

REMARKS: _____

A7. Resultados de los ensayos de Inflamabilidad



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

LABORATORIO DE ESPECTROMETRÍA

LESPEC - ESPOL

INFORME TÉCNICO DE: PRUEBA DE INFLAMABILIDAD SEGÚN NORMA ISO 3795

PARA EL SEÑOR

DAVID MARCELO PAREDES VILLACÍS

JULIO DE 2018

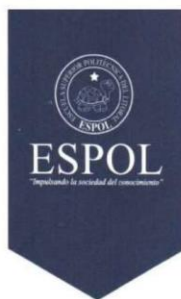
GUAYAQUIL-ECUADOR

Hoja 1 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



INFORME TÉCNICO DE PRUEBA DE INFLAMABILIDAD EN MUESTRAS DE MATERIAL PARA PIEZAS INTERNAS DE CARROCERÍA DE BUSES, REQUERIDO POR DAVID M. PAREDES V., SEGÚN SOLICITUD 083-2018.

ANTECEDENTES

Con fecha 27 de junio de 2018, el Sr. David M. Paredes Villacís, domiciliado en Ambato, Cervantes y Jorge Carrera, solicita al Laboratorio de Espectrometría de la ESPOL, realizar la Prueba de Inflamabilidad según Norma ISO 3795, en muestras de material para piezas interiores de carrocería de buses.

La norma ISO 3795 es una norma internacional que señala la metodología estandarizada que se debe seguir para la “Determinación del comportamiento frente al fuego de los materiales interiores y se aplica a vehículos de carretera, tractores y maquinaria para agricultura y la silvicultura”.

Se recibieron 12 muestras (60 probetas o pedazos, 5 por cada muestra) ingresadas según los datos de nombre, características y dimensiones promedio, consignados en el Anexo 1.

PROCEDIMIENTO GENERAL

Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras o probetas, las cuales se prepararon y manipularon de acuerdo a lo señalado en la norma ISO 3795.

Las pruebas se efectuaron dentro de una cámara extractora de gases, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera horizontal en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión.

Para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas LPG.

La humedad relativa y temperatura promedio en el laboratorio fueron: 55% y 24°C respectivamente.

Hoja 2 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00

GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

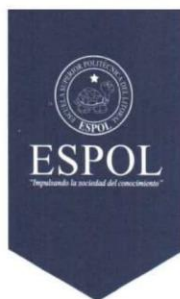
TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

ANEXO 1.- DATOS DE LAS MUESTRAS

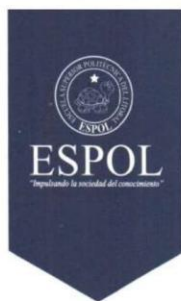
Nº	Muestra	Composición	Descripción	Dimensiones
1	"Combinación A"	Fibra de vidrio: 30% Resina Poliéster: 67% Hidróxido de Aluminio: 3% Lote: 1	Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso oscuro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El espesor no es uniforme	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 4.30 mm
2	"Combinación B"	Fibra de vidrio: 30% Resina Poliéster: 64% Hidróxido de Aluminio: 6% Lote: 1	Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso oscuro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El espesor no es uniforme	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 4.30 mm
3	"Combinación C"	Fibra de vidrio: 30% Resina Poliéster: 61% Hidróxido de Aluminio: 9% Lote: 1	Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso oscuro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El espesor no es uniforme	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 4.30 mm

Hoja 3 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

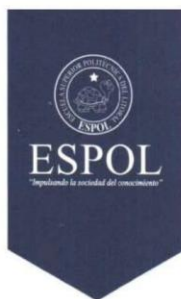
4	"Combinación D"	Fibra de vidrio: 30% Resina Poliéster: 67% Hidróxido de Magnesio: 3% Lote: 1	Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso oscuro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El espesor no es uniforme	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 4.30 mm
5	"Combinación E"	Fibra de vidrio: 30% Resina Poliéster: 64% Hidróxido de Magnesio: 6% Lote: 1	Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso oscuro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El espesor no es uniforme	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 4.30 mm
6	"Combinación F"	Fibra de vidrio: 30% Resina Poliéster: 61% Hidróxido de Magnesio: 9% Lote: 1	Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso oscuro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El espesor no es uniforme	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 4.30 mm
7	"Combinación G"	Fibra de vidrio: 30% Resina Epoxi: 67% Hidróxido de Aluminio: 3% Lote: 1	Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso claro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 5.30 mm

Hoja 4 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administ. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

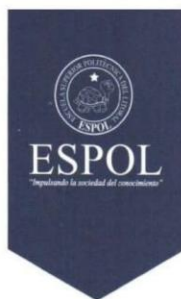
8	"Combinación H"	Fibra de vidrio: 30% Resina Epoxi: 64% Hidróxido de Aluminio: 6% Lote: 1	espesor no es uniforme Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso claro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El espesor no es uniforme	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 5.30 mm
9	"Combinación I"	Fibra de vidrio: 30% Resina Epoxi: 61% Hidróxido de Aluminio: 9% Lote: 1	Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso claro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El espesor no es uniforme	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 5.30 mm
10	"Combinación J"	Fibra de vidrio: 30% Resina Epoxi: 67% Hidróxido de Magnesio: 3% Lote: 1	Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso claro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El espesor no es uniforme	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 5.30 mm

Hoja 5 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

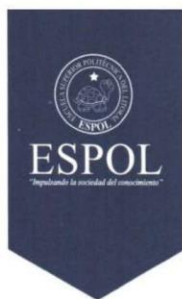
11	"Combinación K"	Fibra de vidrio: 30% Resina Epoxi: 64% Hidróxido de Magnesio: 6% Lote: 1	Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso claro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El espesor no es uniforme	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 5.30 mm
12	"Combinación L"	Fibra de vidrio: 30% Resina Epoxi: 61% Hidróxido de Magnesio: 9% Lote: 1	Por anverso: color gris claro, superficie regular aspecto simple como de cuero. Por reverso: color gris verdoso claro, aspecto compuesto y superficie irregular con presencia de fibras. Bordes lisos. El espesor no es uniforme	Largo: 356 mm Ancho: 60 mm Espesor: 5.30 mm

Hoja 6 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL, y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

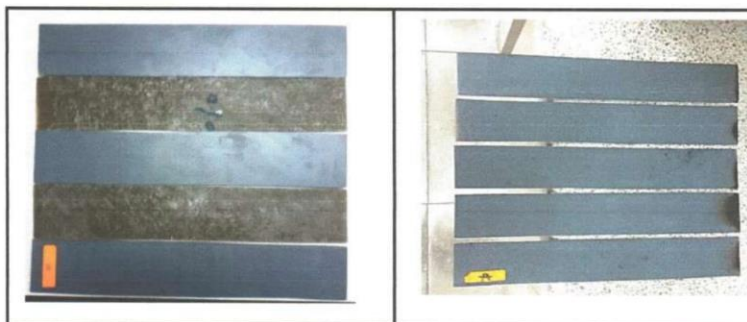
QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

RESULTADOS

"Muestra. - Composición A"



Conjunto de muestras antes y después de la prueba

Nº de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio			0.0

Observaciones: Las muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos donde se percibe al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.

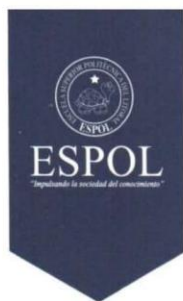
Se indica a continuación los datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

Hoja 7 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	25	56
2	25	56
3	25	56
4	24	56
5	24	55

GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

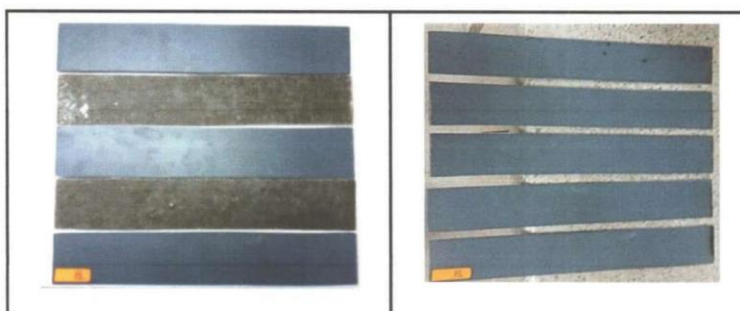
Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

"Muestra. - Composición B"



Conjunto de muestras antes y después de la prueba

N° de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio			0.0

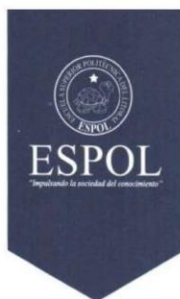
Observaciones: Las muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos, se presenta al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín; después al alejar la llama de las

Hoja 8 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

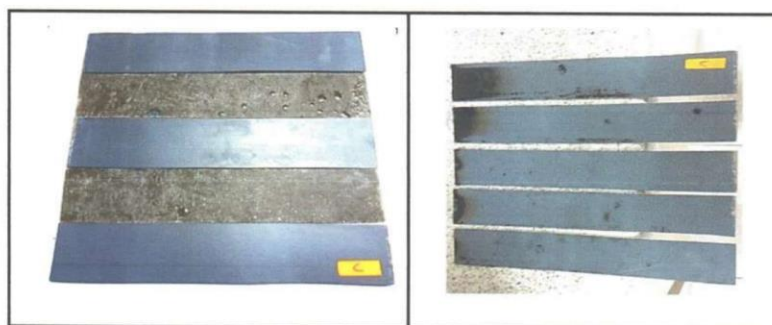
www.espol.edu.ec

muestras, el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.

A continuación, los datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	24	56
2	23	56
3	22	56
4	22	56
5	22	56

"Muestra. - Composición C"



Conjunto de muestras antes y después de la prueba

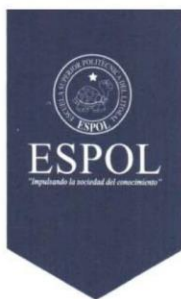
N° de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio			0.0

Hoja 9 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



Observaciones: al inicio se percibe una abundante emisión de humo y formación de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.

Se indica a continuación los datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	22	59
2	22	56
3	22	56
4	22	56
5	22	56

GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

"Muestra. - Composición D"



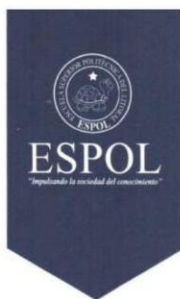
Conjunto de muestras antes y después de la prueba

Hoja 10 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

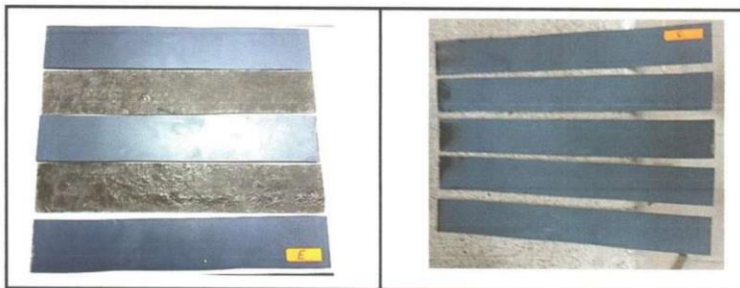
N° de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio			0.0

Observaciones: Las muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos, se percibe al inicio una abundante emisión de humo con hollín. Al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. Por lo tanto, la llama es auto-extinguible.

A continuación, datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	40
2	23	41
3	23	42
4	23	39
5	23	40

"Muestra. - Composición E"



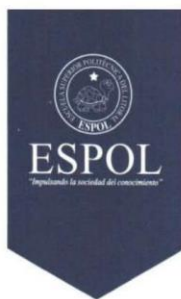
Conjunto de muestras antes y después de la prueba

Hoja 11 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



N° de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio			0.0

Observaciones: Las muestras se expusieron a una llama inicial durante 15 segundos, se presenta al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.

Se indica a continuación los datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

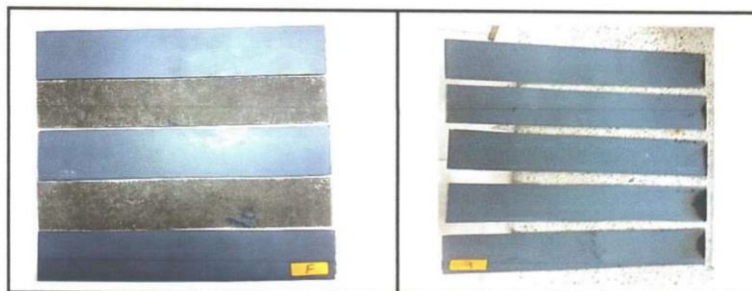
QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	41
2	22	39
3	23	39
4	23	40
5	23	39

"Muestra. - Composición F"



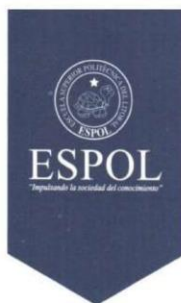
Conjunto de muestras antes y después de la prueba

Hoja 12 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Krn. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administ. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

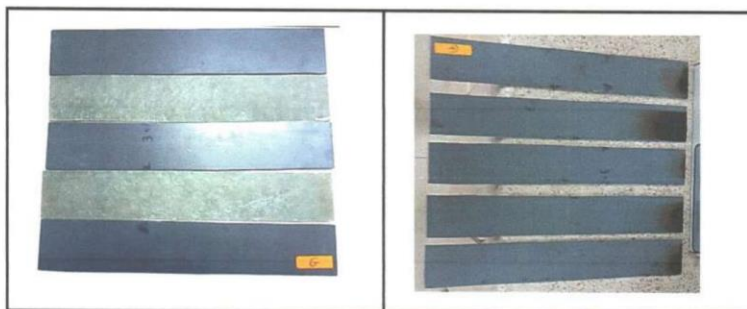
N° de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio			0.0

Observaciones: se percibe al inicio de la prueba una emisión abundante de humo con formación de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama por lo tanto es auto-extinguible.

Se indica a continuación los datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	41
2	23	42
3	23	41
4	23	41
5	23	42

"Muestra. - Composición G"



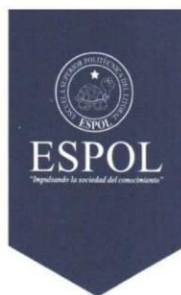
Conjunto de muestras antes y después de la prueba

Hoja 13 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

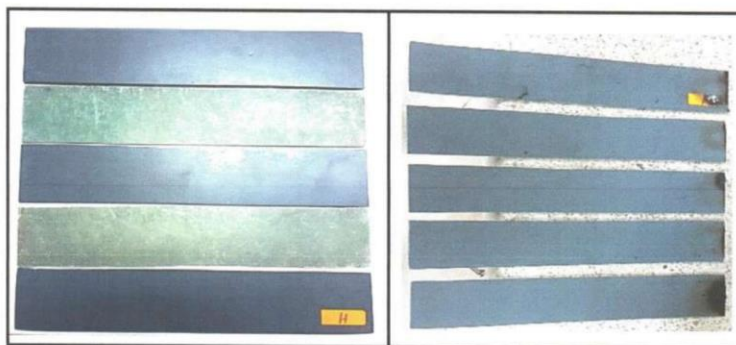
N° de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio			0.0

Observaciones: al inicio hay emisión abundante de humo con presencia de hollín, luego, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.

A continuación, datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	22	41
2	22	42
3	23	41
4	23	41
5	23	42

"Muestra. - Composición H"



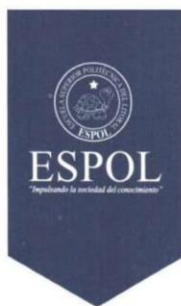
Conjunto de muestras antes y después de la prueba

Hoja 14 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteras.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administrativas: 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

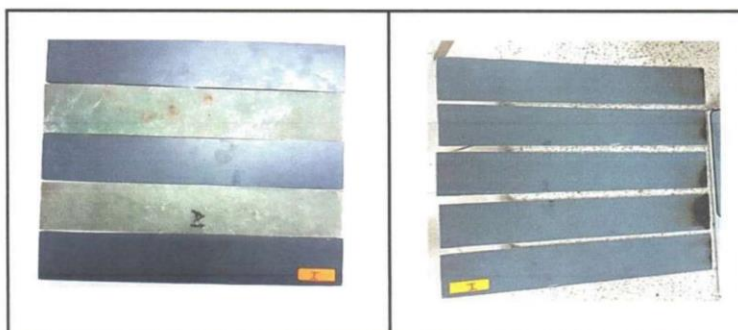
N° de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio			0.0

Observaciones: se percibe al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín, después, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.

Se indica los datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	43
2	23	44
3	23	42
4	23	43
5	23	44

"Muestra. - Composición I"



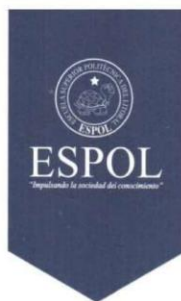
Conjunto de muestras antes y después de la prueba

Hoja 15 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

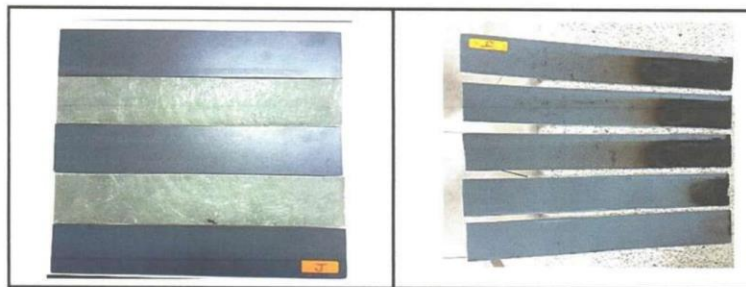
N° de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio			0.0

Observaciones: Las muestras recibieron una llama inicial durante 15 segundos, existiendo emisión abundante de humo con presencia de hollín; posteriormente, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.

Se indica a continuación los datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	48
2	23	48
3	23	49
4	23	47
5	23	48

"Muestra. - Composición J"



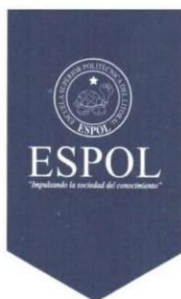
Conjunto de muestras antes y después de la prueba

Hoja 16 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

N° de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	95	1351	4.22
2	69	929	4.46
3	84	978	5.15
4	0	0	0.00
5	0	0	0.00
Promedio			2.77

Observaciones: Las muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos, se percibe al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín; al alejar la llama la mayoría de las muestras se consumen casi en su totalidad, manteniendo la presencia de humo y hollín, a excepción de 2 muestras que no llegan a la primera línea de medición. La llama no es auto-extinguible.

A continuación, los datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	23	55
2	23	56
3	23	56
4	23	51
5	23	51

"Muestra. - Composición K"



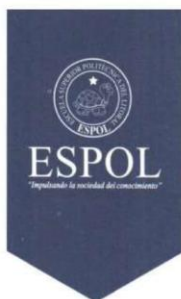
Conjunto de muestras antes y después de la prueba

Hoja 17 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

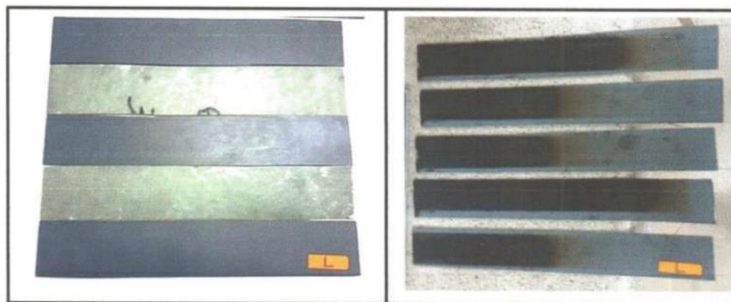
N° de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Promedio			0.0

Observaciones: Las muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos donde se percibe al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras el fuego se extingue sin llegar a la primera línea de medición. La llama es auto-extinguible.

Se indica a continuación los datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	22	48
2	22	47
3	22	45
4	22	46
5	22	51

"Muestra. - Composición L"



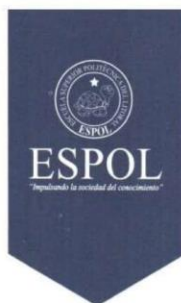
Conjunto de muestras antes y después de la prueba

Hoja 18 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00



GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N 33-55
y Eloy Alfaro, Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla: 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

N° de Muestra	Distancia quemada (mm)	Tiempo de combustión (s)	Tasa de combustión [B] (mm/min)
1	139	1540	5.41
2	263	2801	5.63
3	136	1765	4.62
4	137	1370	6.00
5	215	3546	3.64
Promedio			5.06

Observaciones: se percibe al inicio una emisión abundante de humo con presencia de hollín, posterior a eso, al alejar la llama de las muestras, éstas se consumieron en su totalidad, manteniéndose el humo y el hollín. La llama no es auto-extinguible.

Se indica a continuación los datos de temperatura afuera y adentro de la cámara de combustión durante la realización de la prueba.

Muestra	Temperatura exterior de la cámara (°C)	Temperatura interior de la cámara (°C)
1	22	59
2	21	62
3	23	59
4	22	56
5	22	58

Dra. Olga González Sánchez
Directora de Laboratorio
LESPEC - ESPOL

LCC/.

Hoja 19 de 19

El original de este informe solo es válido en hoja membretada de ESPOL, y con el sello seco en la parte inferior derecha. Por cuestiones de seguridad los organismos de control nos podrían solicitar verificación de la autenticidad de este documento.

Los resultados reportados corresponden solo a la muestra analizada. Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales. Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

LESPEC-MC2307-00

A.8 Ficha Técnica del Hidróxido de Aluminio



Aluminum hydroxide, powder, ACROS Organics™

Quantity 500g

Packaging Plastic bottle

Chemical Identifiers

CAS 21645-51-2
Linear Formula $\text{Al}(\text{OH})_3$
Chemical Name or Material Aluminium hydroxide
Grade Extra Pure
Molecular Formula AlH_3O_3
Formula Weight 78
Assay $\geq 63.5\%$ (Al_2O_3)

Specifications

CAS 21645-51-2
Molecular Formula AlH_3O_3
Formula Weight 78
Packaging Plastic bottle
Color White
Quantity 500g
Assay $\geq 63.5\%$ (Al_2O_3)
Physical Form Powder
Linear Formula $\text{Al}(\text{OH})_3$
Loss on Ignition 36.5% max.
Water Soluble Substances 0.2% max.
pH 8.5 to 10 (5% aq. suspension)
Chemical Name or Material Aluminium hydroxide
Grade Extra Pure



Material Safety Data Sheet
Aluminum hydroxide hydrate

MSDS# 00933

Section 1 - Chemical Product and Company Identification

MSDS Name: Aluminum hydroxide hydrate
Catalog Numbers: A581-500
Synonyms: Aluminum hydroxide (Al(OH)₃), hydrate; Algedrate.
Company Identification: Fisher Scientific
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410
For information in the US, call: 201-796-7100
Emergency Number US: 201-796-7100
CHEMTREC Phone Number, US: 800-424-9300

Section 2 - Composition, Information on Ingredients

Risk Phrases:

CAS#: 1330-44-5
Chemical Name: Aluminum hydroxide hydrate
%: 100
EINECS#: unlisted
Hazard Symbols:

Text for R-phrases: see Section 16

Hazard Symbols: None listed
Risk Phrases: None listed

Section 3 - Hazards Identification

EMERGENCY OVERVIEW

Caution! The toxicological properties of this material have not been fully investigated. May cause eye, skin, and respiratory tract irritation. Target Organs: No data found.

Potential Health Effects

Eye: May cause eye irritation.
Skin: Dust may cause mechanical irritation.
Ingestion: Ingestion of large amounts may cause gastrointestinal irritation. The toxicological properties of this substance have not been fully investigated. Ingestion of large amounts may cause pain, constipation or diarrhea.
Inhalation: May cause respiratory tract irritation. The toxicological properties of this substance have not been fully investigated.
Chronic: No information found.

Section 4 - First Aid Measures

Eyes: Flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes, occasionally lifting the upper and lower eyelids. Get medical aid.
Skin: Flush skin with plenty of water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes. Get medical aid if irritation develops or persists. Wash clothing before reuse.
Ingestion: Do not induce vomiting. If victim is conscious and alert, give 2-4 cupfuls of milk or water. Never give anything by mouth to an unconscious person. Get medical aid immediately.
Inhalation: Remove from exposure and move to fresh air immediately. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen. Get medical aid if cough or other symptoms appear.

Notes to

Physician:

Section 5 - Fire Fighting Measures

General Information: As in any fire, wear a self-contained breathing apparatus in pressure-demand, MSHA/NIOSH (approved or equivalent), and full protective gear. During a fire, irritating and highly toxic gases may be generated by thermal decomposition or combustion. Non-combustible, substance itself does not burn but may decompose upon heating to produce irritating, corrosive and/or toxic fumes.

Extinguishing Media: Substance is noncombustible; use agent most appropriate to extinguish surrounding fire.

Autoignition Temperature: Not applicable.

Flash Point: Not applicable.

Explosion Limits: Lower: Not available

Explosion Limits: Upper: Not available

NFPA Rating: health: 1; flammability: 0; instability: 1;

Section 6 - Accidental Release Measures

General Information: Use proper personal protective equipment as indicated in Section 8.

Spills/Leaks: Vacuum or sweep up material and place into a suitable disposal container. Clean up spills immediately, observing precautions in the Protective Equipment section. Avoid generating dusty conditions. Provide ventilation.

Section 7 - Handling and Storage

Handling: Wash thoroughly after handling. Remove contaminated clothing and wash before reuse. Use with adequate ventilation. Minimize dust generation and accumulation. Avoid contact with skin and eyes. Avoid ingestion and inhalation.

Storage: Store in a tightly closed container. Store in a cool, dry, well-ventilated area away from incompatible substances.

Section 8 - Exposure Controls, Personal Protection

Chemical Name	ACGIH	NIOSH	OSHA - Final PELs
Aluminum hydroxide hydrate	none listed	none listed	none listed
Aluminum hydroxide	none listed	none listed	none listed

OSHA Vacated PELs: Aluminum hydroxide hydrate: None listed Aluminum hydroxide: None listed

Engineering Controls:

Facilities storing or utilizing this material should be equipped with an eyewash facility and a safety shower. Use adequate ventilation to keep airborne concentrations low.

Exposure Limits

Personal Protective Equipment

Eyes: Wear appropriate protective eyeglasses or chemical safety goggles as described by OSHA's eye and face protection regulations in 29 CFR 1910.133 or European Standard EN166.

Skin: Wear appropriate gloves to prevent skin exposure.

Clothing: Wear appropriate protective clothing to prevent skin exposure.

Respirators: A respiratory protection program that meets OSHA's 29 CFR 1910.134 and ANSI Z88.2 requirements or European Standard EN 149 must be followed whenever workplace conditions warrant respirator use.

Section 9 - Physical and Chemical Properties

Physical State: Solid

Color: not available

Odor: none reported

pH: Not available

Vapor Pressure: Not available
Vapor Density: Not available
Evaporation Rate: Not available
Viscosity: Not available
Boiling Point: Not available
Freezing/Melting Point: Not available
Decomposition Temperature: Not available
Solubility in water: Insoluble in water.
Specific Gravity/Density: Not available.
Molecular Formula: Al(OH)₃.nH₂O
Molecular Weight: 78.0007

Section 10 - Stability and Reactivity

Chemical Stability: Stable under normal temperatures and pressures. Absorbs carbon dioxide from the air. Absorbs acids. When coprecipitated with bismuth hydroxide and reduced by hydrogen, becomes violently flammable in air.

Conditions to Avoid: Exposure to air, violently reacts with chlorinated rubber.

Incompatibilities with Other Materials: Strong oxidizing agents, chlorinated rubber.

Hazardous Decomposition Products: Chlorinated rubber, aluminum oxide.

Hazardous Polymerization: Has not been reported.

Section 11 - Toxicological Information

RTECS#: CAS# 1330-44-5: None listed
CAS# 21645-51-2: BD0940000

LD50/LC50: RTECS: Not available. RTECS: Not available.

Carcinogenicity: Aluminum hydroxide hydrate - Not listed as a carcinogen by ACGIH, IARC, NTP, or CA Prop 65.
Aluminum hydroxide - Not listed as a carcinogen by ACGIH, IARC, NTP, or CA Prop 65.

Other: See actual entry in RTECS for complete information.

Section 12 - Ecological Information

Not available

Section 13 - Disposal Considerations

Dispose of in a manner consistent with federal, state, and local regulations.

Section 14 - Transport Information

US DOT
Shipping Name: Not Regulated
Hazard Class:
UN Number:
Packing Group:
Canada TDG
Shipping Name: Not regulated as a hazardous material
Hazard Class:
UN Number:
Packing Group:

Section 15 - Regulatory Information

European/International Regulations

European Labeling in Accordance with EC Directives

Hazard Symbols: Not available

Risk Phrases:

Safety Phrases:

S 24/25 Avoid contact with skin and eyes.

WGK (Water Danger/Protection)

CAS# 1330-44-5: Not available

CAS# 21645-51-2: 0

Canada

CAS# 21645-51-2 is listed on Canada's DSL List

Canadian WHMIS Classifications: Not controlled.

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations and the MSDS contains all of the information required by those regulations.

CAS# 1330-44-5 is not listed on Canada's Ingredient Disclosure List.

CAS# 21645-51-2 is not listed on Canada's Ingredient Disclosure List.

US Federal

TSCA

CAS# 1330-44-5 is not on the TSCA Inventory because it is a hydrate. It is considered to be listed if the CAS number for the anhydrous form is on the Inventory (40CFR720.3(u)(2)).

CAS# 21645-51-2 is listed on the TSCA Inventory.

Section 16 - Other Information

MSDS Creation Date: 9/02/1997

Revision #7 Date 7/20/2009

The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall the company be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential, or exemplary damages howsoever arising, even if the company has been advised of the possibility of such damages.

A.9 Ficha Técnica del Hidróxido de Magnesio

SIGMA-ALDRICH®

sigma-aldrich.com

3050 Spruce Street, Saint Louis, MO 63103, USA

Website: www.sigmaaldrich.com

Email USA: techserv@sial.com

Outside USA: eurtechserv@sial.com

Product Specification

Product Name:
Magnesium hydroxide - reagent grade, 95%

Product Number: 310093
CAS Number: 1309-42-8
MDL: MFCD00011104
Formula: H₂MgO₂
Formula Weight: 58.32 g/mol



TEST	Specification
Appearance (Color)	White
Appearance (Form)	Powder
X-Ray Diffraction	Conforms to Structure
Titration with EDTA	94.5 - 105.5 %

Specification: PRD.1.ZQ5.10000009389

Sigma-Aldrich warrants, that at the time of the quality release or subsequent retest date this product conformed to the information contained in this publication. The current Specification sheet may be available at Sigma-Aldrich.com. For further inquiries, please contact Technical Service. Purchaser must determine the suitability of the product for its particular use. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

1 of 1

SAFETY DATA SHEET

according to Regulation (EC) No. 1907/2006

Version 6.0 Revision Date 31.03.2016

Print Date 10.12.2018

GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO OEL DATA

SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking**1.1 Product identifiers**

Product name : Magnesium hydroxide

Product Number : 310093
Brand : SIGALD
REACH No. : A registration number is not available for this substance as the substance or its uses are exempted from registration, the annual tonnage does not require a registration or the registration is envisaged for a later registration deadline.

CAS-No. : 1309-42-8

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Identified uses : Laboratory chemicals, Manufacture of substances

1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Company : Sigma-Aldrich Inc.
3050 Spruce Street
ST. LOUIS MO 63103
UNITED STATES

Telephone : +1 314 771-5765
Fax : +1 800 325-5052

1.4 Emergency telephone number

Emergency Phone # : (314) 776-6555

SECTION 2: Hazards identification**2.1 Classification of the substance or mixture****Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008**

Skin irritation (Category 2), H315

Eye irritation (Category 2), H319

Specific target organ toxicity - single exposure (Category 3), Respiratory system, H335

For the full text of the H-Statements mentioned in this Section, see Section 16.

2.2 Label elements**Labelling according Regulation (EC) No 1272/2008**

Pictogram



Signal word : Warning

Hazard statement(s)

H315

Causes skin irritation.

H319

Causes serious eye irritation.

H335

May cause respiratory irritation.

Precautionary statement(s)
P261 Avoid breathing dust.
P305 + P351 + P338 IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.

Supplemental Hazard Statements none

2.3 Other hazards

This substance/mixture contains no components considered to be either persistent, bioaccumulative and toxic (PBT), or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) at levels of 0.1% or higher.

SECTION 3: Composition/information on ingredients

3.1 Substances

Formula : H_2MgO_2
Molecular weight : 58.32 g/mol
CAS-No. : 1309-42-8
EC-No. : 215-170-3

Hazardous ingredients according to Regulation (EC) No 1272/2008

Component	Classification	Concentration
Magnesium hydroxide		
CAS-No. 1309-42-8 EC-No. 215-170-3	Skin Irrit. 2; Eye Irrit. 2; STOT SE 3; H315, H319, H335	<= 100 %

For the full text of the H-Statements mentioned in this Section, see Section 16.

SECTION 4: First aid measures

4.1 Description of first aid measures

General advice

Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance.

If inhaled

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Consult a physician.

In case of skin contact

Wash off with soap and plenty of water. Consult a physician.

In case of eye contact

Rinse thoroughly with plenty of water for at least 15 minutes and consult a physician.

If swallowed

Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.

4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed

The most important known symptoms and effects are described in the labelling (see section 2.2) and/or in section 11

4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

No data available

SECTION 5: Firefighting measures

5.1 Extinguishing media

Suitable extinguishing media

Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.

- 5.2 Special hazards arising from the substance or mixture**
Magnesium oxide
- 5.3 Advice for firefighters**
Wear self-contained breathing apparatus for firefighting if necessary.
- 5.4 Further information**
No data available

SECTION 6: Accidental release measures

- 6.1 Personal precautions, protective equipment and emergency procedures**
Use personal protective equipment. Avoid dust formation. Avoid breathing vapours, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Evacuate personnel to safe areas. Avoid breathing dust.
For personal protection see section 8.
- 6.2 Environmental precautions**
Do not let product enter drains.
- 6.3 Methods and materials for containment and cleaning up**
Pick up and arrange disposal without creating dust. Sweep up and shovel. Keep in suitable, closed containers for disposal.
- 6.4 Reference to other sections**
For disposal see section 13.

SECTION 7: Handling and storage

- 7.1 Precautions for safe handling**
Avoid contact with skin and eyes. Avoid formation of dust and aerosols.
Provide appropriate exhaust ventilation at places where dust is formed.
For precautions see section 2.2.
- 7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities**
Store in cool place. Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place.
Storage class (TRGS 510): Non Combustible Solids
- 7.3 Specific end use(s)**
Apart from the uses mentioned in section 1.2 no other specific uses are stipulated

SECTION 8: Exposure controls/personal protection

- 8.1 Control parameters**
- 8.2 Exposure controls**
- Appropriate engineering controls**
Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice. Wash hands before breaks and at the end of workday.
- Personal protective equipment**
- Eye/face protection**
Safety glasses with side-shields conforming to EN166 Use equipment for eye protection tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or EN 166(EU).
- Skin protection**
Handle with gloves. Gloves must be inspected prior to use. Use proper glove removal technique (without touching glove's outer surface) to avoid skin contact with this product. Dispose of contaminated gloves after use in accordance with applicable laws and good laboratory practices. Wash and dry hands.

The selected protective gloves have to satisfy the specifications of EU Directive 89/686/EEC and the standard EN 374 derived from it.

Full contact
Material: Nitrile rubber
Minimum layer thickness: 0.11 mm

Break through time: 480 min
Material tested: Dermatrill® (KCL 740 / Aldrich Z677272, Size M)

Splash contact
Material: Nitrile rubber
Minimum layer thickness: 0.11 mm
Break through time: 480 min
Material tested: Dermatrill® (KCL 740 / Aldrich Z677272, Size M)

data source: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, phone +49 (0)6659 87300, e-mail sales@kcl.de,
test method: EN374

If used in solution, or mixed with other substances, and under conditions which differ from EN 374,
contact the supplier of the CE approved gloves. This recommendation is advisory only and must
be evaluated by an industria situation of anticipated use by our customers. It should not be
construed as offering an approval for any specific use scenario.

Body Protection

Impervious clothing, The type of protective equipment must be selected according to the
concentration and amount of the dangerous substance at the specific workplace.

Respiratory protection

For nuisance exposures use type P95 (US) or type P1 (EU EN 143) particle r (US) or type ABEK-
P2 (EU EN 143) respirator cartridges. Use respirators and components tested and approved under
appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

Control of environmental exposure

Do not let product enter drains.

SECTION 9: Physical and chemical properties

9.1 Information on basic physical and chemical properties

a) Appearance	Form: powder Colour: white
b) Odour	No data available
c) Odour Threshold	No data available
d) pH	9.5 - 10.5
e) Melting point/freezing point	Melting point/range: 350 °C - lit.
f) Initial boiling point and boiling range	No data available
g) Flash point	Not applicable
h) Evaporation rate	No data available
i) Flammability (solid, gas)	No data available
j) Upper/lower flammability or explosive limits	No data available
k) Vapour pressure	No data available
l) Vapour density	No data available
m) Relative density	2.360 g/cm ³
n) Water solubility	insoluble
o) Partition coefficient: n-octanol/water	No data available
p) Auto-ignition temperature	No data available

- q) Decomposition temperature No data available
- r) Viscosity No data available
- s) Explosive properties No data available
- t) Oxidizing properties No data available

9.2 Other safety information
No data available

SECTION 10: Stability and reactivity

10.1 Reactivity

No data available

10.2 Chemical stability

Stable under recommended storage conditions.

10.3 Possibility of hazardous reactions

No data available

10.4 Conditions to avoid

No data available

10.5 Incompatible materials

Strong oxidizing agents, Strong acids

10.6 Hazardous decomposition products

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - Magnesium oxide
Other decomposition products - No data available
In the event of fire: see section 5

SECTION 11: Toxicological information

11.1 Information on toxicological effects

Acute toxicity

LD50 Oral - Rat - 8,500 mg/kg(Magnesium hydroxide)

Skin corrosion/irritation

No data available(Magnesium hydroxide)

Serious eye damage/eye irritation

Eyes - Rabbit(Magnesium hydroxide)
Result: Moderate eye irritation

Respiratory or skin sensitisation

No data available(Magnesium hydroxide)

Germ cell mutagenicity

No data available(Magnesium hydroxide)

Carcinogenicity

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

Reproductive toxicity

No data available(Magnesium hydroxide)

Specific target organ toxicity - single exposure

Inhalation - May cause respiratory irritation.(Magnesium hydroxide)

Specific target organ toxicity - repeated exposure

No data available

Aspiration hazard

No data available(Magnesium hydroxide)

Additional Information

RTECS: OM3570000

To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.(Magnesium hydroxide)

SECTION 12: Ecological information**12.1 Toxicity**

No data available

12.2 Persistence and degradability

No data available

12.3 Bioaccumulative potential

No data available

12.4 Mobility in soil

No data available(Magnesium hydroxide)

12.5 Results of PBT and vPvB assessment

This substance/mixture contains no components considered to be either persistent, bioaccumulative and toxic (PBT), or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) at levels of 0.1% or higher.

12.6 Other adverse effects

No data available

SECTION 13: Disposal considerations**13.1 Waste treatment methods****Product**

Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company. Dissolve or mix the material with a combustible solvent and burn in a chem scrubber.

Contaminated packaging

Dispose of as unused product.

SECTION 14: Transport information**14.1 UN number**

ADR/RID: -

IMDG: -

IATA: -

14.2 UN proper shipping name

ADR/RID: Not dangerous goods

IMDG: Not dangerous goods

IATA: Not dangerous goods

14.3 Transport hazard class(es)

ADR/RID: -

IMDG: -

IATA: -

14.4 Packaging group

ADR/RID: -

IMDG: -

IATA: -

14.5 Environmental hazards

ADR/RID: no

IMDG Marine pollutant: no

IATA: no

14.6 Special precautions for user

No data available

SECTION 15: Regulatory information**15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture**

This safety datasheet complies with the requirements of Regulation (EC) No. 1907/2006.

15.2 Chemical safety assessment

For this product a chemical safety assessment was not carried out

SECTION 16: Other information**Full text of H-Statements referred to under sections 2 and 3.**

H315	Causes skin irritation.
H319	Causes serious eye irritation.
H335	May cause respiratory irritation.

Further information

Copyright 2016 Sigma-Aldrich Co. LLC. License granted to make unlimited paper copies for internal use only.

The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. Sigma-Aldrich Corporation and its Affiliates shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See www.sigma-aldrich.com and/or the reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

A.10 Resultados de las probetas del Sr. José Luis Villena Portero

Índice de Inflamabilidad			
Probetas originales y replicas banco DIDE UTA			
N- DE PROBETAS	Distancia (mm)	Tiempo(s)	B(mm/min)
A	254	1093,8	13,93
B	254	1269,5	12,00
C	254	1307,70	11,65
D	254	1043,50	14,60
E	254	1084,80	14,05
F	254	1287,6	11,84
G	254	1234,2	12,35
H	254	1291,20	11,80
I	254	1468,80	10,38
J	254	1583,40	9,62
Total			55,99
Promedio			11,20

Índice de Inflamabilidad			
Probetas originales y replicas banco UTA			
N- DE PROBETAS	Distancia (mm)	Tiempo(s)	B(mm/min)
A	254	1093,1	13,94
B	254	1289,2	11,82
C	254	1129,60	13,49
D	254	830,30	18,35
E	254	938,10	16,25
F	254	1464	10,41
G	254	1170,6	13,02
H	254	1162,8	13,11
I	254	1266,00	12,04
J	254	1383,60	11,01
Total			133,44
Promedio			13,34

Índice de Inflamabilidad			
Probetas banco ESPOL			
N- DE PROBETAS	Distancia (mm)	Tiempo(s)	B(mm/min)
A	254	830	18,36
B	254	782	19,49
C	254	847,00	17,99
D	254	924,00	16,49
E	254	866,00	17,60
Total			89,93
Promedio			17,99

Temperatura	
N°. Réplicas	Probetas del banco UTA
1	91,28
2	86,10
3	173,36
4	205,06
5	160,02
6	57,76
7	107,10
8	140,14
9	236,24
10	183,94