



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

**TRABAJO DE GRADO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA TEXTIL**

TEMA:

**“ACABADO IGNÍFUGO A BASE DE ARCILLA EN UN GÉNERO DE PUNTO 100%
ALGODÓN”**

AUTOR: WILSON GUSTAVO PUMA IPIALES

DIRECTOR: ING. ELVIS RAÚL RAMÍREZ ENCALADA MSC

IBARRA – ECUADOR

Agosto del 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo en disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100382484-2
APELLIDOS Y NOMBRES:	PUMA IPIALES WILSON GUSTAVO
DIRECCIÓN:	LA ESPERANZA-CARRERA GALO PLAZA LAZO
E-MAIL:	wilsonpuma1993@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL: 0959961606
DATOS DE LA OBRA	
TEMA:	“ACABADO IGNÍFUGO A BASE DE ARCILLA EN UN GÉNERO DE PUNTO 100% ALGODÓN”
AUTOR:	PUMA IPIALES WILSON GUSTAVO
FECHA:	08/08/2019
PROGRAMA:	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA TEXTIL
DIRECTOR:	Msc. ELVIS RAÚL RAMÍREZ ENCALADA

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 8 agosto del 2019

El autor

(Firma).....
Wilson Gustavo Puma Ipiales
CI: 100382484-2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Wilson Gustavo Puma Ipiales, con cédula de identidad N° 100382484-2, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los Derechos Patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4,5 y 6 en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: **“ACABADO IGNÍFUGO A BASE DE ARCILLA EN UN GÉNERO DE PUNTO 100% ALGODÓN”**, que ha sido desarrollada para optar por el título de **INGENIERO TEXTIL**, en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 8 de agosto del 2019

(Firma).....
Wilson Gustavo Puma Ipiales
CI: 100382484-2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Wilson Gustavo Puma Ipiales, con cédula de identidad No. 100382484-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual y Normatividad vigente de la misma.

Ibarra, 8 de agosto del 2019

(Firma).....
Wilson Gustavo Puma Ipiales
CI: 100382484-2



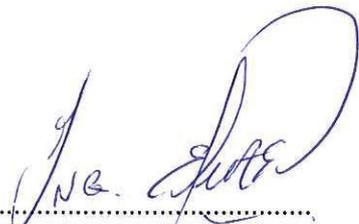
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Msc. Elvis Ramírez Director de la Tesis de Grado desarrollada por el señor Estudiante
Puma Ipiales Wilson Gustavo.

CERTIFICA

Que el proyecto de Tesis de grado con el Título “**ACABADO IGNÍFUGO A BASE DE ARCILLA EN UN GÉNERO DE PUNTO 100% ALGODÓN**” ha sido realizado en su totalidad por el señor estudiante Wilson Gustavo Puma Ipiales bajo mi dirección, para obtener el título de Ingeniería Textil. Luego de ser revisado se ha considerado que se encuentra concluido en su totalidad y cumple con todos las exigencias y requerimientos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Textil, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.


.....
Msc. Elvis Ramírez
DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a DIOS, al ser que siempre me guía en mis dediciones quien con su sabiduría me permite cada día levantarme y seguir adelante en cada circunstancia de mi vida.

También expresarle mis más profundos agradecimientos; a mi madre María Ipiales quien fue la persona que me dio la vida, aquella que con amor y apoyo incondicional pese a las circunstancias me ha permitido seguir adelante en el largo camino de la vida, a mi padre Carlos Puma quien con su gran carácter y paciencia formó a una persona de bien guiándome siempre por el buen camino, además de su gran esfuerzo para velar por el bienestar de una familia, a mis hermanos Franklin, Jonathan y Carlos, quienes con su apoyo y compañía contribuyeron en el logro de mis objetivos.

A mi tutor Elvis Ramírez y demás docentes que me han acompañado durante el largo camino estudiantil, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético, a mis amigos y demás familiares por sus ánimos, consejos y experiencias brindadas.

Wilson Puma



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte, donde encontré verdaderos amigos y maestros que con sabiduría han logrado transmitir su conocimiento técnico y humano en la formación de mejores personas y profesionales.

Mis más sinceros agradecimientos al Sr. Msc. Elvis Ramírez, quien con su experiencia y conocimientos profesionales me supo orientar responsable y pacientemente durante el tiempo que duró este proyecto de investigación.

A la Carrera de Ingeniería Textil por su colaboración en el desarrollo de la presente.

Wilson Puma

CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	i
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iii
DECLARACIÓN	iv
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE TABLAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xvii
LISTA DE ANEXOS	xviii
RESUMEN	xix
SUMMARY	xx
Capítulo 1.....	1
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Importancia.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Características del proyecto.....	4
Capítulo 2.....	6
2. Arcillas.....	6
2.1. Generalidades.....	6
2.1.1. Origen de la arcilla.....	6
2.1.1.1. Vías de formación de las arcillas.....	7
2.1.2. Definición.....	8
2.1.3. Yacimientos de las arcillas sedimentarias.....	8
2.1.4. Importancia de la arcilla.....	9
2.2. Composición química.....	10
2.3. Propiedades de las arcillas.....	12
2.4. Clasificación de las arcillas.....	13
2.5. La arcilla como retardante del fuego.....	14
2.5.1. El retardante de fuego.....	14

2.5.2.	Indicios del uso de la arcilla como retardante del fuego.	15
2.5.3.	Tipos de retardantes.	15
Capítulo 3.....		17
3.	Acabados textiles	17
3.1.	Definición.	17
3.2.	Factores que depende el acado textil.	17
3.3.	Clasificación de los acabados textiles.	18
3.4.	Métodos del acabado textil.	19
3.5.	Propiedades obtenidas.	20
3.6.	El acabado Ignífugo.....	21
3.6.1.	Factores que influyen en la inflamabilidad de los tejidos.	21
3.6.2.	Mecanismos generales de acción ignífuga.	21
3.6.2.1.	Etapa 1(pirólisis): Absorción de calor por la fibra, tras la aplicación de una fuente de calor (fase sólida).	22
3.6.2.2.	Etapa 2 (combustión): Reacción exotérmica en fase gaseosa, por la oxidación de los compuestos volátiles de la fibra recalentada en medio oxidante (oxígeno atmosfér).	22
3.6.2.3.	Etapa 3 (propagación): Es la continuación de las fases anteriores, que hace que el ciclo continúe hasta que se consuma la fibra o el oxígeno se agote.	22
3.6.3.	Métodos de acabados ignífugos.	22
3.6.4.	Tipos de materiales de protección contra el fuego.	23
3.6.5.	Ventajas de los tejidos ignífugos.....	24
3.6.6.	Campos de aplicación.....	25
Capítulo 4.....		26
4.	Generalidades del fuego.....	26
4.1.	Que es el fuego.	26
4.2.	Elementos del fuego.	27
4.2.1.	Combustible.	27
4.2.2.	Comburente u oxidante.	28
4.2.3.	Energía de activación.	29
4.2.3.1.	Fuentes de calor o temperatura.....	30
4.2.4.	Reacción en cadena.	31
4.3.	Variables fuego.....	31
4.4.	Factores de la producción del fuego.	32
4.4.1.	Factores que influyen en la ignición del fuego.	32
4.4.1.1.	Según su temperatura.	32
4.4.1.2.	Según su concentración de combustible.....	35
4.4.2.	Factores que influyen en la combustión del fuego.	35

4.4.2.1.	Velocidad de combustión.....	36
4.4.2.2.	Velocidad de propagación.....	36
4.4.2.3.	Intensidad Calórica.....	36
4.4.2.4.	Intensidad calórica.....	37
4.4.2.5.	Reactividad.....	37
4.4.2.6.	Dirección de Avance.....	38
4.4.2.7.	Propagación del fuego.....	38
4.5.	Etapas del desarrollo del fuego.....	39
4.5.1.	Etapas de calentamiento o incipiente.....	39
4.5.1.	Etapas latente o de descomposición.....	39
4.5.2.	Etapas de llama o Ignición.....	40
4.5.3.	Propagación del fuego.....	40
4.5.4.	Etapas de calor.....	40
4.1.	Razón del por qué arde un material.....	41
Capítulo 5.....		42
5.	Metodología.....	42
5.1.	Tipo de Investigación.....	42
5.2.	Procedimiento de campo.....	42
5.3.	Materiales y equipos para el ensayo del acabado ignífugo.....	43
5.3.1.	Materiales de laboratorio.....	43
5.3.2.	Equipos de laboratorio.....	43
5.3.3.	Diseño y construcción del equipo manual semi-industrial tipo laboratorio para acabado por recubrimiento.....	44
5.3.3.1.	Diseño del Equipo.....	44
5.3.3.2.	Construcción del Equipo.....	45
5.4.	Materiales y sustancias de aplicación.....	47
5.5.	Variables y parámetros a tener en cuenta en el acabado.....	49
5.5.1.	Análisis muestral.....	49
5.5.2.	Temperatura.....	50
5.5.3.	Característica de Ionogenidad de los productos.....	50
5.5.4.	Cantidad de apresto de acabado.....	51
5.5.5.	Concentraciones.....	51
5.5.6.	Espesor de la capa de recubrimiento.....	54
5.5.7.	Tiempo de ensayo al fuego.....	54
5.6.	Flujograma del proceso de acabado ignífugo.....	55
5.7.	Obtención y extracción de la arcilla roja.....	56
5.8.	Preparación de apresto ignífugo a base de arcilla.....	57

5.8.1.	Pasos para la preparación de apresto.....	57
5.9.	Procedimiento del acabado.....	58
5.9.1.	Pasos para realizar el acabado ignífugo.	58
5.10.	Proceso de ensayo al fuego.....	59
5.10.1.	Norma de ensayo al fuego.	59
5.10.2.	Equipo (Flexiburn).	63
5.10.2.1.	Esquema general del equipo.....	63
5.10.2.2.	Requisitos generales.....	65
5.10.2.3.	Características y beneficios.....	66
5.10.2.4.	Características técnicas.	66
5.11.	Evaluación del ensayo al fuego.....	67
5.11.1.	Propagación limitada de la llama de los materiales.....	67
5.11.1.1.	Materiales de capa única.	68
5.12.	Métodos y herramientas para el análisis y evaluación de datos.....	69
Capítulo 6.....		70
6.	Análisis y Discusión de resultados (Pruebas).....	70
6.1.	Datos y pruebas del proceso del acabado ignífugo a base de arcilla.	70
6.1.1.	Determinación de la pasta adecuada para el acabado por recubrimiento.....	70
6.1.1.1.	Parámetros de formulación de pasta: Ph.	70
6.1.1.2.	Parámetros de formulación de pasta: Viscosidad.....	71
6.1.1.3.	Procedimiento para hacer medidas de viscosidad.....	72
6.1.1.4.	Formación de pasta al 55% de arcilla y 15% de resina.....	75
6.1.1.5.	Formación de pasta al 50% de arcilla y 15% de resina.....	76
6.1.1.6.	Formación de pasta al 40% de arcilla y 20% de resina.....	77
6.1.1.7.	Formación de pasta al 30% de arcilla y 25% de resina.....	78
6.1.1.8.	Formación de pasta al 20% de arcilla y 30% de resina.....	79
6.1.1.9.	Formación de pasta al 10% de arcilla y 35% de resina.....	80
6.1.1.1.	Concentraciones a utilizar para el acabado por recubrimiento.	80
6.1.2.	Pruebas de acabados por recubrimiento.....	82
6.1.2.1.	Resultado y análisis de los materiales de aplicación.....	91
6.1.3.	Pruebas del ensayo al fuego.	94
6.1.3.1.	Ensayos e informe de prueba.	95
6.1.4.	Análisis y Evaluación de resultados ensayos al fuego.	105
6.1.4.1.	Test de Normalidad.	105
6.1.4.2.	Análisis de resistencia al fuego del acabado a base de arcilla al 40% y resina al 20%.....	109

6.1.4.3.	Análisis de resistencia al fuego del acabado a base de arcilla al 30% y resina al 25%.....	112
6.1.4.4.	Análisis de resistencia al fuego del acabado a base de arcilla al 20% y resina al 30%.....	116
6.1.4.5.	Análisis de resistencia al fuego del acabado a base de arcilla al 10% y resina al 35%.....	121
6.1.4.6.	Análisis comparativo de la propiedad de resistencia al fuego mediante estadística descriptiva.	125
6.1.4.1.	Análisis general de resistencia al fuego de un tejido con un acabado a base de arcilla en relación a un tejido sin acabado.	132
6.2.	Pruebas de resistencia al lavado determinación de la solidez del acabado.	137
6.2.1.	Norma: Monografía M5 Estandarización del lavado a mano para tejidos y prendas de vestir.	138
6.2.2.	Pruebas de solidez al lavado de acabados a base de arcilla.	140
6.2.2.1.	Condiciones para pruebas de lavado domestico Monografías M6.....	140
6.2.2.2.	Informe de lavado doméstico.	141
6.2.2.3.	Datos y análisis de resultados de pruebas de lavado.	143
6.2.3.	Pruebas de resistencia al fuego a partir de muestras sometidas al lavado....	146
6.2.4.	Análisis y evaluación de resultados de solidez al lavado con relación a pruebas de resistencia al fuego.	155
6.2.4.1.	Test de normalidad para datos obtenidos a partir de ensayos al fuego de muestras lavadas.	155
6.2.4.2.	Análisis de resultados de la propiedad de resistencia al fuego de muestras con y sin lavado.	158
6.2.4.3.	Análisis de resistencia al lavado y su relación con los productos de aplicación.	167
6.2.5.	Resultado de acabado ignífugo a base de arcilla.....	170
Capítulo 7.....		174
7.	Análisis de costos.....	174
7.1.	Materiales directos.....	174
7.2.	Materia prima.	175
7.3.	Costos directos.....	175
7.4.	Mano de obra.	175
7.5.	Análisis de costo unitario del proceso.	175
7.5.1.	Análisis de costo de 1440 cm ² de tejido con acabado de arcilla y 1 mm de espesor.	175
7.5.2.	Análisis de costo de tejido con acabado de arcilla y 0,5 mm de espesor.	178
7.6.	Costo por metro cuadrado del tejido ignífugo con acabado a base de arcilla.	180
7.7.	Costo por metro lineal	180
Capítulo 8.....		182

8. Conclusiones y recomendaciones.	182
8.1. Conclusiones.....	182
8.2. Recomendaciones.	185
9. Referencias bibliográficas.....	186

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Vías de formación de arcilla.	7
Tabla 2. Composición promedio de la corteza Terrestre.	10
Tabla 3. Minerales de la corteza Terrestre.	11
Tabla 4. Composición química de la arcilla roja.	12
Tabla 5. Propiedades de la arcilla.	12
Tabla 6. Tipos de arcillas según sus características y uso.	13
Tabla 7. Clasificación general tipos de retardante al fuego según su mecanismo ignífugante.	16
Tabla 8. Algunas propiedades obtenidas partir de los acabados textiles.	20
Tabla 9. Métodos de procesos para realizar un acabado ignífugo.	23
Tabla 10. Tipos de combustibles.	28
Tabla 11. Cantidad mínima de oxígeno para arder (LOI) de fibras textiles.	29
Tabla 12. Propiedades térmicas que influye en la combustión de los materiales.	34
Tabla 13. Características de los productos de acabado ignífugo.	48
Tabla 14. Especificaciones técnicas para pruebas en el equipo Flexiburn.	66
Tabla 15. Materiales químicos de aplicación y parámetros.	71
Tabla 16. Pruebas de formación de pasta al 55% de arcilla y 15% de resina.	75
Tabla 17. Pruebas de formación de pasta al 50% de arcilla y 15% de resina.	76
Tabla 18. Formación de pasta al 40% de arcilla y 20% de resina.	77
Tabla 19. Formación de pasta al 30% de arcilla y 25% de resina.	78
Tabla 20. Formación de pasta al 20% de arcilla y 30% de resina.	79
Tabla 21. Formación de pasta al 10% de arcilla y 30% de resina.	80
Tabla 22. Concentraciones a utilizar para acabado textil a base de arcilla.	81
Tabla 23. Datos generales para el acabado textil.	82
Tabla 24. Resumen de los materiales aplicados en el acabado a base de arcilla roja.	91
Tabla 25. Resultados de observación del acabado.	93
Tabla 26. Datos generales para ensayo al fuego.	94
Tabla 27. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 40% y resina al 20%.	106
Tabla 28. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 30% y resina al 25%.	106
Tabla 29. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 20% y resina al 30%.	107
Tabla 30. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 10% y resina al 35%.	107
Tabla 31. Test de normalidad: Sustrato sin acabado.	108
Tabla 32. Análisis de Resistencia al fuego (Prueba 1).	109
Tabla 33. Análisis de Resistencia al fuego (Prueba 2).	109
Tabla 34. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 9).	110
Tabla 35. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 10).	110
Tabla 36. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 3).	112
Tabla 37. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 4).	113
Tabla 38. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 11).	113
Tabla 39. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 12).	114
Tabla 40. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 5).	116
Tabla 41. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 6).	117
Tabla 42. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 13).	117

Tabla 43. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 14).....	118
Tabla 44. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 7).....	121
Tabla 45. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 8).....	121
Tabla 46. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 15).....	122
Tabla 47. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 16).....	122
Tabla 48. Medias y coeficientes de varicación a partir de datos medidos de ensayos al fuego para 10 segundos.....	126
Tabla 49. Medias y coeficientes de varicación a partir de datos medidos de ensayos al fuego para 15 segundos.....	128
Tabla 50. Análisis de resistencia al fuego de un tejido de punto jersey algodón 100% sin acabado.	133
Tabla 51. Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 1 mm espesor.....	133
Tabla 52. Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 0,5 mm espesor.....	134
Tabla 53. Proceso de lavado.	139
Tabla 54. Proceso de enjuague.....	139
Tabla 55. Proceso de secado.	140
Tabla 56. Condiciones de temperatura para pruebas de lavado doméstico.	140
Tabla 57. Concentraciones de uso de detergente recomendado por el fabricante.	141
Tabla 58. Datos comparativos del tejido con acabado a base de arcilla posterior a pruebas de lavado.....	145
Tabla 59. Datos generales para ensayo al fuego.....	146
Tabla 60. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 40% y resina al 20%.	156
Tabla 61. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 30% y resina al 25%.	156
Tabla 62. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 20% y resina al 30%.	157
Tabla 63. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 10% y resina al 35%.	157
Tabla 64. Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 1 mm espesor en muestras lavadas.....	159
Tabla 65. Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 0,5 mm espesor en muestras lavadas.....	160
Tabla 66. Datos comparativos de longitud carbonizada promedio obtenidas a partir de muestras (lavadas y no lavadas) según ensayos al fuego de 10 segundos.	163
Tabla 67. Datos comparativos de longitud carbonizada promedio obtenidas a partir de muestras (lavadas y no lavadas) según ensayos al fuego de 15 segundos.	165
Tabla 68. Análisis y resultados de resistencia al lavado.....	167
Tabla 69. Parámetros de tiempos y movimientos obtenidas experimentalmente.	174
Tabla 70. Costo de 1440 cm 2 de tejido con acabado a base de arcilla al 40% y 1 mm de espesor.....	176
Tabla 71. Costo de 1440 cm 2 de tejido con acabado a base de arcilla al 30% y 1 mm de espesor.....	176
Tabla 72. Costo de 1440 cm 2 de tejido con acabado a base de arcilla al 20% y 1 mm de espesor.....	177
Tabla 73. Costo de 1440 cm 2 de tejido con acabado a base de arcilla al 10% y 1 mm de espesor.....	177
Tabla 74. Costo de 1440 cm 2 de tejido con acabado a base de arcilla al 40% y 0,5 mm de espesor.....	178

Tabla 75. Costo de 1440 cm ² de tejido con acabado a base de arcilla al 30% y 0,5 mm de espesor.....	178
Tabla 76. Costo de 1440 cm ² de tejido con acabado a base de arcilla al 20% y 0,5 mm de espesor.....	179
Tabla 77. Costo de 1440 cm ² de tejido con acabado a base de arcilla al 10% y 0,5 mm de espesor.....	179

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica Carrera de ingeniería textil Fuente. (https://www.google.com/maps/search/carrera+de+ingenieria+textil+utn/@0.3779989,-78.125554,17z/data=!3m1!4b1).....	5
Figura 2. Clasificación de las arcillas. Fuente: (Chavarria, 2009).....	13
Figura 3. Clasificación de los acabados textiles.	18
Figura 4. Métodos de los acabados textiles. Fuente tomada de: (Lockuán, 2012, Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, 2014, Patel & Bharambhatt, S.f).....	19
Figura 5. Tejidos de protección contra el fuego. Fuente. Obtenido de: (DIPRESID, 2008) ...	24
Figura 6. Diseño del Equipo.	45
Figura 7. Construcción de la plancha.....	45
Figura 8. Construcción de la rasqueta.....	46
Figura 9. Guía para el sistema de rasqueta.	46
Figura 10. Construcción prénsatela.....	47
Figura 11. Flujograma de procesos.....	55
Figura 12. Flexiburn. Fuente: https://www.james-heal.co.uk/instrument/flexiburn/	63
Figura 13. Soporte de muestra de prueba. Fuente: (ISO 15025: 2000 (E), 2016)	64
Figura 14. Plantilla. Fuente: (ISO 15025: 2000 (E), 2016)	64
Figura 15. Quemador de gas. Fuente: (ISO 15025: 2000 (E), 2016).....	65
Figura 16. Viscosímetro. Fuente: (Brookfield , s.f).....	72
Figura 17. Concentraciones utilizadas para realizar el acabado ignífugo a base de arcilla roja.	81
Figura 18. Análisis de influencia en la estructura y apariencia del tejido según cantidades de productos aplicados en acabado a base de arcilla.	92
Figura 19. Análisis de resistencia al fuego para 10 y 15 Sg. Acabado de arcilla al 40%.	111
Figura 20. Análisis de resistencia al fuego para 10 y 15 Sg. Acabado de arcilla al 30%.	115
Figura 21. Análisis de resistencia al fuego para 10 y 15 Sg. Acabado de arcilla al 20%.	119
Figura 22. Análisis de resistencia al fuego para 10 y 15 Sg. Acabado de arcilla al 10%.	124
Figura 23. Media y coeficiente de variación; Análisis comparativo de resistencia al fuego según tiempo de ensayo de 10 Sg, espesor; y porcentaje de arcilla.	127
Figura 24. Media y coeficiente de variación; Análisis comparativo de resistencia al fuego según tiempo de ensayo de 15 Sg, espesor; y porcentaje de arcilla.....	129
Figura 25. Resumen porcentual de resistencia al fuego.....	130
Figura 26. Análisis comparativo de resistencia al fuego según espesor y tiempo de ensayo.	131
Figura 27 Análisis resumido comparativo de resistencia al fuego del acabado a base de arcilla; Figura A por espesor de acabado y Figura B por tiempo de ensayo.	132
Figura 28. Análisis general de resistencia al fuego.....	135
Figura 29. Análisis resistencia al fuego número de probetas con formación de agujeros.	136
Figura 30. Análisis comparativo de resultados de pruebas con y sin lavado según el número de muestras dañadas que cumplen o no los requerimientos de un tejido resistente al fuego.	162
Figura 31. Véase un análisis comparativo del porcentaje de variación de resistencia al fuego de muestras con y sin lavado según el espesor y pruebas al fuego de 10 Sg.....	164
Figura 32. Véase un análisis comparativo del porcentaje de variación de resistencia al fuego de muestras con y sin lavado según el espesor y pruebas al fuego de 15 Sg.....	166
Figura 33. Resultados de resistencia al lavado según datos de variación de resistencia al fuego.	169
Figura 34. Materiales de aplicación resultados y análisis de resistencia al lavado.....	170

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Autorización de uso de equipo de laboratorio para la investigación.	190
Anexo B. Gramaje y rendimiento obtenido en un tejido con acabado a base de arcilla al 40%.	191
Anexo C. Gramaje y rendimiento obtenido en un tejido con acabado a base de arcilla al 30%.	191
Anexo D. Gramaje y rendimiento obtenido en un tejido con acabado a base de arcilla al 20%.	192
Anexo E. Gramaje y rendimiento obtenido en un tejido con acabado a base de arcilla al 10%.	192
Anexo F. Recolección y obtención de la arcilla roja para el acabado.	193
Anexo G. Materiales de laboratorio para el proceso de realización del acabado.	193
Anexo H. Equipos de laboratorio utilizados.	193
Anexo I. Diseño y construcción de equipo semi-industrial para acabado.	194
Anexo J. Productos utilizados en el acabado.	195
Anexo K. Proceso de acabado textil a base de arcilla por recubrimiento.	195
Anexo L. Medición de parámetros utilizado en el acabado textil a base de arcilla.	196
Anexo M. Configuración de los parámetros para los ensayos al fuego.	197
Anexo N. Proceso de pruebas de resistencia al fuego.	198
Anexo O. Pruebas de resistencia al fuego al 40% de arcilla.	198
Anexo P. Pruebas de resistencia al fuego al 30% de arcilla.	199
Anexo Q. Pruebas de resistencia al fuego al 20% de arcilla.	199
Anexo R. Pruebas de resistencia al fuego al 10% de arcilla.	199
Anexo S. Proceso de pruebas de lavado.	200
Anexo T. Pruebas de resistencia al fuego en muestras lavadas y porcentaje de arcilla al 40%.	201
Anexo U. Pruebas de resistencia al fuego en muestras lavadas y porcentaje de arcilla al 30%.	201
Anexo V. Pruebas de resistencia al fuego en muestras lavadas y porcentaje de arcilla al 20%.	202
Anexo W. Pruebas de resistencia al fuego en muestras lavadas y porcentaje de arcilla al 10%.	202
Anexo X. Pruebas de resistencia al fuego en muestras sin ningún acabado textil.	203
Anexo Y. Ficha técnica Resina emulsión Vinil Acrílica Apresto CW.	204
Anexo Z. Ficha técnica Ligante Applicryl VAT-40.	206
Anexo AA. Ficha técnica Espesante Applicablear PC.	208
Anexo BB. Ficha técnica Perenin gns.	210
Anexo CC. Costos de los materiales de aplicación utilizados.	213

“ACABADO IGNÍFUGO A BASE DE ARCILLA EN UN GÉNERO DE PUNTO 100% ALGODÓN”

RESUMEN

En la actualidad, las industrias textiles así como sus centros de investigación con el objetivo de ser más competentes y permanecer en el mercado, están buscando nuevas formas e innovaciones textiles que a la vez incentivados por cuidado ecológico, promueven el uso de materiales de origen natural (Arcilla Roja) para el desarrollo de productos novedosos que aparte de satisfacer necesidades humanas cumplan requisitos de seguridad al momento de usarlos; está claro que nunca estamos exentos de algún tipo de peligro.

El presente trabajo de investigación, está enfocado en el desarrollo de un tejido ignífugo mediante un acabado textil por recubrimiento, aplicando aprestos a base de: Resina, ligante, espesante, humectante, agua y Arcilla Roja como componente ignifugante, cuyas características de resistencia a altas temperaturas (1100 °C), color característico rojo, tamaño de partícula fina (Equivalente o <2 Micras) y otras como plasticidad y adhesividad fueron esenciales en el proceso de acabado y resultado final.

El desarrollo de la investigación, consistió en un determinado número de muestras de acuerdo a 4 concentraciones diferentes de acabado y en espesores de 1 mm y 0,5 mm; consecuentemente a partir de pruebas al fuego para 10 (T ° Alcanzada=555 °C) y 15 segundos (T ° Alcanzada=667 °C), fueron ensayadas y evaluadas (Resistencia al fuego) dentro de las condiciones de las “Normas de Ropa de protección - Protección contra el calor y las llamas - Método de prueba para la propagación limitada de la llama (ISO 15025: 2000 (E),2016) y Normas de Trabajos con tensión – Ropa de protección contra los riesgos térmicos de arcos eléctricos – Parte 2: Requisitos (PU UNIT-IEC 61482-2, 2018) que es una adopción modificada de la Norma IEC 61482-2:2018. Entre otras cosas, también se realizaron pruebas de lavado doméstico que permitieron evaluar la estabilidad del acabado textil y conservación de las propiedades adquiridas; para dicho efecto, se lo realizó conforme a los parámetros normativos de la AATCC 2011: Monografías M5 y Monografías M6 “Estandarización del lavado a mano para tejidos y prendas de vestir”.

PALABRAS CLAVES: /ARCILLA/ ARCILLA ROJA/ ACABADO IGNÍFUGO/
ALGODÓN.

ACABADO IGNÍFUGO A BASE DE ARCILLA EN UN GÉNERO DE PUNTO 100% ALGODÓN”

SUMMARY

Nowadays the textile industries, as well as their research centers with the aim of being more competent and remaining in the market, are looking for new ways and textile innovations that, at the same time encouraged by ecological care, promote the use of origin natural materials (Red Clay), to develop innovative products that, Novel products that apart to satisfying human needs meeting safety requirements at the time of use; It is clear that we are never exempt of any kind of danger.

The present research work is focused on the fireproof fabric development; by means a textile finishing method of coating, applying sizing based on (Resin, binder, thickener, humectant, water) and Red Clay as a flame retardant component whose characteristics of high temperatures resistance (1100 °C), characteristic red color, fine particle size (Equivalent or <2 Microns) and others such as plasticity and adhesiveness were essential in the finishing textile process and the final result.

The investigation Development, consisted of a certain number of samples according to 4 different concentrations of textile finishing in 1 mm and 0,5 mm thicknesses of; consequently, by means of fire tests for 10 (T ° Reached = 555 ° C) and 15 seconds (T ° Reached = 667 ° C), these were tested and evaluated (Resistance to fire) within of “Protective clothing — Protection against heat and flame — Method of test for limited flame spread iso standards” (ISO 15025: 2000 (E), 2016) conditions and “Work standards with tension - Protective clothing against the thermal risks of electric arcs - Part 2: Requirements” (PU UNIT-IEC 61482-2, 2018) condition which is a modified adoption of IEC 61482-2: 2018 standard. Among other things, washing domestic test were also carried out that allowed to evaluate the textile finish stability and the acquired properties conservation; for this effect, it was done in accordance with the normative parameters of the AATCC 2011 standard: Monographs M5 and Monographs M6 "Standardization of hand washing for fabrics and garments".

KEYWORDS: / CLAY / RED CLAY / FIREPROOF FINISHING / COTTON.

Capítulo 1

1. Introducción

El presente trabajo de investigación, se basa en elaborar un acabado textil a base de arcilla el cual brindará al sustrato la capacidad de retardar el fuego; de esta manera, aprovechando propiedades únicas encontradas en la arcilla, en este caso, la resistencia de dicho material frente al fuego.

Para dicho efecto, es fundamental recordar aquellos conocimientos adquiridos durante la malla académica, especialmente conceptos básicos, procedimientos, parámetros entre otros, utilizados en los acabados textiles que permitirán un proceso experimental mucho más eficiente, por otro lado, también tomar en cuenta el tipo de arcilla a utilizarse, así como las cantidades y concentraciones de arcilla, resina y demás aprestos necesarios para la realización del mencionado acabado; donde el único fin, es adentrarse hacia el campo de la innovación textil aprovechando cuanto se pueda recursos naturales que protejan el ecosistema.

El proceso experimental se llevará a cabo en los laboratorios de la planta textil, donde se ha visto la facilidad de maquinaria y equipo existente, para la realización del proceso de acabado y pruebas requeridas para confinar dicho trabajo.

1.1. Antecedentes.

Desde tiempos remotos, el hombre ha buscado nuevas formas de mejorar el sustrato textil haciendo uso de los materiales que la madre naturaleza provee, actualmente las industrias textiles, así como sus centros de investigación, con el fin de ser más competentes y por supuesto mantenerse en el mercado, están buscando nuevas formas e innovaciones textiles que puedan satisfacer las necesidades humanas y mucho mejor si estos brindan seguridad; es un hecho que nunca estamos exentos de ningún tipo de peligro.

Si bien es cierto que las empresas están empezando a innovar sus textiles, los mismos hacen uso de muchos de los productos químicos cuyos proveedores son casas comerciales donde el capitalismo está de por medio, sin pensar que el producto químico, especialmente en el campo de los acabados pueden ser un peligro para el ecosistema, dado que generalmente sus residuos muchas veces no son tratados y se ponen en contacto con el medio ambiente de tal manera que alteran su estructura natural siendo un peligro para la flora, fauna e incluso para las personas.

En la actualidad, los procesos de elaboración de géneros textiles no presentan procesos de acabados extras que se realicen a partir de un material natural como la arcilla, cuyo sustrato, brinde la propiedad ignífuga de retardar la acción de la flama y por ende proteja al individuo en casos de incendios. De hecho, desde la antigüedad la arcilla ha sido un material elemental a tal punto que en los siglos XVII eran utilizados para ignifugar textiles (Pérez , 2008). Y por qué no aplicarlo, hoy por hoy donde se ha dejado de lado muchos de los productos naturales que pueden ser tan efectivos como un producto químico y que de cierta manera aportarían a reducir residuos contaminantes.

Existen naturalmente, diversos tipos de arcillas que pueden diferenciarse por su composición, color, propiedad, característica y consecuentemente también sus diversas aplicaciones. Por ejemplo, “la Caolita utilizada en la fabricación de papel, producción de cerámicas, como carga en la producción de pinturas, pesticidas y abonos, en industrias farmacéutica y cosmética” (Quiminet, 2018). De hecho, es importante mencionar el uso de barro de arcilla proveniente de la empresa pública Santa Agua de Cachimbiro, como fuente térmica en camisetas algodón/poliéster. Según Guamán (2017). “La realización de este trabajo parecía una locura barro en prendas, pero el mundo avanza y de una idea surgen miles de idas más” (pág. 100). Lo cual nos lleva a pensar, en una variedad de aplicaciones dadas a la arcilla y que el mismo no es perjudicial para la salud.

1.2. Importancia.

El mundo textil al igual que otros campos de la ingeniería, han sido participes de diversas investigaciones que de cierta manera han aportado al desarrollo y trascendencia de nuevos acontecimientos, de gran importancia para la solución diversos problemas surgidas en los últimos tiempos.

Nos encontramos en épocas donde los problemas cotidianos se presentan a cada momento y los mismos son oportunidades para innovar y emprender, quienes se encuentran inmersos en el mundo textil poseen la capacidad de buscar nuevas formas de mejorar el sustrato textil, dotándole al mismo nuevas propiedades y aplicaciones que permitan brindar a los individuos características tanto de confort, facilidad de uso y hoy por hoy, seguridad y confiabilidad a la hora usarlo.

Que tal un tejido ignífugo a base arcilla, que nos pueda proteger en situaciones de riesgo de incendios; claro está el peligro que podemos estar corriendo en determinadas circunstancias. Según menciona La National Fire Protection Association (NFPA 2018). “Un incendio reciente del 2004 de la discoteca República Cromagnón en Buenos Aires que causó la muerte de 191 personas u otros como el de La Goajira Night Club en Caracas, en el 2002, donde 47 personas murieron”.

Se ha visto la importancia que han llegado a tener los artículos ignífugos, dado que actualmente, se encuentran inmersos en diversos campos de la industria y si el mismo estuviere realizada a partir de un material natural como los la de arcilla, sería muy ventajosa tanto para la sociedad, la naturaleza y como no representar un aporte más a posteriores investigaciones.

1.3. Objetivos.

1.3.1. *Objetivo general.*

- Realizar un acabado textil ignífugo a base de arcilla en género de tejido de punto 100% algodón.

1.3.2. *Objetivos específicos.*

- Seleccionar bibliografía relacionada acerca del tema que se desarrolla, mediante fuentes de información, para obtener datos específicos relevantes al tema de investigación.
- Determinar diferentes pruebas y ensayos del acabado ignífugo a base de arcilla, utilizando productos y auxiliares, mediante un proceso de recubrimiento para analizar su incidencia frente al fuego.
- Analizar resultados obtenidos de las diferentes pruebas, mediante métodos estadísticos, para realizar las respectivas conclusiones y recomendaciones.

1.4. Características del proyecto.

La ejecución de la investigación, cuenta con recursos como: bibliografía, web, gráficos, talento humano y el proyecto que será financiado por el investigador dentro del intervalo de tiempo, que es el necesario. La ejecución de este trabajo, cuenta con el apoyo de la “Universidad Técnica del Norte” conjuntamente la “Carrera de Ingeniería Textil”, ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra sector de Miravalle y sus coordenadas geográficas $^{\circ}27'37.5''N$ $78^{\circ}14'14.7''W$; manifestando así su interés en la investigación, por tanto, el acceso a las instalaciones de los laboratorios y campus de Planta Textil, que hacen de este, un proyecto

accesible para la realización del acabado textil ignífugo en un género de tejido de punto 100% algodón.

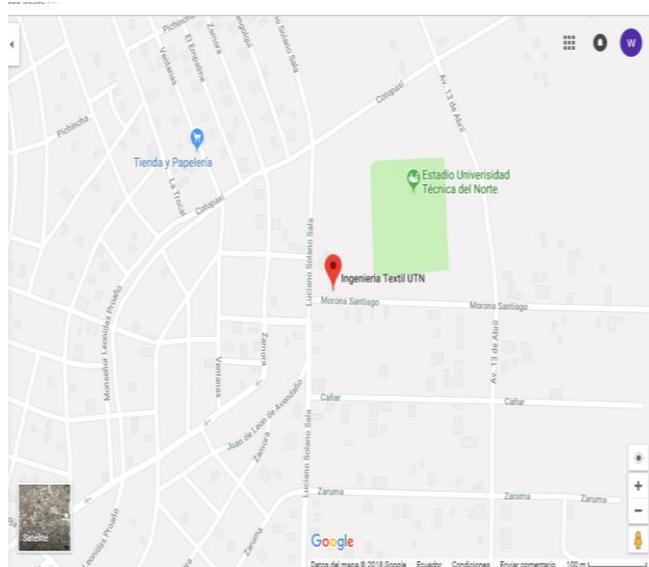


Figura 1. Ubicación geográfica Carrera de ingeniería textil Fuente.
(<https://www.google.com/maps/search/carrera+de+ingenieria+textil+utn/@0.3779989,-78.125554,17z/data=!3m1!4b1>)

Capítulo 2

2. Arcillas

2.1. Generalidades.

2.1.1. *Origen de la arcilla.*

Factores climáticos, geológicos, biológicos, físicos, químicos entre otros aspectos, han permitido desde tiempos la formación de los diferentes tipos de suelos y con ello, una variada clase de partículas de arcillas productos de la desintegración y/o descomposiciones de aquellas rocas o materiales de origen. “La roca madre, material parental u originario constituye la masa mineral de la que se parte en la formación del suelo y sobre los que actúan los restantes factores formadores a lo largo del tiempo” (Porta, López, & Poch, 2008, pág. 34).

La mayor parte de los materiales arcillosos se encuentran en sedimentos, si bien, normalmente, no se han formado ahí. El origen de los mismos hay que buscarlo en los procesos de meteorización que ocurren en los suelos, donde los minerales constitutivos de la roca original son destruidos por un conjunto de agentes climáticos y biológicos que van a favorecer el fenómeno de hidrólisis de los minerales primarios y la neo formación de otros filosilicatos en equilibrio con las condiciones ambientales. El tipo y cantidad de cada uno de los minerales neo formados depende de la naturaleza de la roca madre y de las condiciones climáticas del lugar. (Dixon & Weed, 1977, citando en Linares, Huertas, & Capel, s.f,pag.480)

En cualquier caso, el resultado de la arcilla se lo puede citar también a partir de rocas graníticas, feldespáticas y pegmatitas, las cuales durante millones de años han estado sometidos a la acción mecánica del agua, el viento, los glaciares y los movimientos

tectónicos, en colaboración química del H₂O, el CO₂, los ácidos húmicos y en menor frecuencia gases de Azufre y Flúor ayudados por las elevadas temperaturas. (Ros i , 2005, pág. 20)

Es decir, en términos más específicos según afirma Porta et al. (2008) “No toda la fracción arcilla esta compuesta por minerales de arcilla, ya que otros compuestos tales como óxidos, hidróxidos, carboantos o compuestos coloidales pueden formar parte de aquella fracción”(pag.163).

2.1.1.1. Vías de formación de las arcillas.

Tabla 1. Vías de formación de arcilla.

Tipos de vías de formación	Forma de origen	Ambiente de origen
Arcillas heredadas	Proviene directamente de los filosilicatos que han sufrido leves transformaciones limitadas a la pérdida de elementos más frágiles.	Se originan en climas templados y medio poco ácido. Eje: La ilinita
Arcillas de transformación (Degradación)	Transformación más o menos profunda que provoca una disminución del grado de cristalinidad y pérdida de algunos de los constituyentes.	Característicos de ciertos medios muy húmedos, ácidos, ricos en compuestos orgánicos solubles. Eje: Vermiculitas
Arcillas de transformación (Degradación)	Proceso mediante el cual se adicionan elementos a la red cristalizada, constituyendo así una nueva estructura cristalina.	Característico en medios ácidos. Eje: La Clorita
Arcillas de transformación (Sustitución)	Se produce sin que exista modificación del grado de cristalinidad.	Eje: La Ilinita en Montmorillonita
Arcillas de Neo formación	Proviene de la reorganización en red cristalina de los constituyentes de ciertos minerales originales.	Característica de climas cálidos y húmedos. Eje: La Caolinita

Formación de Arcillas. Datos obtenidos en Fuente: (Conti & Giuffré, 2014)

2.1.2. *Definición.*

Las arcillas, son materiales sedimentarios donde cada una difiere una de otra ya por su naturaleza, propiedad o característica a consecuencia de la forma como se originan. BARAHONA (1974.) (como se citó en Linares et al.,s.f) menciona que:

Las arcillas son materiales naturales muy repartidos en la superficie de la corteza terrestre, (...). Tienen una variada granulometría debido a lo cual, en Edafología y Sedimentología, se habla de "fracción arcilla" o "fracción fina" de un suelo o sedimento. Normalmente se entiende que esta fracción es el conjunto de partículas minerales que tienen un diámetro esférico equivalente o inferior a 2 micras. En otras ocasiones se habla de "minerales de la arcilla" o, mejor aún, "filosilicatos de la arcilla". Esta acepción indica que dentro de la fracción fina de suelos y sedimentos existen una serie de minerales cristalinos con estructura laminar (filosilicatos) y que, normalmente, es la parte mayoritaria de dicha fracción. (pág. 479)

“En esencia la arcilla es un producto natural, no tratado, formada a partir de una mezcla de minerales arcillosos, como la caolinita, la clorita, la Illita, etc., con otros que no lo son, como la sílice, carbonatos, los feldespatos, los óxidos, etc.” (Ros i , 2005, pág. 22).

2.1.3. *Yacimientos de las arcillas sedimentarias.*

Existen en el suelo, arcillas residuales o “primarias” y sedimentarias o “secundarias, este último, difiere del primero por el lugar en que se los puede encontrar. Por tanto, si se los encuentra en el mismo lugar de desintegración se los denominará residuales, por el contrario, si son arrastradas o trasportadas del lugar de origen a otro, por un medio de transporte como arroyos, ríos, glaciares, serán denominados sedimentarias. (Rhodes, 1990)

Es decir que, estos últimos serán depositados en otros lugares una y o través cambiando constantemente su composición y propiedades hasta que los mismos sean encontrados y excavados para algún fin industrial como la cerámica o la alfarería. “Por ser el agua el principal vehículo (...) el yacimiento de la arcilla sedimentaria se encuentra generalmente en orillas de afluentes y lechos de lagos, estuarios o mares, (...) donde decrece la velocidad de las aguas que arrastran el material” (Hamilton, 1985, pág. 22). Según: Woody (1986)

La arcilla esta comúnmente cubierta por encima con cieno y tierra vegetal que la oculta. Esto es especialmente cierto en zonas de gran pluviosidad donde el terreno este, normalmente, totalmente cubierta de vegetación de una u otra clase. En regiones secas de la tierra puede encontrarse en la superficie. El lugar más adecuado para buscar es corrientemente algún punto en que la tierra se haya cortado a través, mostrando alguno de los estratos inferiores. A lo largo de arroyos y ríos o donde la explanación de carreteras y ferrocarriles ha cortado la tierra hacia abajo (...). La arcilla puede recocerse por su superficie irregular y bastante migajosa producida por la lluvia en sus caras expuestas. Los afloramientos de roca tienden a mantener su forma, mientras que la arcilla es desintegrada y lavada por el agua muy rápidamente. Si sospecha que es un afloramiento de arcilla, una inspección más detenida y unas pocas pruebas de campo sencillas determinarán rápidamente si lo es o no. Si se mezcla una pequeña muestra con u poco de agua y produce una masa plástica pegajosa, es indudablemente arcilla. Si por el contrario la mezcla resultante permanece arenosa y no es plástica, el material puede ser barro arenoso o alguna mezcla de arena y arcilla en la que predomina la primera. (pág. 70)

2.1.4. *Importancia de la arcilla.*

La existencia de este material natural ha sido fundamental en el desarrollo y evolución de la tecnología y estilo de vida, el mismo ha permitido al hombre incursionar en diversos campos

de la industria; es el caso de la industria Textil en cual, mediante la investigación, pretende el uso de la arcilla para mejorar las características del sustrato textil, claro está que el resultado dependerá del tipo de arcilla que ha de aplicarse. “La arcilla puede tener diversas acepciones dependiendo de que su uso sea común o especializado” (Linares, Huertas, & Capel, s.f, pág. 479).

De hecho, son estos factores los cuales contribuyen a la formación diferentes materiales arcillosos cuyas características únicas han permitido su uso y aplicación en los diversos campos de la industria, no solo la alfarería si no también muchos otros campos tecnológicos; por ejemplo, pensar en la innovación de una prenda cuya propiedad permita soportar grandes temperaturas.

2.2. Composición química.

La composición química de una arcilla ha de buscarse en principio en el origen del suelo, los mismos que provienen de aquellas rocas o materiales ígneas presentes en la corteza terrestre. Rhodes (1990) menciona que. “La composición promedio de todas las rocas ígneas de la tierra, hasta una profundidad de unos 15 kilometros, es aproximadamente la siguiente” (pag.16).

Tabla 2. Composición promedio de la corteza Terrestre.

Composición	% Aproximado
SiO ₂	59,14
Al ₂ O ₃	15,34
F ₂ O ₃ +FeO	6,88
CaO	5,08
Na ₂ O	3,84
MgO	3,49
K ₂ O	3,13
H ₂ O	1,15
TiO ₂	1,05
	99,10
Todos los demás	0,90

Se puede ver como de entre todos los óxidos componentes de la superficie terrestre, los que predominan son la sílice y alúmina, los mismos forma alrededor del 75% de la costra terrestre y como punto importante estos óxidos son los elementos esenciales de la arcilla. Fuente: (Rhodes, 1990)

“Como podría esperarse de la gran preponderancia de ciertos óxidos en la masa fundida, la composición de los minerales de la costra terrestre es bastante sencilla. La lista siguiente da el porcentaje aproximado de los distintos minerales que forman la corteza terrestre” (Rhodes, 1990, pág. 16)

Tabla 3. Minerales de la corteza Terrestre.

Minerales de la corteza Terrestre.	Porcentaje
Feldespatos	59,5
Grupo Ferromagneisa	16,8
Cuarzo	12,0
Biotita	3,8
Minerales de titanio	1,5
Todos los demás	6,4

Es notable que, solo cinco minerales dan cuenta de más del 90% del volumen de la costra terrestre, de entre ellos el feldespato que es el mineral más corriente y es la descomposición de este mineral la responsable fundamental de arcilla. Fuente: (Rhodes, 1990)

Se dice que la arcilla, “químicamente es un aluminosilicato hidratado por su composición principal de silicio y aluminio así como agua combinada químicamente, sin embargo ninguna es pura en su combinación química” (Woody, 1986, pág. 5).

Está claro que en primera instancia tanto la composición química, como propiedades de la arcilla dependerán de la naturaleza de la roca parental, que consecuentemente irán cambiando a partir de diversos factores formadores, reaccionando o no con otros elementos del suelo, hecho por el cual existen una diversidad de arcillas con diferente composición química, propiedad, características e impurezas, todas ellas adquiridas en el proceso de formación. Rhodes (1990) afirma que. “La composición química corriente de la arcilla es similar a la composición promedio de la superficie de la tierra”(pag.18).

Con el fin de dar a conocer, se cita en la tabla 4 la composición química de la arcilla roja; como puede nortase, los porcentajes de los elementos moleculares de la arcilla roja son muy simillres a la composición de la tierra.

Tabla 4. Composición química de la arcilla roja.

Tierra como un todo		Arcilla roja común	
Composición	% aproximado	Composición	% aproximado
SiO ₂	59,14	SiO ₂	57,02
Al ₂ O ₃	15,34	Al ₂ O ₃	19,15
F ₂ O ₃	6,88	F ₂ O ₃	6,70
CaO	5,08	CaO	4,26
Na ₂ O	3,84	Na ₂ O	2,38
MgO	3,49	MgO	3,08
K ₂ O	3,13	K ₂ O	2,03
H ₂ O	1,15	H ₂ O	3,45
TiO ₂	1,05	TiO ₂	0,91

Nótese los contenidos de silicio y aluminio son muy similares y que la cantidad de hierro está presente en casi idénticas cantidades. Las arcillas, de composición más pura, se inclinará a mantener menor hierro y relativamente más aluminio. Fuente: (Rhodes, 1990)

2.3. Propiedades de las arcillas.

Existe un determinado número de propiedades presentes en los diferentes tipos de arcillas, pues los mismos han de cambiar según su composición química, mineralogía y obviamente debido a propiedades físicas; por ejemplo, el tamaño de partículas, porosidad, capacidad de absorción de agua, entre otros. Barreira (1978) afirma que. “La fracción de suelo que las agrupa está constituida por una mezcla de arcillas con predominio de alguna de ellas, que es la que impone sus propiedades” (pág. 23). Las misma que a continuación se han de citar en la tabla 5.

Tabla 5. Propiedades de la arcilla.

Propiedad	Descripción
Plasticidad	Capacidad de las arcillas de absorber agua y dejarse moldear conservando la forma impresa de forma indefinida; varía según el: <ul style="list-style-type: none"> • Grado de hidratación. • Tamaño de partícula. • Clase de cationes presentes que predominan, las arcillas silicatadas hacen más plásticos a los suelos de regiones húmedas. • Capacidad de cambio.
Cohesión	Atracción que experimentan las partículas de arcillas entre sí, la cual aumenta a medida que disminuye el grado de hidratación del coloide.
Encogimiento	Propiedad estrechamente relacionada con la propiedad hidrante de la arcilla y el tamaño de partícula; por tanto cuanto más plástica sea material o cuanto más fina sean las partículas de la arcilla mayor capacidad de encogerse tendrá.
Adhesividad	Capacidad del material para adherirse a otras superficies que entran en contacto, en estado muy húmedo.
Porosidad	Se consideran espacios vacíos encontrados en la arcillas los mismos depende del tamaño de partícula cuanto más grandes mayor porosidad y menor capacidad hídrica.

Fuente. Tomado de: (Ros i , 2005, Barreira, 1978, Chavarria, 2009)

2.4. Clasificación de las arcillas.

Si se analiza el origen de una arcilla, podemos llegar a la conclusión de que puede existir una variedad de ellas. Según Ros i (2005) menciona que. “Resulta complicado hacer una clasificación correcta de las arcillas, ya que la naturaleza de las mismas varía enormemente en cuanto a su composición y propiedades” (pág. 22). Para conocimiento general, en este caso se mostrará una clasificación general y otra subclasificación según sus características y uso.

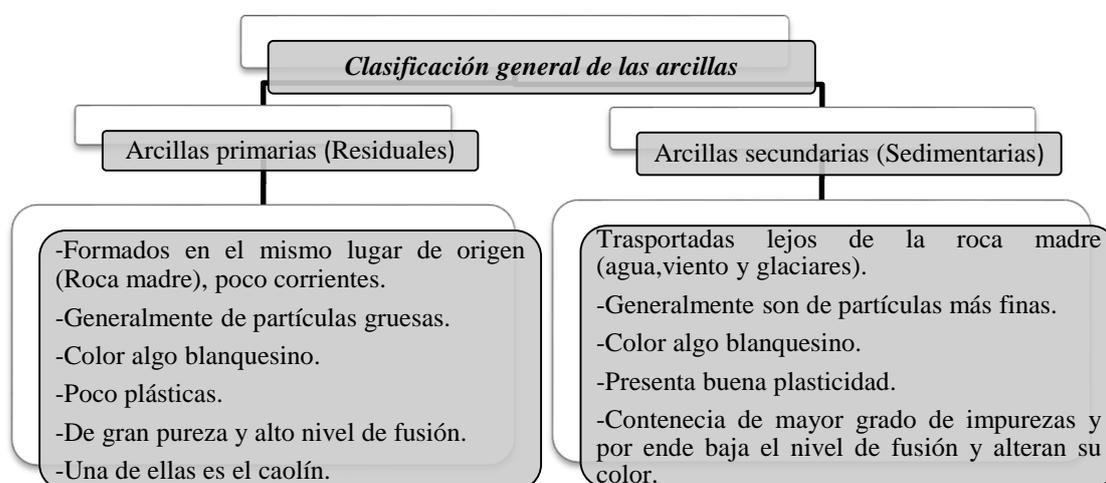


Figura 2. Clasificación de las arcillas. Fuente: (Chavarria, 2009)

Tabla 6. Tipos de arcillas según sus características y uso.

Nombre común	Características
Arcilla Roja	<ul style="list-style-type: none"> • Sus características varían dependiendo del lugar y el yacimiento por lo general se preparan mediante envejecimiento al aire libre o molturación, <ul style="list-style-type: none"> ➢ Son de calidad muy fina, ➢ En estado natural presenta un color pardo gris (elevado contenido de hierro), ➢ Post procesos de cocción presentan un color rojo o blanco rojizo, ➢ Elevada plasticidad y demasiada pegajosa, ➢ Resisten temperaturas de hasta 1100° C, pero funden a mayor T°.
Arcillas refractarias	<ul style="list-style-type: none"> • Compuestos por varias clases de arcillas, <ul style="list-style-type: none"> ➢ Tienen una elevada proporción de minerales de arcilla y aluminio-silicatos generalmente (la caolinita y el aluminio), ➢ Las propiedades varían mucho de acuerdo a su composición y también el color, ➢ Resistentes a altas temperaturas y puntos de fusión muy altos (1600-1750), ➢ Son bastante puras y prácticamente exentas de hierro, ➢ Presenta buena y elevada plasticidad.
Arcilla blanca	<ul style="list-style-type: none"> • Se extraen de pequeños yacimientos dispersos por el mundo, difíciles de localizar, <ul style="list-style-type: none"> ➢ Bajo contenido de óxido de hierro, ➢ Amplias posibilidades de uso (vajillas, esculturas, baldosas), ➢ Presentan una pasta porosa y muy plástica, ➢ Color grisáceo en húmedo y blanca luego de la cocción.

Arcilla de gres	<ul style="list-style-type: none"> • Son refractarias y plásticas, <ul style="list-style-type: none"> ➤ Vitrifican alrededor de los 1250 °C-1300 ° C, ➤ El color luego de la cocción varía desde un gris muy claro al oscuro y gamuza pardo, ➤ Composiciones promedio puede ser (caolines 40%, feldespatos 30% y cuarzo 30%).
Arcillas de bola	<ul style="list-style-type: none"> • Son de carácter sedimentario, muy plásticas, <ul style="list-style-type: none"> ➤ Gran plasticidad, ➤ Vitrifican sobre los 1300 ° C, ➤ Se usan para mejorar la plasticidad de otras arcillas.
Caolín o arcilla china	<ul style="list-style-type: none"> • Son de carácter primario, <ul style="list-style-type: none"> ➤ Usados como componentes principales de pastas de porcelana, ➤ Su color es blanco en seco y luego de la cocción, ➤ Funde sobre los 1800 ° C, ➤ Poco plástico.
Bentonita	<ul style="list-style-type: none"> • Arcilla de origen volcánico muy plástica, <ul style="list-style-type: none"> ➤ Elevados porcentajes de silicio y aluminio, ➤ Tacto graso, ➤ En contacto con el agua elevan su volumen entre 10 y 15 veces, ➤ Se usan para mejorar la plasticidad de otras arcillas, ➤ Funden entre los 1200 ° C.

Véase los tipos de arcilla y algunas de sus características. Fuente: (Chavarria, 2009)

2.5. La arcilla como retardante del fuego.

2.5.1. *El retardante de fuego.*

El término retardante del fuego, hace referencia a un determinado material, que de cierta manera al aplicarlo en determinado textil aporta al incremento de resistencia a la acción del fuego; al contrario de aquellos materiales naturales y sintéticos que, sin un previo tratamiento, su mala resistencia al fuego es una desventaja frente a dicho peligro. Beltrán (2012) afirma que. “Un FRs (Fire retardant) efectivo, debe interferir e interactuar con la degradación del polímero a la temperatura de degradación de éste. Siendo (...) para la mayoría de los polímeros entre 200 °C y 400 °C” (pág. 14). Mientras que para materiales celulósicos esta entre 200 °C - 300 °C (Temperatura de inflamación y apareamiento de llamas). Claro, todo depende de la composición química y compactación del sustrato (Azcúenaga, 2006). Además de eso, un retardante del fuego deberá cumplir condiciones; características ignífugas que sean ventajosas para su continua aplicación y uso. Según (Huerta, 2013) menciona que:

- No deben ser tóxicos para los humanos ni para el ambiente.

- No debe liberar otros gases tóxicos, corrosivos o humo durante un incendio.
- Los retardantes de flama deben ser respetuosos del medio ambiente, es decir, neutral o biodegradables.

2.5.2. Indicios del uso de la arcilla como retardante del fuego.

Habiéndose analizado algunos datos importantes de la arcilla como el origen, propiedades, composición química, entre otros, donde la mayor parte de ella es un material inorgánico de silicio, aluminio y óxidos de los cuales están formados los materiales ígneos y posteriormente la arcilla, es factible el uso del mismo; como material para ignifugar un textil, en este caso la realización de un acabado textil.

Como antecedente, es esencial mencionar datos encontrados que muestran el uso de la arcilla como un ignifugante o a modo de experimento que tal si en vez de un equipo extintor usamos tierra para extinguir el fuego, dicho resultado, será positivo por la composición inorgánica misma del suelo que similarmente tienen las arcillas, según datos mencionados en el apartado 2.2.

Según Pérez (2008). “El hombre ha demostrado desde la antigüedad interés por disminuir la inflamabilidad de los materiales. Ya los romanos usaban arcilla y vinagre para incombustionalizar la madera. En el siglo XVII se usaba yeso y arcilla para ignifugar textiles” (pág. 4). Dato clave que aporato a un estudio más profundo de la arcilla y consecuentemente la obtención de nuevas informaciones, por ejemplo, la propiedad de la arcilla como un retardante de fuego. Como afirma Romero (2012). “Un sistema de dos sólidos, ambos con propiedades retardantes del fuego, por ejemplo, la arcilla montmorillonita (MMT) + sólido intumescente” (pág. 18).

2.5.3. Tipos de retardantes.

Existen diversos sistemas retardantes del fuego, los mismos han evolucionado de forma

impresionante dado que varios estudios hoy en la actualidad, han permitido la fabricación de materiales con propiedades intrínsecamente ignífugas, es decir. “No dependen en ningún caso de un acabado (...), por lo que sus propiedades son inherentes” (Texfire, 2018). Pero, sin embargo, no quita la aplicación de dichos materiales en aquellos tejidos convencionales. A continuación, se menciona una propuesta de clasificación de los retardantes de fuego existentes:

Tabla 7. Clasificación general tipos de retardante al fuego según su mecanismo ignífugante.

Retardantes	Descripción
Inhibidores de llama	Compuestos halogenados que tienen la capacidad de limitar o extinguir la llama cercana a la fuente. Presentan notable eficiencia, pero producen gran cantidad de gases irritantes y humos tóxicos. (Cloro, Bromo).
absorbentes de calor	Compuestos que absorben el calor y se descomponen endotérmicamente previniendo que el material cercano se caliente, reduciendo al mínimo su combustión. (Hidróxidos Metálicos (Mg, Al), Hidrocarbonatos).
Intumescentes	En condiciones de fuego, producen una espuma aislante o capa carbonosa que protege al sustrato. (compuestos de nitrógeno) amigables con el ambiente, no producen gases corrosivos ni tóxicos. Existen otros como el grafito, poli fosfatos de amonio etc.
Basados en Silicio	Proveen una alta estabilidad térmica y alta resistencia al calor y durante la descomposición térmica se libera una cantidad limitada de gases tóxicos.
Boratos	Aditivos inorgánicos con propiedades de retardante a la flama, la presencia de oxígeno y ácido bórico causa deshidratación, permitiendo así la formación de una capa carbonosa. boratos de zinc, meta borato de bario y fluoruro de antimonio.
Nano compuestos	La influencia de distintos nanorefuerzos como nanoarcillas, nanopartículas de sílice, nanofibras y nanotubos de carbono, en el comportamiento al fuego de materiales plásticos, está siendo muy estudiada tanto de forma aislada como en combinación con otros ignífugantes.
Sistemas sinérgicos	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos no retardantes del fuego por sí mismos, que al adicionarlos pueden mejorar el comportamiento frente al fuego. Ejemplo: (óxido de antimonio añadido a retardantes halogenados). • Sistemas de dos sólidos, ambos con propiedades retardantes del fuego. Ejemplo: (arcilla montmorillonita + sólido intumescente).

Véase una clasificación general de algunos tipos existentes de retardantes al fuego, sin embargo, no son de carácter inherente ya que siempre existirá nuevos avances. Fuente. Obtenido de: (Sittisar & Farid, 2011 (citado en Romero, 2012); Beltrán, 2012; Huerta, 2013)

Capítulo 3

3. Acabados textiles

3.1. Definición.

Se define un acabado textil al método, proceso o técnica con el cual se puede modificar, mejorar algunas características de los sustratos textiles, e incluso añadir alguna de ellas, con el fin lograr un textil donde cuyas características solucionen de alguna manera problemas pequeños o grandes que el individuo tiene que presenciar ya por el uso del mismo. Según Puente (2017): “El acabado textil en su amplio sentido, abarca todos aquellos procesos realizadas a las telas luego del tejido, siendo esta, la última fase donde se ha de producir embellecimiento y utilidad final de las telas. Conformando procesos físicos y químicos”.

3.2. Factores que depende el acado textil.

Está claro de la importancia que tienen las propiedades de cada uno de los materiales antes de someterlos a un proceso, según sea este, un método físico o químico; de hecho, no está por más citar, algunos de ellos de gran relevancia en el proceso de acabado textil por los efectos mismos que estos podrían causar si no los tomáramos en cuenta. Según afirma Puente (2017).

Los factores que depende el acabado textil son:

- La naturaleza de la fibra y su disposición en el hilo y el tejido.
- Las propiedades físicas de la fibra principalmente su capacidad de hinchamiento.
- La capacidad absorbente del tejido con respecto a diversas preparaciones de acabado.
- Susceptibilidad del material a modificaciones químicas.
- El destino final del tejido y satisfacción al cliente.

3.3. Clasificación de los acabados textiles.

Para determinar la eficacia de funcionalidad de un textil, es importante describir los diferentes procesos para realizar un acabado y por su puesto el resultado como tal; entre ellas tenemos aquellos procedimientos físicos que a partir de factores como calor, presión y elementos móviles de maquinaria pueden lograr en el textil características especiales como suavidad o brillo; mientras que, por el contrario un procedimiento químico mediante el uso de equipos especializados y productos químicos, pueden lograr de la misma manera una amplia variedad de propiedades en el textil que van en demanda de acuerdo a las necesidades humanas.

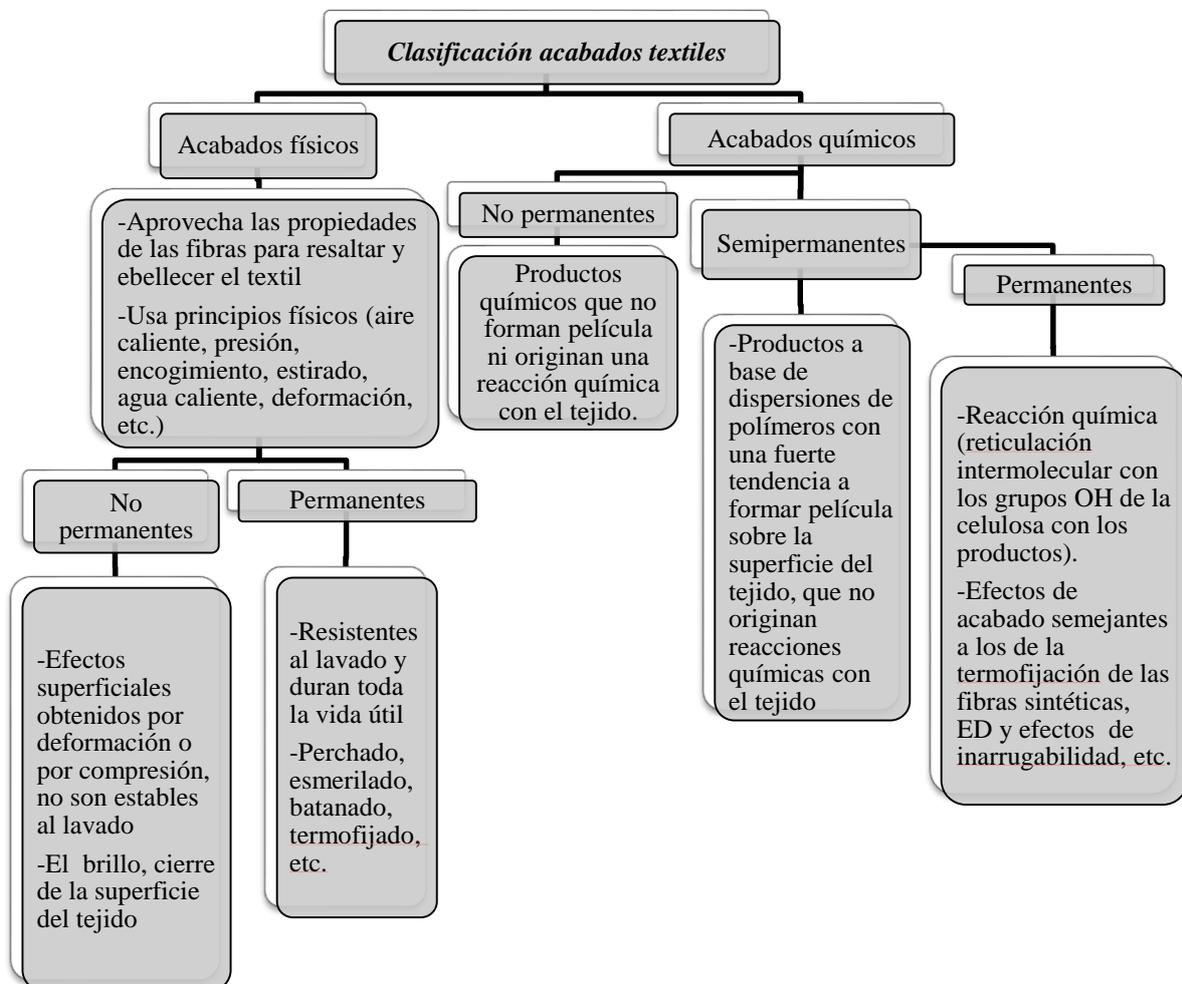


Figura 3. Clasificación de los acabados textiles.

3.4. Métodos del acabado textil.

Dependiendo de la naturaleza del sustrato, la utilidad final, existencia de equipos y maquinaria, así como de materia prima necesaria, condiciones medioambientales entre otros aspectos será el tipo de método de acabado textil; entre ellas se mencionan algunas.

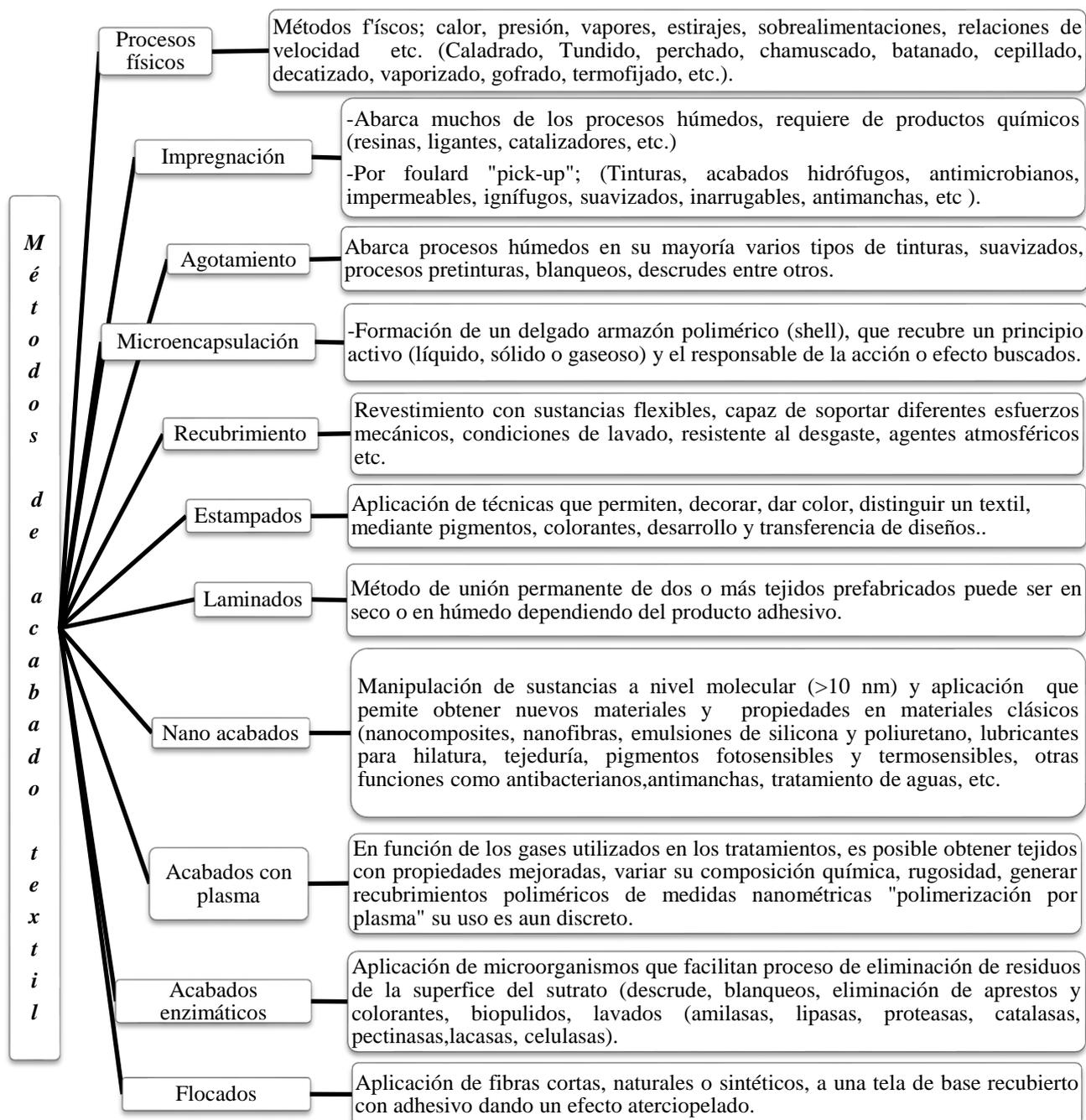


Figura 4. Métodos de los acabados textiles. Fuente tomada de: (Lockuán, 2012, Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, 2014, Patel & Bharambhatt, S.f)

3.5. Propiedades obtenidas.

Dentro de los últimos tiempos se ha visto en el mercado, una gran cantidad de sustratos textiles cuyas nuevas propiedades o característica, han permitido por su parte, solucionar grandes problemáticas existentes del diario vivir de las personas, por su puesto los textiles han pasado de ser simples indumentarias de vestimenta a productos revolucionarios que brinden importantes funcionalidades. Según Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica (Cotec, 2014) menciona que. “Las mejoras de las propiedades de determinadas (...) textiles (...) amplían perceptiblemente las funciones del producto” (pág. 109).

Tabla 8. Algunas propiedades obtenidas partir de los acabados textiles.

Propiedades	Características
Inarrugable	Aplicación de resinas termo endurecibles con tratamiento térmico posterior.
Inencogible	Disminuye y anula la capacidad de hinchamiento de la fibra.
Wash and wear	Lavado doméstico una vez seca, queda lista para usarse sin necesidad de planchado.
Antiséptico	Destruyen o inhiben acciones perjudiciales de ciertos microorganismos o insectos.
Ignífugos	Con la aplicación de un apresto ignífugo, las fibras inflamables lo serán en un grado mucho menor.
Impermeable	El acabado impermeable en un tejido no permite el paso del agua ni del aire.
Anti manchas:	Este tratamiento difícilmente retiene las manchas y la suciedad, facilitando así su limpieza.
Antimicrobiano	Principios activos que limitan el crecimiento de la población de microorganismos.
Anti rayos UV	Agentes que absorberán la radiación UV, evitando que la mayoría de los rayos no alcancen la dermis.
Higroscópicos	Aumentan la esponjosidad de toallas y felpas mejorando su hidrofiliidad, esto hace que mejore la mano.
Liberación de aromas	Micro encapsulación de aromas.
Térmicos	Métodos de encapsulado u otros, actúan regulando la temperatura del cuerpo.

Las propiedades descritas en la tabla 8 son algunas de las cuales podemos encontrar dependiendo del método de acabado, sin embargo, existen muchos otros más, todo depende del uso final del textil. Fuente. Datos obtenidos de: (Patel & Bharambhatt, S.f, Lockuán, 2012, Dabedan, 2016, Scribd, 2010)

3.6. El acabado Ignífugo.

Un textil con dicha propiedad ignífuga, independientemente del tipo de producto ignífugante, es aquel que tiene la capacidad de resistir o en cualquier caso retardar la acción del fuego. Pérez (2008) afirma que. “Actualmente mediante tratamientos químicos adecuados, se puede modificar el comportamiento a la llama y al calor de las fibras convencionales” (pág. 4). Y de cierta manera, llegando a ser productos de gran valor en el mercado cuya aplicación es muy diversa. “En la actualidad, resulta clave la elección de (...) tipos de tejidos ignífugos para la seguridad de espacios, tanto a nivel decorativo, como funcional (...) espacios de uso común y colectivo” (Manatex, s.f).

3.6.1. Factores que influyen en la inflamabilidad de los tejidos.

“Inflamabilidad se refiere a la facilidad de ignición y la velocidad de combustión de los tejidos. (...) constituye un peligro en condiciones ordinarias de uso” (Lockuán, 2012, pág. 47). Scribd (2010) menciona algunos factores que influyen en la inflamabilidad de los tejidos:

- A más alto punto de ignición, menor facilidad de combustión.
- Cuanto más irregular sea una fibra, mayor tendencia a la combustión.
- A mayor tupidez o torsión del hilo, mayor dificultad de lograr la combustión.
- El grado de combustión puede variar dependiendo de los productos químicos que se hayan añadido al tejido.

3.6.2. Mecanismos generales de acción ignífuga.

Pey, Monllor, Rodríguez, & Canal (2004) afirman que “para conseguir un efecto de retardo de la acción de la llama en las fibras, el ciclo de combustión debe interrumpirse en una o más de sus 3 etapas” (Pérez , 2008, pág. 4).

3.6.2.1. *Etapa 1 (pirólisis): Absorción de calor por la fibra, tras la aplicación de una fuente de calor (fase sólida).*

3.6.2.2. *Etapa 2 (combustión): Reacción exotérmica en fase gaseosa, por la oxidación de los compuestos volátiles de la fibra recalentada en medio oxidante (oxígeno atmosférico).*

3.6.2.3. *Etapa 3 (propagación): Es la continuación de las fases anteriores, que hace que el ciclo continúe hasta que se consuma la fibra o el oxígeno se agote.*

Por lo tanto, los mecanismos para producir la acción ignífuga son los siguientes (Pérez , 2008, pág. 4).

- Eliminación del calor o enfriamiento.
- Disminución de la temperatura de pirólisis.
- Por materias que por descomposición térmica den gases incombustibles que diluyan la concentración de oxígeno.
- Mediante la fusión por la acción del calor de sales metálicas que recubren el material de una masa impermeable al aire y que se opone a la penetración del oxígeno, a la vez que absorbe energía radiante.
- En muchos casos, los productos utilizados no funcionan desde un único tipo de mecanismo, sino desde la unión de varios.

3.6.3. **Métodos de acabados ignífugos.**

El acabado como tal en este caso ignífugo, ha de realizarse de varias maneras a continuación en el contenido de la tabla, se mencionará los diferentes métodos para este tipo de acabado final en un sustrato textil.

Tabla 9. Métodos de procesos para realizar un acabado ignífugo.

Método de acabado	Descripción
Inmersión	Pasar un tejido o no tejido a través de un baño ignífugante, lo que le confiere las propiedades ignífugas.
Por fibras o hilados FR	Uso de fibras cuyos monómeros se les ha aditivado, formando parte de la cadena de formación de dicho monómero sustancias tales como cloro o bromo, consiguiendo un efecto ignífugo permanente.
Por recubrimiento	Adhesión de una lámina ignífuga a un soporte tejido o no tejido que le proporciona unas características ignífugante. El único inconveniente es que, por lo general, suele ser bastante rígida.
Por espumación o backing fluido aplicado	Aplicación por medio de rasqueta o cilindro de un producto ignífugante, que forma una barrera ignífuga. Suele ser menos rígido que la laminación, por lo tanto más empleado, sobre todo en tapicerías.

Véase, métodos por el que se puede obtener un textil ignífugo. Fuente: (Manatex, s.f)

3.6.4. *Tipos de materiales de protección contra el fuego.*

Es notable que, con el avance tecnológico, también se ha producido grandes avances textiles; así por ejemplo tejidos cuya propiedad de auto extinguir el fuego representa una gran solución cuando de cuidar la integridad y seguridad del ser humano se trata. “Las telas que se extinguen automáticamente después de eliminar la fuente de ignición, pueden reducir notablemente el porcentaje de quemaduras (...) y aumentar la posibilidad de supervivencia” (MPSECOES, 2014).

Así mismo, es necesario mencionar algunos tipos de sustratos textiles existentes en el mercado; los hay de diferente material, desde aquellos realizados a partir de sustratos textiles naturales como el algodón, hasta aquellos realizadas artificialmente a partir de procesos fisicoquímicos que logran textiles con propiedades ignífugas, capaces de resistir altas temperaturas como también al uso y lavado.

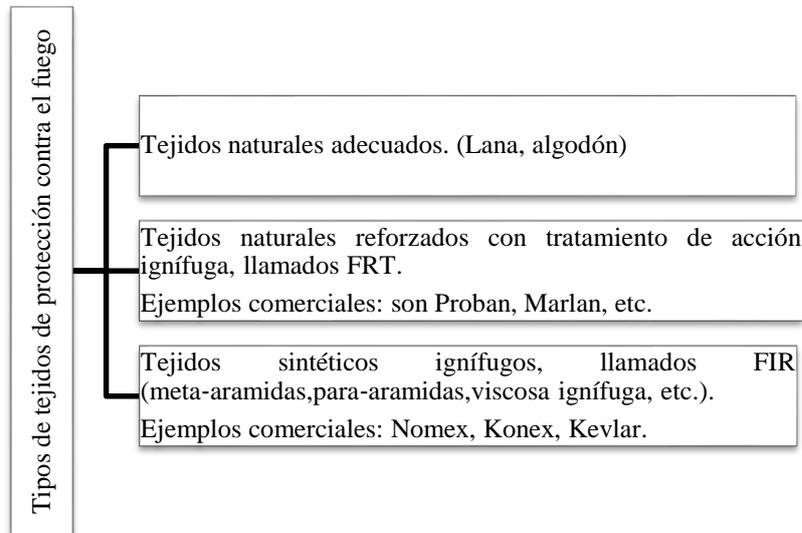


Figura 5. Tejidos de protección contra el fuego. Fuente. Obtenido de: (DIPRESID, 2008)

3.6.5. *Ventajas de los tejidos ignífugos.*

Las ventajas de un textil con cuya capacidad, es grande con solo el hecho de tener la capacidad de proteger al ser humano; sin dejar de lado que, de la misma manera también aportan al cuidado del ecosistema. Bas 3 Tapicerías (Bas3, 2012) afirman que:

Este tipo de textiles juegan un papel muy importante, cuyas grandes exigencias del consumidor, no solo deriva en su diseño y confort sino también en una de sus principales ventajas que es la seguridad; además de otras según se describen a continuación.

- Evita la propagación de las llamas y contribuye a prevenir incendios.
- En el caso de textiles con propiedades ignífugas permanentes, no se ven alteradas por el uso, lavado continuo, o paso del tiempo.
- En caso de incendio no producen llama y el desprendimiento de gases nocivos es mínimo.
- Aptos para lavadora o limpieza en seco y admiten el uso de desinfectantes, detergentes y quitamanchas convencionales manteniendo su forma.

- Características eficientes, un lavado que requiere menos agua, menos detergente y apenas se arrugan, ayudando a ahorrar energía, cuidado del medioambiente y dinero dependiendo del textil.
- Inofensivos para la piel.
- Variedad de aplicaciones

3.6.6. *Campos de aplicación.*

Haciendo hincapié en una de sus ventajas, su aplicación es muy diversa desde aplicaciones decorativas hasta prendas de protección. Bas3 (2012) menciona alguna de ellas:

- Cortinas
- Visillos
- Ropa de cama
- Ropas de protección individual en diversos campos industriales y petroleras
- Estores
- Toldos
- Separadores de espacios
- Tejidos de tapicería
- Mantelerías
- alfombras
- Revestimientos de paredes, autos etc.

Capítulo 4

4. Generalidades del fuego

4.1. Que es el fuego.

Desde su existencia, estudios realizados acerca del fuego, han permitido determinar el comportamiento de dicho fenómeno químico, así como los factores necesarios para que ocurra, como también la forma de contrarrestarlos cuando de algún modo represente un tipo de peligro. “El fuego constituye una de las fuerzas con mayor poder destructivo (...) a la vez es la causa del desarrollo de las sociedades modernas” (Buezas, 2010, pág. 2).”Algunos consideran el fuego como la reacción química de oxidación violenta de una materia combustible, con desprendimiento de luz, llamas, calor, vapor de agua y dióxido de carbono” (Trujillo, 2012, pág. 175). “Otras definiciones identifican el fuego como la manifestación visual de una combustión (...). Reacción química de oxidación rápida producida por la evolución de la energía en forma de luz y calor” (Gómez & Jiménez, 2012, pág. 25).

En fin, para que todo este proceso se inicie necesitamos de tres elementos básicos: combustible, comburente y una temperatura de ignición que variará en función del combustible a inflamar. La combustión tiene en realidad estado gaseoso, dicho de otra manera, lo que se inflama no es el combustible exactamente sino los gases producidos al calentar la materia (...). Desde su mismo comienzo, la llama está rodeada por gases no inflamables, por esa razón el fuego tiende a ser vertical, de esa manera la reacción se ve alimentada por nuevo oxígeno pudiendo prolongarse en el tiempo de forma activa. En resumen, el principio de Lavoisier era correcto, sin el oxígeno no existe la combustión en estado primario. (Fernández, 2010, pág. 26)

En cualquier caso, es necesario conocer la forma de comportamiento del fuego, para de esa manera buscar un método para contrarrestarlo en el caso de que el fuego se salga de control; convirtiéndose de esa manera en los llamados incendios.

4.2. Elementos del fuego.

El fuego ha sido una de las fuentes esenciales para la evolución del hombre, hoy en día el conocimiento del mismo es mucho más profundo y con certeza aquellos que lo han estudiado afirman su existencia a partir de cuatro elementos esenciales que, de no ser así, sería imposible producir o mantenerlo la acción del fuego. Trujillo (2012) Afirma que:

Después de la época de la teoría del triángulo del fuego, y estudiando en forma científica su formación, las reacciones y sus diferentes comportamientos, hoy se dice que para que exista fuego es absolutamente necesario un cuarto elemento que es la ‘Reacción en cadena’, esto originó la teoría de la pirámide o tetraedro del fuego, que tiene los siguientes elementos constitutivos. (Pág. 176)

4.2.1. *Combustible.*

Uno de los principales elementos para que el fuego exista como tal, es la existencia o presencia de un material combustible que sea capaz de mantener la cadena del fuego. Según Serrano, (2014). “Un combustible es cualquier material capaz de arder y puede encontrarse en los tres estados: sólido, líquido o gaseoso” (pág. 20). En nuestro alrededor existen un sinnúmero de materiales que desde tiempos remotos han sido aprovechadas para generar el fuego, sin embargo, la situación actual está demostrando que muchas veces estos pueden representar un peligro, creando situaciones de riesgo para los individuos.

Tabla 10. Tipos de combustibles.

Clases	Ejemplos
Sólido	Implican sólidos inflamables que normalmente forman brasas con presencias de humos blancos, generalmente de naturaleza orgánica, madera, carbón, textiles, papel, cartón, paja, plásticos, caucho otros como el carbón, fósforo, alquitranes etc.
Líquidos o sólidos licuables	Implican líquidos inflamables y combustibles que normalmente presentan humos negros y no dejan brasas, petróleo y sus derivados, alcohol, cetonas y otros como grasas, ceras, pinturas, barnices, etc.
Gases	Implican gases inflamables, como el metano, gas natural, el hidrógeno, el propano o el butano, acetileno, etc.
Metales combustibles	Implican metales combustibles como el sodio, magnesio, potasio o muchos otros cuando estén reducidos a virutas muy finas (como el aluminio). Aluminio en polvo, potasio, sodio, magnesio etc.
Aceites y grasas de cocina	Líquidos no se comportan igual que el resto.

Algo que hay que notar, es que los textiles por el hecho de encontrarse elaborado a partir de materiales orgánicos representan una clase de combustible, lo cual nos lleva a pensar en algún mecanismo para reducir su inflamabilidad. Datos obtenidos de fuente: (Trujillo, 2012, Universidad Autonoma de Madrid, 2014, Serrano, 2014, Artero, s.f)

4.2.2. *Comburente u oxidante.*

“Para que un cuerpo entre en combustión es necesario la presencia de un agente oxidante. El más común, aunque no es el único, es el oxígeno que se encuentra en el aire, normalmente en una proporción del 21%” (Trujillo, 2012, pág. 177).

Es decir que, si tomamos en cuenta la existencia de materiales combustibles o inflamables de diferente naturaleza, podemos determinar distintos valores o cantidades de oxígeno para arder. Denominándose a ello el término, “(LOI) índice de oxígeno límite, cantidad mínima de oxígeno para arder” (Ruíz, 2015, pág. 15).

“Por lo tanto se considera que cualquier material que presente un valor LOI por encima de este, presentará un buen comportamiento al fuego, mientras que los que presenten un LOI inferior a 21% arderán fácilmente en condiciones normales” (Intituto Tecnológico Textil [Aitex], s.f, pág. 18). A continuación, se citan algunos materiales entre ellos textiles en el que se podrá analizar su índice de inflamabilidad según su porcentaje LOI.

Tabla 11. Cantidad mínima de oxígeno para arder (LOI) de fibras textiles.

Fibras textiles	LOI (%)	Otros materiales	LOI (%)
Lana	25	Poli cloruro de vinilo PVC	37-39
Algodón	18,4	Cloruro de polivinilideno (PVDC)	60
Rayón viscoso	18,9	Poli tetrafluoretileno (PTFE)	95
Rayón acetato	18		
Triacetato	18,4		
Clorofibra	48		
Acrílico	18-20		
Modacrílico	29-30		
Poliéster	20-21,5		
Poliamida	20		
Nylon 6	20-21,5		
Nylon 6,6	20-21		
Polipropileno	18,6		
Acrílico oxidado	55		
Nomex	28,5-30		
Kevlar	29		

Es importante saber que las condiciones de combustión son diferentes y puede o no iniciarse un fuego, es decir todo depende de si hay presencia de mucha o poca cantidad de oxígeno en un determinado espacio. Obtenido de fuente: (Lockuán, 2012, Horrocks & Anand, 2000)

4.2.3. *Energía de activación.*

“Es la energía necesaria para iniciar la combustión y puede ser una chispa, una fuente de calor, electricidad, etc.” (Serrano, 2014, pág. 20). Dicho de otra manera, Trujillo (2012) menciona:

La temperatura como una forma de energía (...) cantidad de calor en forma adecuada para producir vapores que puedan arder cuando lleguen a su punto de ignición y dentro de su rango de inflamabilidad. Recordemos que lo que se prende no son los productos como tales, sino los vapores que estos generan en presencia de una temperatura dada y cuando ésta se encuentre por encima del punto de inflamación del material dado. (pág. 177)

4.2.3.1. *Fuentes de calor o temperatura.*

En el apartado 4.2.3 se ha definido a la “energía de activación” como una fuente de energía necesaria para iniciar una combustión, de ellos estos pueden ser de carácter físico o químico.

Según Trujillo (2012) existen:

- Fuentes eléctricas del calor generadas por energía eléctrica y pueden numerarse las siguientes:
 - Calentamiento de resistencia
 - Calentamiento de inducción
 - Calentamiento dieléctrico
 - Arcos o chispas de origen eléctrico
 - Electricidad estática
 - Descargas eléctricas atmosféricas, etc.

- Fuentes mecánicas: Generadas por efectos mecánicos y entre estas las más importantes son:
 - Calor de fricción (cualquier tipo de fricción genera calor)
 - Calor de compresión (es el calor que se desprende cuando un gas es comprimido)
 - -Fuentes de origen térmico
 - Chispas de combustión
 - Superficies calientes
 - Radiación solar
 - Llama, material incandescente. (pág. 184)

- Otras fuentes como de reacción nuclear: Fusión, fisión.

- Acción química: Reacciones exotérmicas. (Serrano, 2014, pág. 23)

4.2.4. *Reacción en cadena.*

En un principio, el estudio del fuego llevo a los investigadores al descubrimiento de tres elementos principales los mismos que ya se han mencionado, lo cual estudios continuos han llevado al descubrimiento de un cuarto elemento para la existencia y continuidad del fuego llamada reacción en cadena. Serrano (2014) afirma que:

Una vez iniciado el fuego, los combustibles van a desprender calor, además de radicales libres e iones. Los radicales que se desprenden vuelven a reaccionar con el oxígeno y en presencia de calor darán lugar a nuevas reacciones de combustión, lo que denominamos reacción en cadena, que hace posible que el fuego se propague y tenga continuidad, originando el llamado tetraedro del fuego. (Pág.)

“De hecho esta reacción en cadena se repite mientras quede oxígeno y combustible, a menos que algo interrumpa este circuito” (García H. , s.f , citado en Huerta, 2013, pág. 8). Algo que también hay que destacar al hablar de estos elementos del fuego es que, “el combustible y el comburente debían estar presentes en unas proporciones definidas, fuera de las cuales el fuego no se producía, existiendo, pues, un límite inferior y otro superior de combustibilidad” (Fundacion Descubre, S.f)

4.3. **Variables fuego.**

“El incendio provocado por cada combustible, se comporta de manera diferente. Los expertos indican (...) tres variables” (Curiosidades del mundo, 2013).

- El tamaño del combustible que afectan el progreso del fuego. Cuanto mayor sea el combustible, mayor es la absorción de calor, es decir, se necesita más energía para aumentar la temperatura del fuego.

- El calor de un combustible depende de la cantidad de energía, que la liberación de gas y la velocidad a la que el combustible se quema.
- La forma del combustible también afecta a la velocidad a la que el fuego se extienda. Materiales más finos se queman más rápidamente que los materiales de mayor tamaño.

4.4. Factores de la producción del fuego.

4.4.1. Factores que influyen en la ignición del fuego.

Existen algunos factores que influyen en la ignición de fuego o dígase iniciar con el proceso del mismo. Es necesario su entendimiento ya que difiere de la inflamabilidad o combustión.

Según (Trujillo, 2012). Define al punto ignición o temperatura de ignición como, “la temperatura necesaria para que un gas o vapor se encienda y la combustión se mantenga” (pág. 181).

Según Ritter (1956). “Es la temperatura mínima a la cual el combustible se inflama e inicia la combustión” (pág. 382).

Por otro lado, García S. (s.f) Afirma. “Que es la temperatura en la cual, sin falta de comburente, se podría mantener la combustión indefinidamente” (pág. 2). Esparza (2014) clasifica a los factores de ignición:

4.4.1.1. Según su temperatura.

Existen en este caso, tres niveles de temperatura o etapas de como inicia y se produce la combustión, mismas que se detallan a continuación.

- *Temperatura o punto de inflamabilidad o vaporización.*

“Es la temperatura mínima a la cual un elemento inflamable o combustible bien sea sólido o líquido, emite vapores que, en una concentración adecuada, pueden con el oxígeno del aire, formar una mezcla inflamable” (Trujillo, 2012, pág. 179). “Mediante una aportación de calor (energía de activación) se produce la ignición” (Azcuénaga, 2006, pág. 31). Pero si se retira generalmente se apaga (Esparza, 2014).

- *Temperatura o punto de incendio o ignición.*

“Es la temperatura necesaria para que un gas o vapor se encienda y la combustión se mantenga. Es importante tener presente que lo que se prende (...) son los vapores que ellos generan ante la reacción a determinadas temperaturas” (Trujillo, 2012). “Que en contacto con una fuente de ignición se inflama y siguen ardiendo, aunque se retire la fuente de ignición. (Esparza, 2014, pág. 15)

- *Punto de auto inflamación.*

“Es la mínima temperatura a la que una sustancia sólida, líquida o gaseosa en contacto con el aire arde espontáneamente” (Azcuénaga, 2006, pág. 31). Es decir que, “en presencia de aire u otro comburente, comienzan a arder sin necesidad de aporte de una fuente de ignición” (Esparza, 2014, pág. 15). “sirviendo la temperatura generada en su propia reacción de oxidación previa como energía de activación” (García S. , s.f, pág. 2).

Tabla 12. Propiedades térmicas que influye en la combustión de los materiales.

Materiales combustibles	Tg (°C) Transición vítrea	Tm (°C) Fusión	Tp (°C) Pirólisis	Tc (°C) Combustión
Algodón	-	-	350 ° C	350° C
Lana	-	-	245 ° C	600 ° C
Sedas				575° C
Viscosa	° C	° C	350° C	420° C
Triacetato	172° C	290° C	305° C	540° C
Nylon 6	50° C	215° C	431° C	450° C
Nylon 6.6	50° C	265° C	403° C	530° C
Poliéster	80-90° C	255° C	420-477° C	480° C
Acrílico	100° C	>320° C	290° C	>250° C
Modacrílico	<80° C	>240° C	273° C	690° C
Nomex	275° C	375° C	310° C	500° C
Kevlar	340° C	560° C	590° C	>550° C
Papeles				230° C
Maderas	-	-	200 ° C	264° C
Cauchos				210 a 470°
Aluminio en polvo				510° C
Petróleo				210° C
Metano				480° C
Propano				450° C
Queroseno				210° C
Gasolina				450° C
Fuel Oil				280 a 450° C
Pinturas				460° C

Véase a modo de ejemplo algunos de los materiales entre ellas textiles, la influencia de algunas temperaturas hasta iniciar su combustión, en el caso de encontrar algunos de los campos vacíos, es conveniente su investigación en las diferentes fuentes. Obtenido de fuente: (Trujillo, 2012, Horrocks & Anand, 2000)

4.4.1.2. *Según su concentración de combustible.*

La concentración, se refiere a límites o rangos en el que el material es combustible o inflamable si fuesen líquidos, pueden realizar el proceso de combustión. Esparza (2014) define: “Límites de inflamabilidad como los límites extremos de concentración de un combustible dentro de un medio oxidante en cuyo seno puede producirse una combustión” (pág. 16).

- *Rango o campo de inflamabilidad.*

“Valores máximos y mínimos de concentración de vapor en los cuales se producen mezclas inflamables vapor-aire (Serrano, 2014, pág. 22). “Son mezclas capaces de entrar en combustión” (Esparza, 2014, pág. 17).

- *Límite superior de inflamabilidad: L.S.I.*

“Es la concentración máxima de vapores inflamables (dada en porcentaje) de mezcla con el oxidante, generalmente el oxígeno del aire, por encima de la cual la mezcla es demasiado rica para que arda” (Trujillo, 2012, pág. 182).

- *Límite inferior de inflamabilidad: P.A.*

“Es la mínima concentración de mezcla, a la cual, el gas mezclado con el aire puede arder, por debajo de este límite de concentración de vapores-aire, es demasiado baja para que pueda arder” (Serrano, 2014, pág. 22).

4.4.2. *Factores que influyen en la combustión del fuego.*

Defínase combustión, como “un proceso complejo que implica calentamiento, descomposición que conduce a la gasificación. (generación de combustible), ignición y propagación de la llama” (Horrocks & Anand, 2000, pág. 224). Que prácticamente sería las

etapas a partir del cual se produce dicho proceso físico-químico. Según Esparza (2014) existen algunos factores influyentes en el proceso de combustión del fuego:

4.4.2.1. *Velocidad de combustión.*

Según (Esparza, 2014) define la velocidad de combustión como:

Combustible consumido por unidad de tiempo en unas condiciones dadas, (...) depende en alto grado de la forma del combustible, cantidad de aire existente, contenido de humedad y otros factores con éstos; sin embargo, para que la combustión continúe, es siempre necesario que se produzca una evaporación progresiva de los sólidos y líquidos su exposición al calor. (pág. 19)

4.4.2.2. *Velocidad de propagación.*

“Se define a la velocidad de propagación como una medida de la velocidad superficial de propagación de las llamas en un combustible” (Esparza, 2014, pág. 19) . También nos indica, “un rango de incremento o expansión de un incendio, medido en forma lineal (metros por minuto, metros por segundo o kilómetros por hora), o bien en términos dimensionales (metros cuadrados por minuto o hectárea por hora)” (Guillermo & Giroz, 1975, pág. 19).

4.4.2.3. *Intensidad Calórica.*

“Es la cantidad de calor emitida por un combustible por unidad de masa. Generalmente se mide en mega calorías por kilogramo de combustible (...). Ejemplos: La madera posee un poder calorífico de 4 Mcal/kg y el propano de 11 Mcal/kg” (Esparza, 2014, pág. 18). Según Guillermo & Giroz (1975) afirma que. “Es una forma de determinar o cuantificar el potencial de peligrosidad que puede representar un área cualquiera susceptible a la ignición y propagación

del fuego” (pág. 19). Es decir “a mayor poder calorífico del combustible mayor será la temperatura de los materiales provocando la propagación del fuego” (Esparza, 2014, pág. 18).

4.4.2.4. *Intensidad calórica.*

Según Kenneth (1959) (como se citó en Guillermo & Giroz, 1975) define:

La intensidad calórica (...) como la "tasa de liberación de energía, o tasa de calórica por unidad de tiempo y por unidad de longitud del frente del incendio". Matemáticamente se puede expresar que: $I = H \times W \times r$ en donde "I " representa a la Intensidad Calórica, expresada en Kilocalorías/segundo/metro de frente de avance; "H " representa el Poder Calórico del Combustible, expresado Kilocalorías/kg de Material; "W" es el Peso del Combustible Disponible, expresado en Kg de materia seca/metro cuadrado; y "r" a la velocidad de propagación del fuego expresado en metros/segundo.

4.4.2.5. *Reactividad.*

Esparza (2014) considera. “Reactivos aquellos productos que pueden surgir por choque, frotamiento o reacción con productos incompatibles, reacciones de gran potencial energético, que en algunos casos derivan en explosiones” (pág. 18). Ejemplos:

- Combustibles como carburos, peróxidos, sodio metálico y polvos de magnesio que en contacto con el agua reaccionan produciendo gases inflamables y liberando calor, produciendo llama.
- El Flúor que reacciona prácticamente con todas las sustancias orgánicas e inorgánicas a temperatura y presiones normales, formando llama.

- El Acetileno que generalmente se encuentra en recipientes y mezclado con acetona para su transporte y almacenamiento pueden reaccionar químicamente sobre sí mismos cuando se lo somete a calor y/o impactos (caída de la botella).

4.4.2.6. *Dirección de Avance.*

Es la dirección en que se desplazan las llamas, lo que depende de la dirección del viento. (Chugá, 2011)

4.4.2.7. *Propagación del fuego.*

Existen tres maneras de propagación del fuego, según se menciona lo siguiente:

- **Conducción.**

Mecanismo de intercambio de calor que se produce de un punto caliente a otro más frío, a través de un medio conductor (La Unión General de Trabajadores [UTG], 2015). Por contacto directo entre dos cuerpos sólidos que se encuentran a diferentes temperaturas (Serrano, 2014, pág. 21).

- **Convección.**

“proceso de transmisión de calor a través de un fluido en movimiento.” (UTG, 2015). Por ejemplo un “desplazamiento de gases y aire caliente” (Serrano, 2014, pág. 21).

- **Radiación.**

“Es la transferencia de calor por la emisión de ondas electromagnéticas partiendo de un fuego a una materia próxima. (El calor radiado se desplaza por el espacio hasta alcanzar un objeto)” (Serrano, 2014, pág. 21).

4.5. Etapas del desarrollo del fuego.

Las etapas de desarrollo del fuego hasta su combustión, viene dada por la evolución del mismo, resaltando también su importancia incluso para determinar el grado de dificultad para su extinción. Según se menciona, las etapas de desarrollo del fuego son las siguientes:

4.5.1. *Etapas de calentamiento o incipiente.*

“Inducido por la reacción en cadena o por aporte exterior, y según que materiales, estos tratan de cambiar de estado (funden, reblandecen, etc.)” (García S. , s.f, pág. 2). Según Chugá (2011) esta etapa se caracteriza porque:

No hay llamas, hay poco humo, la temperatura es baja; se genera gran cantidad de partículas de combustión. Estas partículas son invisibles y se comportan como gases, (...) el oxígeno (...) se mantiene inalterable no ha sido reducido en consecuencia el fuego produce vapor de agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono, pequeñas cantidades de dióxido de azufre y otros gases; se comienza a generar calor que irá en aumento. (pág. 39)

4.5.1. *Etapas latente o de descomposición.*

“También llamada pirólisis es la energía proporcionada en cadena ya en marcha, rompe enlaces atómicos y se crean nuevos productos de la combustión donde cada material tiene diferente grado de temperatura para dicho proceso”. Según Chugá (2011) en esta etapa. Aún no hay llama o calor significativo; comienza a aumentar la cantidad de partículas hasta hacerse visibles; ahora las partículas se llaman humo. La duración de esta etapa también es variable” (pág. 39). “Ya (...) irreversible” (García S. , s.f, pág. 2).

4.5.2. *Etapa de llama o Ignición.*

Definida como el punto donde se inicia la combustión, es también descrita de este modo. “Temperatura mínima a la cual el combustible emite suficientes vapores que en presencia de aire u otro comburente y en contacto con una fuente de ignición se inflama y siguen ardiendo” (Esparza, 2014, pág. 15). Es decir que, pese a que se retire la fuente de ignición no se extinguirá. Según Chugá (2011) en esta etapa. “Baja la cantidad de humo y en cuestión aumenta el calor, (...) es la etapa donde el aire rico en oxígeno es absorbido hacia las llamas que en forma ascendente los gases calientes llevan el calor a las partes altas” (pág. 40).

4.5.3. *Propagación del fuego.*

En los gases de pirólisis pueden darse la presencia de los denominados radicales libres que contribuyen a acelerar la formación de las llamas. El nivel de calor de combustión de cada material es también importante para conocer su facilidad de propagación así mismo, la cantidad de oxígeno disponible incide en este aspecto. Por debajo del llamado índice crítico de oxígeno cesa la reacción en cadena. La mayor riqueza de oxígeno incide en la formación y poder propagador de llamas que se puede producir. (García S. , s.f, pág. 2)

4.5.4. *Etapa de calor.*

“En esta última etapa, las llamas dejan de existir dependiendo del confinamiento del fuego y la hermeticidad, el fuego se reduce a brasas incandescentes, (...) humos densos y gases producto de la combustión incompleta” (Chugá, 2011, pág. 40).

4.1. Razón del por qué arde un material.

Luego de haber llevado a cabo una investigación a mayor profundidad acerca de fuego y sus elementos, la pregunta del millón cuando se observa un proceso de combustión, por ejemplo, la llama de cocina o por un caso un incendio descontrolado, sería porqué existe la combustión o porqué se quema un material, la respuesta se reduce simplemente a una respuesta y es que dicho material pertenece a uno de los elementos del fuego que es, el combustible; de ellos existen muchos ya sea en estado sólido, líquido o gaseoso. En fin, esta respuesta se puede reducir a algo más técnico. Como menciona Azcuénaga (2006):

Muchos compuestos son combustibles en O_2 (aire), porque están formados por elementos de por si combustibles en dicho medio. Este hecho se manifiesta en forma bien determinada, en compuestos de carbono e hidrógeno. Por ejemplo: Madera, papel, y algodón (celulosa $C_5H_{10}O_5$); petróleo, gasolina y aceites (mezclas de muchos compuestos, entre los cuales son típicos el C_8H_{18} y el $C_{20}H_{42}$); grasas, pinturas, y barnices, ceras y otros múltiples compuestos y mezclas de compuestos de carbono e hidrógeno (y algunas veces, oxígeno). Todos ellos arden produciendo CO_2 y H_2O . (pág. 381-382)

De esa manera, se determina que el proceso de combustión generalmente está relacionado con todos aquellos materiales orgánicos ya sea que estén en estado vivo o muerto, ya el hecho de estar constituidos principalmente de carbono, hidrógeno y en algunos casos oxígeno cuya composición química a diferencia de muchos compuestos orgánicos, los hace susceptibles al entrar en un proceso de combustión. En fin, todo dependerá de su composición química, donde hoy por hoy existen métodos para mejorar la naturaleza de algunos materiales, con el objetivo de evitar muchos riesgos de incendios. Y no está por más, resaltar la importancia de la estabilidad térmica de los materiales textiles. “En general la estructura química de una fibra determina su inflamabilidad, y acabados textiles pueden reducirla” (Ruíz, 2015, pág. 15)

Capítulo 5

5. Metodología

5.1. Tipo de Investigación.

El proceso textil de acabado ignífugo a base de arcilla en un género de punto 100% algodón, se centra en un método experimental que se fundamenta; “en la manipulación de una (o más) variables experimentales no comprobadas en condiciones (...) controladas” (Grajales, 2000, pág. 1). “Para analizar las consecuencias de esa manipulación” (Babbie, 1979, citado en Behar, 2008, pág. 47). Tomando en cuenta la facilidad de equipo, obtención de nuevos datos y también enfatizar el objetivo propuesto. Se lo realizó a partir del método por recubrimiento a partir de una mezcla o pasta para formar una capa cubriente sobre la superficie de la tela, y posteriormente su paso al horno de secado para su curado o polimerizado.

5.2. Procedimiento de campo.

El presente trabajo de investigación, se basa en una serie de procesos para la obtención de un tejido ignífugo que sea capaz de retardar la acción del fuego.

En primera instancia, se procedió a la obtención de la arcilla roja conseguida en el sector de “San Roque” ubicado específicamente en la provincia de Imbabura, cantón Otavalo, con sus coordenadas geográficas $0^{\circ}17'53.3''N$ $78^{\circ}14'01.2''W$. El proceso experimental, se lo realizó en la ciudad de Ibarra en las instalaciones de la Carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte. Sector Miravalle. Dirección Luciano Solano Sala y Morona Santiago, coordenadas geográficas $0^{\circ}22'41.8''N$ $78^{\circ}07'23.4''W$

La extracción de la arcilla, se lo hizo personalmente en la fábrica de ladrillos y artículos de alfarería del Señor Carlos Delgado ubicado en el sector de San Roque, mismo que fue recolectado en recipientes adecuados para su conservación y uso; posteriormente se dispuso de

muestras de tejido de punto tipo jersey flame de composición 100% algodón, así como de los auxiliares necesarios obtenidos en la ciudad de Quito en la empresa Química Suiza-Quifatex, ubicada en la Av. Galo Plaza Lazo 10640 y Manuel Zambrano.

5.3. Materiales y equipos para el ensayo del acabado ignífugo.

Para el desarrollo experimental del presente trabajo de investigación, son necesarios varios tipos de instrumentos y equipos de ensayos; entre ellos se mencionan los siguientes:

5.3.1. *Materiales de laboratorio.*

- a) Vasos de precipitación.
- b) Pipetas.
- c) Agitador.
- d) Probeta.
- e) Vidrios de reloj.
- f) Espátula.
- g) Recipientes para preparación de la mezcla.
- h) Cuchara.
- i) Regleta.
- j) Tijeras.

5.3.2. *Equipos de laboratorio.*

- k) Calibrador pie de rey.
- l) Equipo de acabado por recubrimiento (Construido y diseñado por el autor).
- m) Balanza analítica.
- n) Máquina de ensayos al fuego.

- o) Termómetro.
- p) Viscosímetro.
- p) Horno de curado.

Es necesario también, tomar en cuenta las condiciones de cada uno de los equipos y herramientas de ensayos para llevar a cabo un proceso experimental eficiente; sin dejar de lado la importante obtención de datos para su respectivo análisis. Por su parte, también la necesidad del uso de indumentaria personal como punto de medida de protección; entre ellas guantes, gafas, mandil y ropa adecuada.

5.3.3. Diseño y construcción del equipo manual semi-industrial tipo laboratorio para acabado por recubrimiento.

En vista de que el método de acabado es por recubrimiento, se vio en la necesidad de construir un equipo manual semi-industrial tipo laboratorio, misma que permita la aplicación y distribución del apresto en forma de pasta de una manera uniforme y con un determinado espesor sobre toda la superficie de tela; a fin de evitar que los datos obtenidos en los ensayos al fuego, se vean afectadas por factores de diferencia de espesor.

5.3.3.1. Diseño del Equipo.

El diseño del equipo, se desarrolló a partir de las dimensiones de probeta establecidas en la Norma ISO de Ropa de protección - Protección contra el calor y las llamas. En la cual se exige, una cantidad de un conjunto de 6 especímenes y en dimensiones específicas de 20 cm de longitud y 16 cm de ancho para la realización del ensayo al fuego (ISO 15025: 2000 (E), 2016). Motivo por la cual, las medidas del equipo fueron realizadas de un ancho de 23 cm y 70 cm de longitud, pudiendo realizarse en un solo paso la cantidad de 3 especímenes del mismo apresto o pasta.

Por otra parte, también se tomó en cuenta el diseño de un equipo, el cual permitiera una distribución de apresto no solo uniforme, sino también de un espesor determinado; de manera que, el diseño y construcción de cada una de las partes del equipo entre ellas la plancha, rasqueta, prensátela y demás componentes móviles, hicieron de este equipo una herramienta fundamental para llevar a cabo un proceso de investigación y experimentación de una forma más técnica y sencilla.

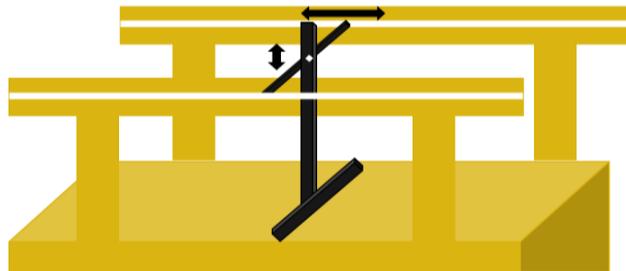


Figura 6. Diseño del Equipo.

5.3.3.2. Construcción del Equipo.

La construcción del equipo, se centró en la fabricación de un dispositivo a base de madera, donde para lograr un equipo de trabajo eficaz y eficiente se fundamentó en cortes precisos de cada una de las partes del equipo; en especial la plancha donde se mantiene asentada el sustrato que debía ser lisa y sin imperfecciones, como también la rasqueta o pala, que la misma permita una distribución del apresto sobre la superficie de la tela con un determinado espesor y sin variaciones de la misma.

- *Plancha.*

Plancha lisa de madera con dimensiones de 70 cm de largo y 23 cm de ancho, capacidad para 3 especímenes de 20 cm x 16 cm.



Figura 7. Construcción de la plancha.

- *Rasqueta o pala.*

Consta de una construcción sencilla de madera, la misma está constituida de una rasqueta y un brazo móvil que se puede mover de arriba hacia abajo para regulación del espesor y, por otra parte, también consta de un guía móvil de vaivén de izquierda hacia derecha para permitir la distribución del apresto sobre la tela.

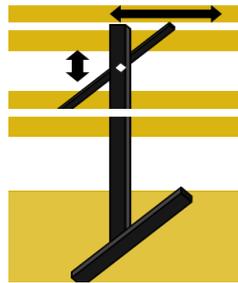


Figura 8. Construcción de la rasqueta.

- *Guías.*

Guías de madera para permitir el recorrido o trabajo de vaivén de la rasqueta.

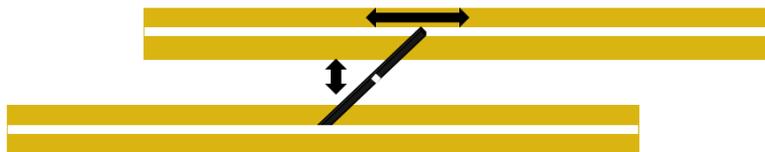


Figura 9. Guía para el sistema de rasqueta.

- *Prensa tela.*

Puesto que cualquier tipo de acabado demanda la aplicación de un apresto sobre un sustrato textil, la misma debe consistir de un dispositivo de prensa tela para evitar algún tipo de pliegue que pueda afectar al resultado de acabado en este caso por recubrimiento.

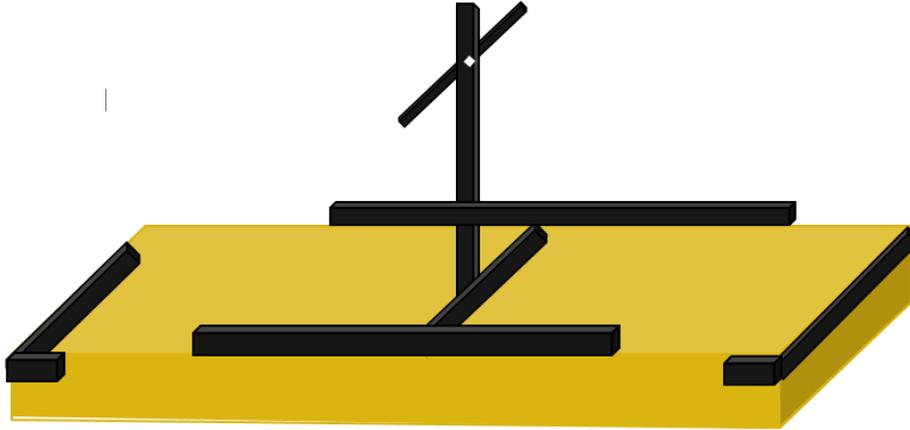


Figura 10. Construcción preñsatela.

5.4. Materiales y sustancias de aplicación.

Entre los componentes que forman el apresto de acabado, se mencionan resina, ligante, espesante, arcilla roja y humectante, cuyas concentraciones, fueron fuente de análisis para la optimización del acabado.

- a) Auxiliar 1 Resina emulsión Vinil-acr lica=A1.
- b) Auxiliar 2 Ligante =A2.
- c) Auxiliar 3 Espesante=A3.
- d) Auxiliar 4 Humectante =A4.
- e) Arcilla roja.
- g) Tela jersey Flame 100% Cotton.

Tabla 13. Características de los productos de acabado ignífugo.

Producto	Aplicación	Ionogenicidad	Apariencia	Solubilidad	Estabilidad	Casa Comercial /nombre comercial
Resina emulsión vinil-acrífica	Resina sintética para formar una mezcla homogénea y dar cuerpo a toda clase de telas.	No iónica	Líquido blanco de alta viscosidad.	Fácilmente soluble en agua fría o caliente. Almacenaje indefinido.	Resistente al agua dura, álcalis y ácidos orgánicos débiles.	Apresto CW/Aprestos y resinas Cía. Ltda. Dr. Bohme Chemie and service.
Humectante	Humectante universal con un tiempo de 1 año bajo condiciones indicadas.	No iónico	Líquido incoloro claro a base de éter aquilpoliglicólico para evitar polimerización de la mezcla antes de tiempo.	Soluble en agua fría	Resistente al agua dura, álcalis y ácidos en concentraciones habituales.	Perenins/Aprestos y resinas Cía. Ltda. Dr. Bohme Chemie and service.
Ligante	Ligante especialmente indicado para la estampación sobre tejidos de algodón, mezclas con poliéster, y viscosa. Tiene un tacto muy suave.	Aniónico Ph 5,0-7,5	Dispersión acuosa de un copolímero a base de esterres acrílicos/vinílicos. Contenido <10 ppm de formaldehído.	-	Para dar muy buena solidez al lavado y buena resistencia a la fricción tanto en seco como en húmedo; almacenar a T entre 5 y 40 °C; en los recipientes originales.	Ligante Applicryl VAT-40/Quifatex.
Espesante	Espesante sintético de alta concentración desarrollado para los procesos de estampación textil. Preparación de pastas de estampación, para su aplicación sobre tejidos de algodón, así como sobre tejidos sintéticos.	Aniónico Ph 8,0-9,0	Líquido viscoso de color blanco. No requiere adición de álcalis. Fácil manipulación. Puede añadirse directamente a las pastas para aumentar su viscosidad.	Dispersión de un copolímero acrílico en aceites minerales puros que se dispersa fácil y rápidamente en agua para obtener pastas de estampación a la viscosidad deseada.	Almacenar a T entre °C y 40 °C. Si se congela, introducir el contenedor en agua templada y agitar.	Espesante Appliclear PC/Quifatex.
Arcilla Roja	Como retardante al fuego.	-	Color pardo rojizo, con gran contenido de finas partículas.	-	-	-
Sustrato	Sustrato de acabado.	-	Tejido de punto tipo jersey flamee 100% algodón.	-	-	Textiles Rizzonic/Jersey Flame.

Productos para el acabado ignífugo. Datos obtenidos de fichas técnicas: Fuente. (Dr. Bohme Chemie and Service, 2018; Química Suiza Industrial del Ecuador-Quifatex, 2018)

5.5. Variables y parámetros a tener en cuenta en el acabado.

Como en todo proceso experimental, antes de ponerse en marcha es necesario el análisis de los diferentes parámetros y variables a considerar entre ellas.

5.5.1. *Análisis muestral.*

Según se menciona en el apartado ([5.5.5](#)), ([5.5.6](#)), ([5.5.7](#)), determina el número de muestras a realizar, para lo cual, el presente trabajo de investigación se centra en 3 variables de experimentación, entre ellas la concentración de arcilla presente en la mezcla de una pasta de recubrimiento en relación a las diferentes concentraciones de resina, ligante y demás auxiliares mencionadas en el apartado ([5.4](#)); constituyendo el 100% del apresto necesario para cada muestra de acabado.

En este caso, se contempló un ensayo de acabado por recubrimiento a partir de 4 tipos de concentraciones de arcilla (10%,20%,30%,40%) partiendo de la concentración más alta a la más baja, donde concentraciones mayores al 40% marcaron el límite de trabajabilidad de la pasta sobre el tejido ya que más allá de este no era posible la formación de una pasta adecuada para el acabado. La manera en que se lo realizó, permitió no solo analizar la incidencia al fuego por parte del textil, si no también algunas características obtenidas tales como su tacto ya que, a medida que se reducía el porcentaje de arcilla se observó un mejor tacto por parte del textil bajando drásticamente su rigidez.

Por otro lado, una segunda variable a tomar en cuenta es el espesor de la capa de recubrimiento con el fin de lograr un tejido con un acabado mucho más ligero, de mejor costo y a la vez comparar el grado retardante frente a la acción del fuego; a partir de dos tipos de espesores (1 mm y 0,5 mm).

Finalmente, una tercera variable a experimentar es el tiempo, mismo que permitió determinar la capacidad retardante al fuego por parte de un textil con un mismo tipo acabado,

a partir de 2 rangos de tiempo diferente (10s según indica la ISO 15025: 2000 (E) (2016) y 15s a modo experimental para la obtención de una mayor información), misma que por cada ensayo a realizar se requieren de un conjunto de 6 especímenes de dimensiones (20 cm x 16 cm).

Por lo tanto, al considerar 4 tipos de concentraciones diferentes y 2 tipos de espesor fueron necesarios realizar una cantidad total de 96 especímenes; es decir una cantidad de 24 especímenes por concentración (12 especímenes con una capa de 1 mm de recubrimiento y 12 especímenes con una capa de 0,5 de recubrimiento)

5.5.2. *Temperatura.*

Los productos que a menudo se utilizan en los diferentes acabados textiles, especifican el rango de temperatura a la que pueden actuar en forma óptima, en efecto, uno de los principales auxiliares a utilizarse es la emulsión vinil-acrítica; donde la misma especifica un rango de aplicación entre 4 y 43 °C y una humedad relativa inferior al 90 % (Eduguse Asociados S.A., s.f).

Por su parte, el tiempo de secado depende del sistema en el que se incorpore (Pintumex S.A, 2015, pág. 1). En este caso la temperatura de secado o curado es de entre 90 y 100 °C (Dr. Bohme Chemie and Service, 2018). Según Momentive química S.A (Momentive, 2011) afirma. “Si se mantiene una temperatura ambiente de 25 grados centígrados el tiempo de secado puede estar entre las 2 a 3 horas”. En fin, el presente estudio se basa en aplicación de apresto ignífugo a base de arcilla en forma de pasta a una temperatura ambiente considerando el rango de temperatura de la emulsión antes mencionada.

5.5.3. *Característica de Ionogenicidad de los productos.*

El carácter iónico o de Ionogenicidad de un producto, es de suma importancia a la hora de mezclarse con otros productos y obviamente para que exista una adecuada reacción química

con el material a realizar el acabado; en este caso, los productos utilizados fueron de carácter no iónicos en el caso de la (resina y el humectante) y de carácter aniónico en el caso del (espesante y ligante). Puesto que la formación de apresto, es a partir de compuestos químicos aniónicas y no iónicos no presentaron ningún efecto desfavorable. Según Química Dalton (2016) menciona que el carácter no-iónico hace que (...) su molécula no sufra ninguna escisión electrolítica y por ello se presenta activo en rangos de ph muy variable. De esa manera también presentando gran compatibilidad entre este tipo de productos a utilizar.

5.5.4. Cantidad de apresto de acabado.

La cantidad de apresto necesaria para cada muestra de tela, según las dimensiones de la máquina de recubrimiento (diseñada y construida por el autor), como también, según las dimensiones y número de especímenes requeridas por la máquina de ensayo al fuego (Flexiburn), determinó una superficie de aplicación de (24 x 60) cm; para lo cual fue necesario una cantidad de 900 gr de apresto a un espesor de 1 mm y 700 gr a un espesor de 0,5 mm, donde las cuales se encuentran constituidas por valores variables de espesante, agua, resina y arcilla roja (como material retardante al fuego) y valores constantes de ligante y humectante; mismos que se detallan en el apartado de concentraciones (5.5.5).

5.5.5. Concentraciones.

Para partir con el presente estudio, se tomó en cuenta como una de las primeras variables, experimentar diferentes concentraciones de arcilla como de resina; que posterior a un acabado por recubrimiento permitió determinar la incidencia al fuego por parte de dicho textil. Para ello, las diferentes concentraciones de auxiliares a emplear se determinaron a partir de un estudio previo ya realizado, lo cual, permitió establecer un punto de partida. Según Huerta (2013) previo a experimentaciones realizadas menciona que:

Para la aplicación a 0.3 mm de espesor los porcentajes de los auxiliares son 36% de resina, 55% de retardante, 7.4% de agua, 0.6% de espesante y 1% de lubricante y alcanza una resistencia de 146 °C. Para la aplicación a 0.5 mm de espesor (...) 60% de retardante, (...) y alcanza una resistencia de 155 °C. (pág. 60)

Sin embargo, dicho estudio no menciona el uso de un producto de acabado “ligante”; el cual es esencial frente a fenómenos de resistencia al frote y lavado. “Producto (...) que permite a los pigmentos que dan color a la pasta madre, ser cubiertos y sostenidos en el sustrato (tela); permitiendo una excelente solidez al lavado” (Sanaguano, 2014). En este caso, permitir un acabado a base de arcilla que pueda ser, no solo ignífuga, si no también resistente a dichos factores. En cuanto a la cantidad de producto a usar estará en relación al resultado que se quiera obtener. “Mientras más resistente, mayor será la solidez de los mismos” (Sanaguano, 2014). Según Quifatex (2018) menciona a modo de ejemplo en una de sus fichas técnicas, el uso de 120 gr/kg de ligante para tipo de acabados por pasta, sin embargo, en este caso de estudio se utilizó un porcentaje constante del 20% de ligante; es decir un total 200 gr/kg.

De esta manera quedando la primera fórmula a ensayar: ligante 20%; humectante 1% en cuanto a valores constantes; Agua 8,4%, Espesante 0,6%; Arcilla roja 55%; Resina 15% en cuanto a valores variables.

Aunque, previo a ensayos realizados con dichas concentraciones mencionadas e incluso modificando concentraciones de espesante y agua que son aquellos que influyen directamente en la viscosidad y consistencia de la mezcla, no se logró la obtención o forma de una pasta adecuada para el acabado por recubrimiento; pero los mismos fueron un punto de referencia para nuevos ensayos con diferentes concentraciones de arcilla y resina en las que se tuvo que modificar las concentraciones de los demás auxiliares permitiéndose así realizar y obtener formas de pasta y posteriormente facilidad de aplicación sobre el tejido.

Una de ellas, que mejor respuesta presento a pesar de que dificultaba aún la aplicación del mismo sobre la superficie del textil, pese a que mostraba apariencia de una adecuada forma de pasta y que además se tomó como punto de partida para los diferentes ensayos, fue la que se menciona a continuación: ligante 20%; humectante 1% como valores constantes; Agua 11,8 %, Espesante 2,2%; Arcilla roja 50%; Resina 15% como valores variables. Además, Chugá (2011) afirma que previo a 5 muestras de CO 100%, con un acabado de microemulsión de silicona, muestran antes de quemarse en su totalidad, un promedio de resistencia al fuego de 33 segundos a una concentración del 20%, mostrando gran capacidad retardante al fuego incluso frente a porcentajes superiores.

Motivo por el cual, las diferentes concentraciones de arcilla quedaron determinadas de la siguiente manera (40%;30%;20%;10%) estableciendo un porcentaje de arcilla al 40%, como el mayor porcentaje en el presente trabajo de investigación; puesto que además fue el rango de permisión de formación de pasta, por lo que más allá de este no se lograba una adecuada formación de pasta, y además dificultaba su aplicación sobre el tejido. En cuanto a las cantidades de resina, estas fueron establecidas en relación a la cantidad de arcilla presente en la mezcla en un rango creciente del 5% de resina a medida que disminuía la cantidad de arcilla tomando como punto de referencia que para un valor del 50% de arcilla se aplicó el 15%. Por tanto, para un valor del 40% de arcilla se aplicaría entonces el 20% de resina; para el 30% de arcilla, el 25% de resina; para el 20% de arcilla, el 30 % de resina y para el 10% de arcilla, el 35 % de resina; puesto que fue la mejor manera de ir manejando y mejorando las propiedades tanto ignífugas como de estructura y tacto del tejido. Por otro lado, el resto del porcentaje se basó en una concentración determinada, como se ha dicho de valores constantes del 20% de ligante y del 1% de humectante cuyos porcentajes se ha citado anteriormente.

En cuanto a los valores variables, como es el caso del espesante, se realizó a partir de una regla de tres inversa en base al porcentaje de arcilla (material solido). Por ejemplo, para una

cantidad de 100 gr de pasta constituida por el 20% de arcilla y tomando como referencia que para 50% de arcilla se requirieron 2,2% serán necesarios un total del 5,5% de espesante o 5,5 gr ($50 \times 2,2/20$); sin embargo, posterior a la obtención del dato dicho porcentaje tuvo que modificarse en relación a la cantidad de agua a partir de una serie de ensayos de formación de pastas con el objetivo de obtener una pasta de mejor consistencia; tomando en cuenta la viscosidad, trabajabilidad (facilidad de distribución de la pasta y recubrimiento sobre el textil) e incluso costos.

5.5.6. Espesor de la capa de recubrimiento.

La capa de recubrimiento, fue una más de las variables de ensayo que permitió a la vez comparar costos, estructura, comportamiento y por supuesto también la incidencia del tejido frente al fuego. Los espesores que se realizaron a modo de estudio y que permitieron lograr diferentes resultados, fueron de 1 mm y 0,5 mm; mismos que fueron obtenidas gracias a la regulación de la pala o rasqueta a partir del movimiento de ascenso y descenso, donde para cuya medición de la altura fue necesario tener a la mano determinadas láminas de mencionados espesores que fueron confirmados a partir de un calibrador pie de rey.

5.5.7. Tiempo de ensayo al fuego.

Una tercera variable que se tomó en cuenta fue el tiempo, el mismo necesario con el fin de medir, observar y determinar la capacidad retardante al fuego por parte del textil. Según Organización internacional de estándar (ISO 15025 2000 (E), 2016) en el apartado de pruebas 8.2 de dicho documento normativo se menciona. “La aplicación de llama de ensayo al fuego durante un tiempo de 10 segundos, posterior a esto observar y registrar dicho fenómeno” (pág. 10). Por tal motivo y a razón de estudio para la obtención de una mayor información, se experimentaron con rangos de tiempos de 10 y para 15 segundos.

Los ensayos al fuego de cada rango de tiempo mencionados, se realizaron para cada tipo de acabado realizado según se menciona en el apartado [5.5.1](#) y en base a una determinada temperatura dotada por la máquina de ensayo al fuego. Experimentalmente mediante una investigación de campo y a través de un termómetro digital, se ha logrado determinar una temperatura promedio de 555 °C para un tiempo de ensayo de 10 segundos y 667 °C para un tiempo de ensayo de 15 segundos.

5.6. Flujograma del proceso de acabado ignífugo.



Figura 11. Flujograma de procesos.

5.7. Obtención y extracción de la arcilla roja.

La obtención de la arcilla roja, consistió en una investigación de campo que fue prácticamente transportarse a una fábrica de artículos de alfarería ubicada en el sector de San Roque-Atuntaqui, de manera que fue el lugar más accesible y existía la posibilidad de conseguir dicha materia prima, dado que, se ha sabido que dicha arcilla presenta su color característico de pardo a gris por cuya determinada concentración de hierro, mismo que cuyo color rojizo puede identificarse en los artículos de alfarería. Según (Delgado, 2018) en una entrevista realizada el proceso de extracción de la arcilla consiste de la siguiente manera.

1. El proceso de extracción, comienza con la búsqueda de la arcilla o como el mismo entrevistado lo menciona; se debe minar el suelo. Según se ha investigado, los mismos dependiendo de si sea una arcilla primaria o secundaria, pueden ser encontradas en el mismo lugar de la roca madre o prácticamente arcillas formadas a partir de factores geológicos físicos etc. transportadas lejos de la roca madre por el agua, viento, glaciares etc. Generalmente caracterizándose porque son de partículas más finas, presencia de buena plasticidad, tenencia de mayor grado de impurezas, que por ende bajan el nivel de fusión y alteran su color.
2. Posterior a la extracción, son recolectados para posteriormente pasar a un proceso de cernido que ha de servir para separar partículas o impurezas, como también otras partículas más gruesas, así como rocas.
3. El proceso de cernido, permite la obtención de partículas de arcillas adecuadas para realizar los trabajos de alfarería; en este caso, permitió la obtención de un material con una cantidad mayor de partículas finas adecuadas para el proceso de acabado por recubrimiento.

5.8. Preparación de apresto ignífugo a base de arcilla.

El proceso de ignifugar el textil consistió en un acabado por recubrimiento y la misma fue realizado a partir de las tres variables determinadas en los apartados ([5.5.1](#)); ([5.5.5](#)); ([5.5.6](#)) y ([5.5.7](#)) en las cuales se mencionan concentraciones, ensayos y número de pruebas a realizar.

5.8.1. *Pasos para la preparación de apresto.*

1. Pesar cada uno de los componentes de apresto.
2. Primeramente, para evitar cualquier complicación durante la preparación de mezcla colocar la determinada cantidad de espesante.
3. Seguidamente proceder a colocar la determinada cantidad de resina
4. Como tercer auxiliar se agregará la cantidad de ligante determinada
5. Posteriormente el humectante y finalmente el agua, estos últimos al igual que el ligante Applicryl se ha comprobado mediante medición de peso y volumen, que poseen la misma densidad que la del agua; es decir que, bien pueden pesarse o bien medirse en probetas, pipetas o vasos de ensayos.
6. Finalmente, se procede a colocar la determinada cantidad de arcilla misma que antes de colocarlo, se deben de cernir para lograr la obtención de partículas finas que facilitan el trabajo de acabado por recubrimiento. Se recomienda un agitado constante hasta lograr una mezcla homogénea y finalmente una pasta consistente adecuada para el acabado.
7. El orden de agregado de los diferentes auxiliares, es la manera en que permitió la adecuada formación de mezcla y obviamente la facilidad de la misma.

5.9. Procedimiento del acabado.

El proceso de acabado, consistió en la preparación de una mezcla o pasta cubriente a base de arcilla que se colocó en la superficie del textil, para posteriormente distribuirlo uniformemente mediante el equipo de acabado construido, que consiste de una rasqueta móvil; para de esta manera lograr una capa de acabado de un determinado espesor, para seguidamente someterlo al subsiguiente proceso de curado o polimerizado.

5.9.1. Pasos para realizar el acabado ignífugo.

1. Cortar muestras donde, según la organización internacional de estándar (ISO 15025: 2000 (E), 2016). Las dimensiones necesarias para ensayos al fuego son 20 cm x 16 cm. Es decir que para el acabado se deberá preparar muestras con un ancho mayor a los 16 cm para este caso fueron de 28 cm. En cuanto a la longitud de tela necesaria, se toma en cuenta la longitud total de la plancha del equipo de acabado y una longitud extra en este caso un total de 90 cm de longitud, de capacidad para una cantidad de 3 especímenes.
2. Preparar el apresto necesario para la cantidad de tela a realizar el acabado.
3. A partir del espesor de la tela, regular el espesor del apresto a emplear por medio del brazo móvil de la rasqueta, donde el mismo consiste de una regleta para dicha regulación. Véase en el equipo de acabado.
4. Colocar la muestra de tela en la plancha del equipo de manera que no existan pliegues, para ello también se hace uso del dispositivo prensa tela.
5. Sobre la tela, colocar la cantidad de apresto necesario para formar la capa de acuerdo a un espesor determinado y, mediante la rasqueta realizar una distribución unifórmeme.

6. Una vez realizado el proceso anterior, llevar cada una de las muestras a un horno de secado para su polimerización o curado durante un tiempo de 10 minutos a 160 grados centígrados si fuera el caso de un espesor de 0,5 mm y 12 minutos si fuera el caso de un espesor de 1 mm.
7. Una vez secas cada una de las muestras, estarán listas para continuar con el proceso de ensayo al fuego previo a un acondicionamiento por 24 horas a una temperatura de (20 ± 2) grados centígrados y Humedad relativa de 65% (± 5) . Si por un caso, las pruebas no se realicen después del acondicionamiento, se colocarán las probetas en un recipiente sellado. Es decir, la prueba de cada muestra se iniciará dentro de 2 min de sacarlo ya sea de la atmósfera de acondicionamiento o del contenedor sellado.

5.10. Proceso de ensayo al fuego.

El objetivo de este, fue con el fin de evaluar la propiedad ignífuga o capacidad retardante al fuego de un grupo de sustratos con diferentes tipos de acabado a base de arcilla roja; a rangos de tiempo de 10 y 15 segundos y por su parte una temperatura mínima y máxima de 555 °C y 667 °C correspondientemente. En este caso, habiéndose realizado 4 procesos de acabado por recubrimiento con 1 mm de espesor y 4 procesos de acabado con 0,5 mm de espesor a diferentes concentraciones de arcilla (10%, 20%, 30% y 40%).

5.10.1. Norma de ensayo al fuego.

Según Organización Internacional de Estándar (ISO 15025: 2000 (E), 2016) Normas de Ropa de protección - Protección contra el calor y las llamas -Método de prueba para la propagación limitada de la llama menciona algunos puntos a tomar en cuenta:

1. Alcance.

Esta Norma Internacional especifica un método para la medición de propiedades limitadas de propagación de la llama de forma vertical. Textiles orientados y productos industriales en forma de tejidos de uno o varios componentes (revestidos, acolchados, De varias capas, construcciones de sándwich y combinaciones similares), cuando se las somete a una pequeña llama definida. Este método de prueba no es apropiado para materiales que demuestran una fusión o contracción extensas. (ISO 15025: 2000 (E), 2016, pág. 1)

2. Principio y uso.

Se aplica una llama definida de un quemador específico durante 10 s a la superficie o al borde inferior de las muestras textiles que están orientadas verticalmente. La información se registra sobre la propagación de la llama y el brillo posterior, y sobre la formación de escombros, escombros en llamas o agujero. Se registran el tiempo de post-combustión y el de luminiscencia posterior. (ISO 15025: 2000 (E), 2016, pág. 2)

NOTA 1: Las pruebas de exposición en la superficie se pueden realizar en ambos lados de los conjuntos de tela multicapa.

NOTA 2: la prueba de ignición del borde inferior puede no ofrecer una reproducibilidad aceptable para el ensayo de algunos materiales.

3. Muestreo.

Con una plantilla plana y rígida, hecha de un material adecuado y de un tamaño correspondiente al tamaño de la muestra (200 mm x 160 mm), marcar dos conjuntos de tres muestras de ensayo. Marque un conjunto perpendicular a la otra. Para materiales tejidos / de punto o similares, orientar el eje longitudinal de la plantilla en la dirección de la máquina

y transversal a la máquina. Para la ignición de superficie, donde las dos superficies de la muestra son las pruebas visualmente diferente y preliminar indica características de inflamabilidad diferentes, cada superficie se someterá a ensayo mediante el uso de un conjunto de seis muestras. Se necesita una muestra de prueba adicional para el procedimiento de instalación. (ISO 15025: 2000 (E), 2016, pág. 7)

4. Procedimiento.

Según (ISO 15025: 2000 (E), 2016) normas de Ropa de protección - Protección contra el calor y las llamas – menciona dos tipos de procedimientos de ensayo al fuego (“superficie de ignición” e “ignición del borde inferior”); donde por su parte para este caso de investigación se ha elegido el primer procedimiento, misma que consiste en someter a una llama de ensayo un conjunto de 6 especímenes una a la vez, tomando en cuenta una duración de tiempo de 10 segundos para luego observar y registrar el fenómeno ocurrido. (pág. 11)

Dicho así, los pasos a tomar en cuenta mismas se encuentran registradas en dicha norma y tal que cuyo contenido se encuentra bajo licencia de uso de la Universidad Técnica del Norte son las siguientes:

1. Prepare la muestra con dimensiones de 20 cm y 16 cm en base a una plantilla provista por el equipo de ensayo de esta manera también marcando la posición a través del cual los pasadores en el porta muestras pasarán por medio de los orificios de la plantilla.
2. Montaje de la muestra de ensayo; coloque la muestra de ensayo sobre los pasadores de soporte de la muestra de ensayo, asegurándose de que los pasadores pasan a través de los puntos marcados fuera de la plantilla y que la parte posterior de la muestra es de al menos 20 mm de distancia desde la estructura de metal rectangular del soporte de la

muestra de prueba. Montar el soporte de la muestra de prueba para el bastidor de montaje con la vertical de la muestra.

3. Posición de funcionamiento del quemador; coloque el quemador perpendicular a la superficie de la muestra de ensayo con el fin de alinear el eje del quemador 20 mm encima de la línea de los pasadores inferiores y con la línea central vertical a la cara de la muestra de ensayo. Asegúrese de que la punta del quemador estabilizador este a (17 ± 1) mm de la superficie de la muestra de ensayo.
4. Ajuste de llama - Ajuste el quemador en la posición de espera vertical. Encender el quemador y precalentar durante al menos 2 minutos. Mover el quemador a la posición de espera horizontal y ajustar el alcance horizontal de la llama al (25 ± 2) mm medido desde la punta del estabilizador del quemador para el extremo final de la parte amarilla de la llama cuando se ve contra un fondo oscuro. Si el aparato no tiene una posición de espera horizontal, será necesario extraer la muestra de ensayo antes de llevar a cabo el ajuste de la llama.
5. Posición de llama; Mover el quemador de la posición de espera a la posición de funcionamiento horizontal. Confirmar que la llama incide en la muestra de ensayo en la ubicación correcta. Pruebe las muestras desde la finalización del procedimiento de precalentamiento y ajuste de la llama.
6. Condiciones de prueba; los ensayos se realizan en una atmósfera de entre 10°C y 30°C de temperatura, una HR entre 15% y 80%, y movimiento del aire de menos de 0,2 m/s en el comienzo de la prueba de cada espécimen.

A menos que se especifique lo contrario, las muestras de prueba deberán ser acondicionadas en una atmósfera que tiene una temperatura de (20 ± 2) y una humedad

relativa de (65 ± 5) % durante al menos 24 h. Si la prueba no se realiza inmediatamente después del acondicionamiento, colocar las probetas acondicionado en un recipiente sellado. Prueba de cada muestra se iniciará dentro de 2 min de sacarlo de ya sea la atmósfera de acondicionamiento o el contenedor sellado. (ISO 15025: 2000 (E), 2016, pág. 8)

5.10.2. *Equipo (Flexiburn).*

5.10.2.1. *Esquema general del equipo.*

Flexiburn es un probador de inflamabilidad vertical. Puede utilizarse para probar la facilidad de ignición y las propiedades de propagación de la llama de prendas de vestir, cortinas, ropa de dormir, juguetes, ropa de protección, telas técnicas, materiales de construcción y otros materiales. (James Heal, s.f)

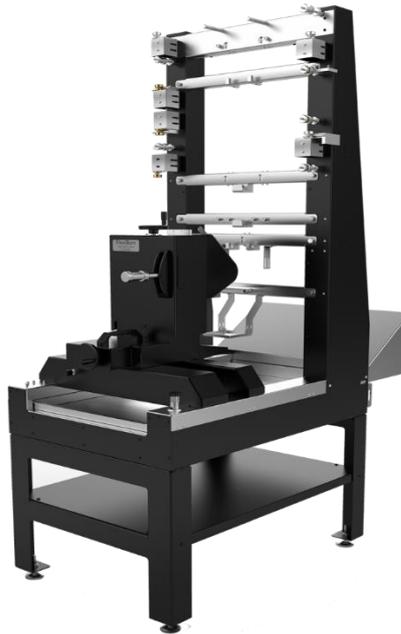


Figura 12. Flexiburn. Fuente: <https://www.james-heal.co.uk/instrument/flexiburn/>

Marco de montaje (Porta muestras): consiste en un marco metálico rectangular que tiene un pasador de soporte de muestras en cada esquina de un rectángulo de 190 mm de longitud por anchura de 150 mm Construido a un diseño capaz de mantener el soporte de la

muestra de ensayo. 1) Soporte de muestras, ($2 \pm 0,5$) mm de diámetro; 2) talón espaciador, 2 mm de diámetro; 3) Bastidor de montaje; 4) espécimen.

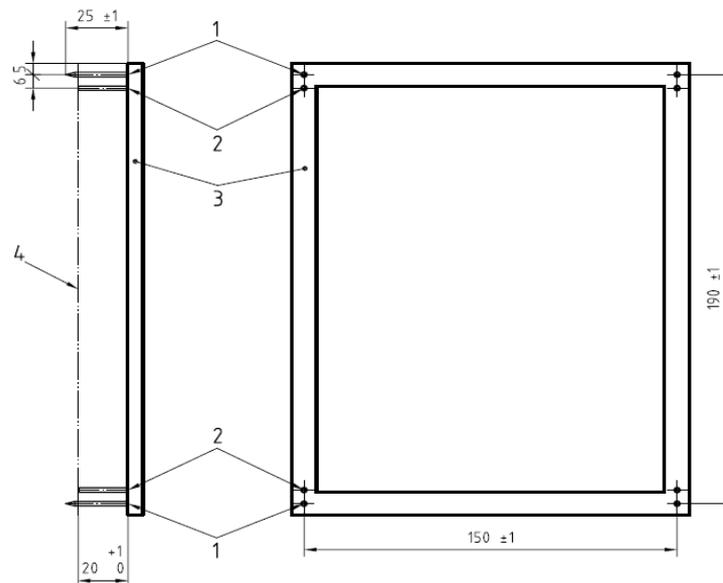


Figura 13. Soporte de muestra de prueba. Fuente: (ISO 15025: 2000 (E), 2016)

Plantilla: Plana y rígida, hecha de un material adecuado y de un tamaño correspondiente al tamaño de la muestra (200 mm " 160 mm).

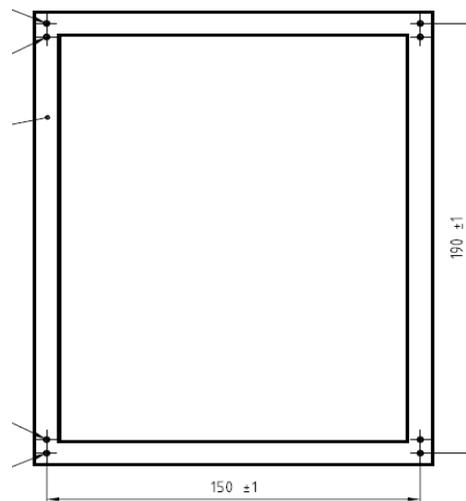


Figura 14. Plantilla. Fuente: (ISO 15025: 2000 (E), 2016)

Quemador de gas: El quemador proporciona una llama de dimensiones adecuadas, la longitud de los cuales se puede ajustar desde 10 mm a 60 mm. capaz de ser movido desde una posición de espera, donde la punta del quemador está al menos a 75 mm de la muestra de prueba, ya sea en posición de funcionamiento horizontal o inclinada. Se compone de las partes: 1) encajado durante el montaje; 2) chorro de gas; 3) tubo de estrangulamiento; 4) quemadores; 5) estabilizador de llama; 6) Muestras; 7) Zona de mezcla de gas; 8) zona de difusión; 9) cámara de aire; 10) cámara de aire.

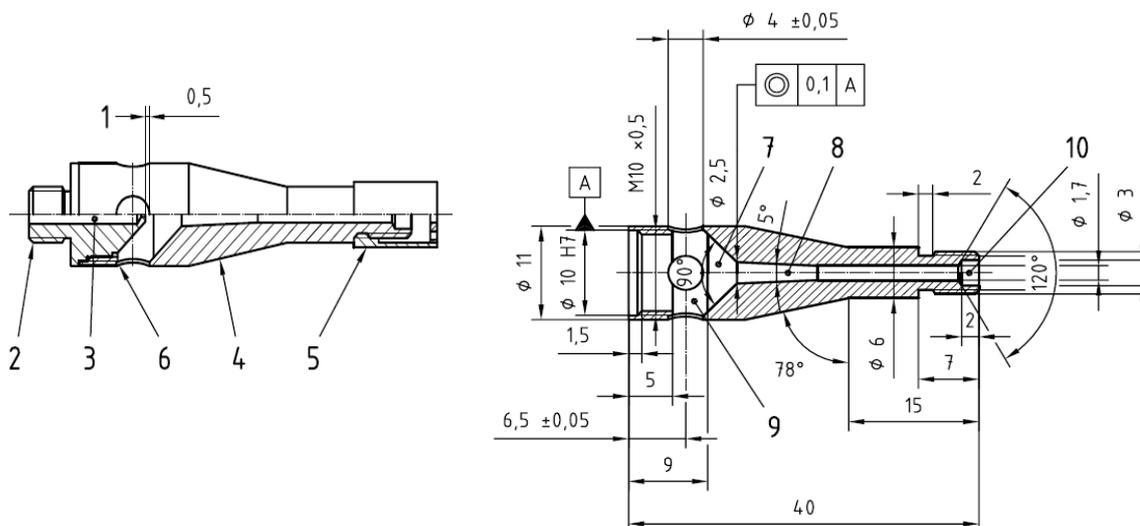


Figura 15. Quemador de gas. Fuente: (ISO 15025: 2000 (E), 2016)

Software (TestWise Pro): Intuitivo sistema operativo Test-Wise aumenta la eficiencia operativa de su laboratorio, minimiza la capacitación del usuario y garantiza el cumplimiento en esta importante área de pruebas de seguridad. Las características incluyen estándares precargados y configuración automática. (James Heal, s.f)

5.10.2.2. Requisitos generales.

Construcción: que consiste en material que no se verán negativamente afectadas por los humos y que es resistente al calor y las llamas. NOTA: algunos productos de la combustión son corrosivos.

Ubicación: rodeado por un volumen de aire suficiente para no verse afectado por ninguna reducción de la concentración de oxígeno. Cuando se use un armario de fachada abierta para la prueba, se deben tomar medidas para permitir que el espécimen sea montado al menos 300 mm desde cualquier pared.

5.10.2.3. Características y beneficios.

- Adecuado para numerosas pruebas verticales
- Puede ser usado para juguetes pequeños (aplican limitaciones)
- Biblioteca pre programada completa de BS, EN y Normas ISO
- Facilidad para escribir estándares propios o editar los existentes.
- Gama de marcos de prueba de precisión intercambiables (para diferentes normas)
- Quemadores intercambiables (para diferentes estándares)
- Brazo robótico para posicionamiento preciso del quemador (para encendido de superficie o borde)
- Pantalla LCD gráfica innovadora y táctil.
- Encendido automático de la llama.
- Aplicación automática de llama.

5.10.2.4. Características técnicas.

Tabla 14. Especificaciones técnicas para pruebas en el equipo Flexiburn.

Especificaciones técnicas	Descripción
Acondicionamiento muestras	Durante 24 horas en una atmósfera que tiene una temperatura de (20+/- 2) ° C y Humedad relativa de (65+/- 5) %,
Rango de temperatura de prueba de ensayo	Entre 10 ° C y 30 ° C,
Rango de ensayo de humedad relativa	Entre 15% y 80%,
Velocidad de movimiento del aire de menos de	0,2 m / s en el comienzo de la prueba de cada espécimen
Combustible: Gas, de grado comercial	propano o butano o butano / propano mezclas,
Dimensión requerida de muestras	200 mm x 160 mm,
Número de especímenes	6 más uno de instalación,
Panel de control	Fácil manejo por pantalla táctil y software TestWise Pro.

Véase las especificaciones técnicas para el uso del equipo Flexiburn. Fuente: (ISO 15025: 2000 (E), 2016)

5.11. Evaluación del ensayo al fuego.

Es importante observar cada uno de los detalles y/o fenómenos ocurridos durante la realización del ensayo al fuego. No obstante, existen algunos parámetros que debemos tomarlos en cuenta durante el mencionado ensayo. Según Organización Internacional de Estándar (ISO 15025: 2000 (E), 2016) afirma:

Aplicar la llama de ensayo durante 10 s, observar y registrar.

- a. Si la flama alcanza el borde superior o bien el borde vertical de la muestra de ensayo;
- b. Si existe alguna combustión posterior;
- c. Si resplandor se extiende más allá de la zona de propagación de la llama (por lo general la zona carbonizada) en el área no dañada;
- d. El tiempo de luminiscencia
- e. La ocurrencia de los desechos;
- f. Si el desecho enciende el papel de filtro (escombros de llamas);
- g. Si existe el desarrollo de un agujero. Según el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2018) menciona además ciertos requisitos que deben cumplir aquellos materiales resistentes al calor o de protección:

5.11.1. *Propagación limitada de la llama de los materiales.*

“Todos los materiales deben lograr un índice de propagación de la llama especificado cuando se ensaye según Norma ISO 15025 y debe ser clasificado de acuerdo a las tablas 1 a 4” (PU UNIT-IEC 61482-2, 2018, pág. 7). Tomando en cuenta que el tejido evaluado en este caso, consistió en una sola capa de recubrimiento se basó únicamente en la tabla 1.

5.11.1.1. *Materiales de capa única.*

“Si en la prenda se utiliza un material de capa única, entonces este material debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 1” (PU UNIT-IEC 61482-2, 2018, pág. 7).

Tabla 1. Material de capa única

Propiedad	Requisitos
Propagación de la llama	En ningún ejemplar el frente inferior de la llama debe alcanzar la parte superior o el borde vertical de la probeta.
Residuos de la llama	Ningún ejemplar debe dejar residuos de la llama o material derretido.
Formación de agujeros	Ningún ejemplar debe tener formación de agujeros en cualquier dirección de un tamaño de 5 mm o más grandes.
Incandescencia residual	La duración de la incandescencia residual debe ser \leq 2 s. Una incandescencia persistente dentro del área carbonizada se define en la Norma ISO 15025 como incandescencia residual sin combustión

Los parámetros enunciados anteriormente permitieron la evaluación de cada uno de los especímenes con el antes mencionado acabado ignífugo a base de arcilla; Sin embargo, los mismos fueron más en una forma cualitativa que cuantitativa; por lo tanto visto los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se recurrió a un método de evaluación numérica que consistió físicamente medir con una regla, la parte dañada (carbonizada) en el espécimen luego del ensayo al fuego; para posteriormente promediar dichos valores y obtener un resultado final. Los mismos presentando diferentes resultados según el espesor de la capa de recubrimiento y como también de los diferentes porcentajes de arcilla, resina y/o auxiliares.

5.12. Métodos y herramientas para el análisis y evaluación de datos.

La gran cantidad de información a manejarse durante la investigación, demanda el uso de una serie de tablas, gráficas, hojas de cálculo y redacción, conjuntamente la necesidad de softwares que faciliten el procesamiento de datos, para dicho efecto se utilizarán programas office como Excel y Word, como también conviene el uso de un programa específico conocido como "Past" versión 3-23 (PAleontological STatistics), misma que, mediante su manual, describe y explica el uso de este, en aplicaciones estadísticas para el análisis de datos; más denominada como pruebas o test de normalidad al que datos de una investigación deben someterse antes de llevarse a cabo un análisis estadístico.

Se obtendrá un gran número de datos, que, mediante un exhaustivo análisis, darán lugar a un resultado, para ello, se aplicarán métodos comparativos, descriptivos y estadísticos. Los métodos estadísticos por su parte, permitirán mediante cálculos de la media y desviación estándar, valores medibles y comparativos de la propiedad de resistencia al fuego de los diferentes tipos de acabado a base de arcilla; mientras que los métodos descriptivos permitirán explicar cada uno de los procesos, pruebas y resultados del acabado textil y ensayos al fuego.

Capítulo 6

6. Análisis y Discusión de resultados (Pruebas)

En este capítulo, se dará a conocer datos y hojas de cálculos para cada uno de los procesos de acabado ignífugo llevado a cabo a partir del método de recubrimiento; en cual se mostrará, además, el resultado más óptimo por parte del textil para retardar el fuego con dicho acabado posterior a los ensayos al fuego, detallando la adición de los productos y auxiliares que fueron necesarios para obtener un acabado ignífugo a base de arcilla roja.

6.1. Datos y pruebas del proceso del acabado ignífugo a base de arcilla.

6.1.1. *Determinación de la pasta adecuada para el acabado por recubrimiento.*

En el capítulo 5 aparato [\(5.5.5\)](#) se encuentra explícita la forma en que se partió y realizó este proceso de investigación, no obstante, a continuación se presentan los datos correspondientes para la obtención de una pasta ideal que posteriormente facilitó y permitió realizar el proceso de acabado por recubrimiento, los cuales fueron resultado de un proceso experimental. Para ello los parámetros manejados, previo a la obtención de una pasta ideal, fueron la viscosidad y ph.

6.1.1.1. *Parámetros de formulación de pasta: Ph.*

El proceso previo a la determinación de apresto ideal para realizar el acabado ignífugo a base de arcilla conto con un control requerido de ph básico en el que los materiales de aplicación pueden actuar con el sustrato y que van entre 7,5 y 9 determinadas por las características de ionogenicidad de los materiales de aplicación; mismas que se detallan en las fichas técnicas a partir del anexo Y. Por cuanto, dichos valores se pueden observar en la tabla 15. No obstante,

según Sanaguano (2014) menciona. “Mantener a la pasta (...) con un pH de 8 a 9 para que ésta, sea utilizada en la estampación de buena calidad”.

Tabla 15. Materiales químicos de aplicación y parámetros

Datos	Materiales químicos de aplicación			
Producto	Resina emulsión vinil- acrílica	Humectante	Ligante	Espesante
Ionogenidad	No iónica	No iónico	Aniónico	Aniónico
Ph			5,0-7,5	8,0-9,0

Véase ensayos de formación de pasta con el uso del 55% de arcilla roja.

6.1.1.2. *Parámetros de formulación de pasta: Viscosidad.*

Los parámetros de viscosidad, de cierta manera se evaluaron a partir de criterios de facilidad de aplicación, distribución y trabajabilidad de apresto sobre el tejido, cuyo valor es una medida de la resistencia a fluir. Para ello, los valores óptimos para realizar el acabado textil por recubrimiento, se determinaron mediante pruebas de viscosidad que, en efecto requirió de un equipo de laboratorio viscosímetro misma que se indica en la [figura 16](#).

El principio de funcionamiento es conducir un husillo (que está inmerso en la prueba fluido) a través de un resorte calibrado. La resistencia viscosa del fluido contra el huso se mide mediante la desviación del resorte. La desviación del resorte se mide con un transductor rotativo. Este sistema proporciona detección continua y visualización de la medición durante toda la prueba. El rango de medición es (en centipoise o milliPascal-segundos) está determinado por la velocidad de rotación del huso, el tamaño y la forma del huso, el contenedor en el que gira el huso y el torque de apriete total del resorte calibrado. (Brookfield , s.f, pág. 5)

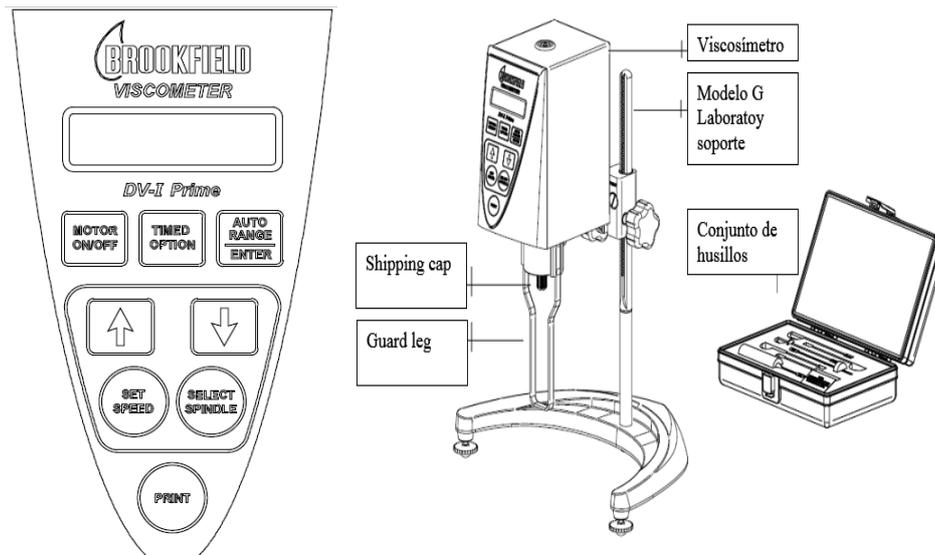


Figura 16. Viscosímetro. Fuente: (Brookfield , s.f)

6.1.1.3. Procedimiento para hacer medidas de viscosidad.

Según el manual del equipo viscosímetro Brookfield (s.f) menciona el procedimiento y parametros de medicion para la viscosidad con sigue:

- *Procedimiento de ensayo.*
 - a. Ensamble y nivele el viscosímetro (Sección I.5).
 - b. Autocero al viscosímetro (Sección II.1).
 - c. Ingrese el número de huso con la tecla SELECCIONAR HUSILLO
 - d. Introduzca el husillo en la muestra y conecte el husillo a la tuerca de acoplamiento. NOTA: Rosca a la izquierda.
 - e. Ingrese la velocidad de rotación usando las teclas de FLECHA y la tecla SET SPEED.
 - f. Registre % de torque y viscosidad.

- *Descripción del procedimiento.*
 - a. Viscosímetro debe estar encendido, nivelado y autocero, el nivel se ajusta con los dos pies en la parte inferior de la base y se confirma con el burbuja en la parte superior de la cabeza. Ajuste los pies hasta que la burbuja esté dentro del objetivo central. Conjunto el nivel antes de cero automático y verifique el nivel antes de cada medición. El nivel adecuado es esencial para el correcto funcionamiento del equipo.
 - b. MUESTRA: El fluido a medir (muestra) debe estar en un recipiente. Los husillos estándar, suministrados, están diseñados para ser usado con un vaso de precipitados Griffin de 600 ml de baja forma (o un recipiente equivalente con un diámetro de 8.25cm). Brookfield recomienda que utilice el contenedor apropiado para el husillo seleccionado. Puede optar por utilizar un contenedor alternativo por conveniencia; sin embargo, esto puede tener un efecto sobre la viscosidad medida.
 - c. Al comparar los datos con otros, asegúrese de especificar el recipiente de la muestra y la presencia / ausencia del guardleg. Muchas muestras deben ser controladas a una temperatura específica para la medición de la viscosidad. Cuando acondicionado una muestra para la temperatura, asegúrese de control de la temperatura del recipiente y el husillo, así como la muestra.
 - d. El proceso de selección de un huso y velocidad por un fluido desconocido es normalmente de ensayo y error. Una selección apropiada dará lugar a mediciones realizadas entre 10-100 en la escala del instrumento % torque. Dos reglas generales ayudarán en el proceso de ensayo y error.
 1. Rango de viscosidad es inversamente proporcional al tamaño del husillo.
 2. Rango de viscosidad es inversamente proporcional a la velocidad de rotación.

En otras palabras: para medir la alta viscosidad, elegir un husillo y/o una velocidad lenta. Si los resultados de husillo / velocidad elegida en una lectura por encima de 100%, a continuación, reducir la velocidad o elegir un husillo más pequeño. La experimentación puede revelar que varias combinaciones de husillo/ velocidad producirán resultados satisfactorios entre 10-100%. Cuando se produce esta circunstancia, cualquiera de los husillos puede ser seleccionado. Cuando los datos de viscosidad se deben comparar, asegúrese de usar la misma metodología de ensayo: el mismo instrumento, husillo, velocidad, contenedor, la temperatura y la prueba de tiempo.

- *Condiciones de ensayo y del equipo.*
 - a) Velocidad RPM: 0,0, 0,3, 0,6, 1,5, 3, 6, 12, 30, 60,
0,5, 1, 2, 2,5, 4, 5, 10, 20, 50, 100
 - b) Entorno operativo: 0 ° C a 40 ° Rango de temperatura C (32 ° F a 104 ° F) 20% - 80% de humedad relativa.
 - c) Viscosidad Precisión: $\pm 1\%$ fondo de escala en uso (Véase el Apéndice D para el cálculo de rango)
 - d) Asegúrese de que el aparato se encuentra en un entorno de trabajo decente, (Temperatura moderada y libre de polvo, humedad baja, etc.)
 - e) Asegúrese de que el instrumento se encuentra en una superficie plana.
 - f) Manos / dedos deben estar limpios y libres de muestra residual. No hacerlo puede resultar en el depósito se acumula en la parte superior del eje y causar interferencia entre el eje y la copa de pivote.
 - g) Durante la limpieza, no aplique una fuerza excesiva, lo que puede dar lugar a husos flexión. Limpiar con un paño seco y no abrasivo.

- h) Asegúrese de retirar husillo del instrumento antes de la limpieza. Nota rosca a la izquierda. Graves daños al instrumento puede resultar si husillo se limpia en su lugar.

6.1.1.4. Formación de pasta al 55% de arcilla y 15% de resina.

Ante la posibilidad, de encontrar la mejor concentración posible en cuanto a los productos a utilizar para la realización del acabado ignífugo a base de arcilla, se ha visto en la necesidad de ensayar diferentes pruebas de formación de pasta. Por cuanto, este ítem detallara cada una de las pruebas realizadas a partir de un porcentaje de arcilla roja al 55%; 15% de resina; 20% de ligante; 1% de lubricante; 8,4% de agua y 0,6% de espesante cuyos valores están referenciadas y explicadas en el capítulo 5 apartado (5.5.5).

Tabla 16. Pruebas de formación de pasta al 55% de arcilla y 15% de resina.

No	% Arcilla roja	% Resina	% Ligante	% Agua	% Espesante	% Humectante	% Total
1	55	15	20	8,4	0,6	1	100,00
2	55	15	20	8,2	0,8	1	100,00
3	55	15	20	8	1	1	100,00
4	55	15	20	7,8	1,2	1	100,00
5	55	15	20	7,6	1,4	1	100,00
6	55	15	20	7,4	1,6	1	100,00
7	55	15	20	7,2	1,8	1	100,00
8	55	15	20	7	2	1	100,00
9	55	15	20	6,8	2,2	1	100,00
10	55	15	20	6,6	2,4	1	100,00
11	55	15	20	6,4	2,6	1	100,00
12	55	15	20	6,2	2,8	1	100,00
13	55	15	20	6	3	1	100,00
14	55	15	20	5,8	3,2	1	100,00
15	55	15	20	5,5	3,5	1	100,00

Véase ensayos de formación de pasta con el uso del 55% de arcilla roja.

Observaciones: Luego de realizarse una cantidad necesaria de pruebas (mezclas de pasta), que consistieron en variar diferentes valores de espesante y agua, dicho de otra manera; productos que influyen directamente en lograr la consistencia deseada de la pasta. En este caso,

ninguno de ellos arrojó un resultado positivo, sin duda se ha logrado notar que la cantidad de arcilla es demasiada alta y no permite la formación de una pasta; motivo por el cual, además es imposible partir con el proceso de acabado con dichos porcentajes. Se ha logrado observar también que, a menores cantidades de espesante, la mezcla resulta muy líquida por cuanto tras aplicarse sobre el tejido esta se seca rápidamente; mientras que por otro lado a mayores cantidades de dicho producto resulta una mezcla dura y en ambos casos imposibilitando su aplicación sobre el tejido.

6.1.1.5. *Formación de pasta al 50% de arcilla y 15% de resina.*

Ante resultados no favorables en la formación de una pasta adecuada para el acabado; se ha continuado diferentes ensayos a partir de una concentración de arcilla al 50% misma que para la cual, se usaron las mismas cantidades de auxiliares utilizadas en pruebas con el 55%.

Tabla 17. Pruebas de formación de pasta al 50% de arcilla y 15% de resina.

No	% Arcilla roja	% Resina	% Ligante	% Agua	% Espesante	% Humectante	% Total
1	50	15	20	13,40	0,6	1	100,00
2	50	15	20	13,20	0,8	1	100,00
3	50	15	20	13,00	1	1	100,00
4	50	15	20	12,80	1,2	1	100,00
5	50	15	20	12,60	1,4	1	100,00
6	50	15	20	12,40	1,6	1	100,00
7	50	15	20	12,20	1,8	1	100,00
8	50	15	20	12,00	2	1	100,00
9	50	15	20	11,80	2,2	1	100,00
10	50	15	20	11,60	2,4	1	100,00
11	50	15	20	11,40	2,6	1	100,00
12	50	15	20	11,20	2,8	1	100,00
13	50	15	20	11,00	3	1	100,00
14	50	15	20	10,80	3,2	1	100,00
15	50	15	20	10,50	3,5	1	100,00

Véase ensayos de formación de pasta con el uso del 50% de arcilla roja.

Observaciones: Como puede notarse, las cantidades de resina y demás auxiliares a excepción del agua que permitió junto al espesante determinar la viscosidad de la mezcla; son los mismos utilizados en pruebas de formación de pasta al 55%. Los resultados obtenidos aún no son muy

favorecedores para lograr una pasta de aplicación, sin embargo, uno de los mejores resultados obtenidos y que además ya mostro aplicación y trabajabilidad sobre la superficie del tejido es partir del uso de 2,2% de espesante y 11,8% de agua. Dichos porcentajes señalan en cuanto a la mezcla; una apariencia de pasta, mismo que durante la aplicación se observó indicios de adhesión del apresto sobre el tejido.

6.1.1.6. *Formación de pasta al 40% de arcilla y 20% de resina.*

Los ensayos de formación de pasta al 40% de arcilla, se llevaron a cabo con un incremento del 5% en cuanto a la cantidad de resina y en lo que concierne a la cantidad espesante, esta se lo definió mediante una regla de tres inversa a partir del uso del 2,2% de espesante utilizada en el ensayo de formación de pasta al 55% de arcilla roja; donde cuyas concentraciones mostraron una mejor respuesta en cuanto a aplicación y trabajabilidad sobre el tejido. Nótese, además el uso de cantidades constantes de ligante y humectante y diferentes ensayos en las cuales se han variado las cantidades de espesante y agua con el fin de obtener una pasta con las características deseadas para el acabado por recubrimiento.

Tabla 18. Formación de pasta al 40% de arcilla y 20% de resina.

No	% Arcilla roja	% Resina	% Ligante	% Agua	% Espesante	% Humectante	% Total
1	40	20	20	17,00	2	1	100,00
2	40	20	20	16,30	2,7	1	100,00
3	40	20	20	16,00	3	1	100,00
4	40	20	20	15,50	3,5	1	100,00
5	40	20	20	15,00	4	1	100,00
6	40	20	20	14,50	4,5	1	100,00
7	40	20	20	14,00	5	1	100,00
8	40	20	20	13,50	5,5	1	100,00

Véase ensayos de formación de pasta con el uso del 40% de arcilla roja.

Observaciones: Se han obtenido resultados favorecedores para realizar el acabado por recubrimiento; sin embargo, no todos son ideales para realizar proceso de acabado. Se deja constancia de que la formación de pasta con el uso de arcilla al 40% está relacionado con el

uso de espesante en un rango del 3% al 4%, siendo el más ideal el uso del 3,5% de espesante para dicha concentración de arcilla. Concentraciones de espesante menores al 3%, tienden a formar una mezcla que únicamente da una apariencia de pasta muy líquida que, al hacer contacto con el sustrato, el agua es absorbida rápidamente existiendo un secado rápido de la mezcla; mientras que concentraciones mayores al 4% hace que la pasta sea dura a muy dura en ambos casos complicado el proceso de acabado textil.

6.1.1.7. *Formación de pasta al 30% de arcilla y 25% de resina.*

Las concentraciones de los diferentes productos y auxiliares utilizados para los ensayos de formación de pasta al 30% de arcilla, sigue el mismo proceso mencionado en el apartado (6.1.1.3); en este caso también existiendo un incremento del 5% de resina. Véase la tabla 19.

Tabla 19. Formación de pasta al 30% de arcilla y 25% de resina.

No	% Arcilla roja	% Resina	% Ligante	% Agua	% Espesante	% Humectante	% Total
1	30	25	20	22,00	2	1	100,00
2	30	25	20	21,50	2,5	1	100,00
3	30	25	20	21,00	3	1	100,00
4	30	25	20	20,40	3,6	1	100,00
5	30	25	20	20,00	4	1	100,00
6	30	25	20	19,40	4,6	1	100,00
7	30	25	20	19,00	5	1	100,00
8	30	25	20	18,40	5,6	1	100,00

Véase ensayos de formación de pasta con el uso del 30% de arcilla roja.

Observaciones: Los resultados más favorables para el proceso de acabado y que permitió una adecuada trabajabilidad y aplicación de la pasta sobre el tejido, va con el uso de espesante en un rango de 3,6% al 5% siendo el más ideal el uso del 4% de espesante para una concentración de arcilla al 30%. Porcentajes de espesante menores al 3,6% permiten formaciones de pastas más líquidas, que a pesar de que permiten facilidad de aplicación sobre el tejido logran un acabado frágil e irregular antes de su termofijado; no obstante, porcentajes

mayores al 5% de espesante logran pastas duras que dificultan la distribución de mismo sobre el tejido.

6.1.1.8. *Formación de pasta al 20% de arcilla y 30% de resina.*

Las concentraciones de los diferentes productos y auxiliares utilizados para los ensayos de formación de pasta al 20% de arcilla, difieren de las pruebas anteriores en cuanto a uso de cantidades diferentes de espesante, agua y el incremento de un 5% más de resina con respecto al ensayo anterior apartado (6.1.1.4). Nótese el uso de resina al 30% mismos que se mencionan en la tabla 20.

Tabla 20. Formación de pasta al 20% de arcilla y 30% de resina.

No	% Arcilla roja	% Resina	% Ligante	% Agua	% Espesante	% Humectante	% Total
1	20	30	20	26,50	2,5	1	100,00
2	20	30	20	26,00	3	1	100,00
3	20	30	20	25,50	3,5	1	100,00
4	20	30	20	25,00	4	1	100,00
5	20	30	20	24,50	4,5	1	100,00
6	20	30	20	24,00	5	1	100,00
7	21	30	20	22,50	5,5	1	100,00
8	20	30	20	23,00	6	1	100,00
9	20	30	20	22,50	6,5	1	100,00

Véase ensayos de formación de pasta con el uso del 20% de arcilla roja.

Observaciones: Los resultados de mayor conveniencia para el proceso de acabado textil al 20% de arcilla; van de la mano, junto al uso de una cantidad de espesante que se encuentra en un rango de 3,5% y 6% siendo el uso del 4,5% de espesante el más ideal para una formación de pasta con dicha concentración de arcilla. Concentraciones inferiores al 3,5% de espesante, forman pastas de liquidas a muy liquidas que no son ideales para el proceso de acabado por recubrimiento, dado que, pese a presentar facilidad de aplicación no permite controlar el espesor de la capa de recubrimiento. Porcentajes de espesante mayores al 6% van formando pastas duras que no facilita la distribución de pasta sobre el tejido.

6.1.1.9. Formación de pasta al 10% de arcilla y 35% de resina.

Los ensayos de formación de pasta con el uso del 10% de arcilla, se llevó a cabo junto a un incremento del 5% de resina con respecto al ensayo del apartado anterior (6.1.1.5), en este caso llegando a usar una cantidad el 35% de resina. Véase la tabla 21.

Tabla 21. Formación de pasta al 10% de arcilla y 30% de resina.

No	% Arcilla roja	% Resina	% Ligante	% Agua	% Espesante	% Humectante	% Total
1	10	35	20	31,00	3	1	100,00
2	10	35	20	30,50	3,5	1	100,00
3	10	35	20	30,00	4	1	100,00
4	10	35	20	29,50	4,5	1	100,00
5	10	35	20	29,00	5	1	100,00
6	10	35	20	28,50	5,5	1	100,00
7	10	35	20	28,00	6	1	100,00
8	10	35	20	27,50	6,5	1	100,00
9	10	35	20	27,00	7	1	100,00
10	10	35	20	23,00	11	1	100,00

Véase ensayos de formación de pasta con el uso del 10% de arcilla roja.

Observaciones: Los resultados de mayor relevancia para el proceso de acabado textil con el uso de arcilla al 10%, están determinadas a partir del uso de espesante dentro de un rango del 5,5% y 6,5%, siendo el uso del 5,5% de espesante el más factible para lograr un proceso de acabado con las características deseadas y/o convenientes. Concentraciones inferiores al 5,5% de espesante forman pastas de liquidas a muy liquidas que son menos ideales para el proceso de acabado por recubrimiento, formando en principio un recubrimiento frágil y de lenta adhesión del apresto sobre el tejido; como se ha dicho además presenta dificultad para controlarse el espesor de la capa de recubrimiento. Porcentajes de espesante mayores al 6,5% van formando pastas duras a muy duras lo cual dificulta la distribución de pasta sobre el tejido.

6.1.1.1. Concentraciones a utilizar para el acabado por recubrimiento.

En la tabla 22 se deja constancia de los productos y porcentajes utilizados para el acabado textil; no obstante, los mismos han sido el resultado de un determinado número de ensayos que

fueron evaluados de forma que permitiesen tanto su aplicación, como facilidad y distribución de la pasta sobre el tejido. Para ello los parámetros óptimos de elección están determinados por valores de ph y en especial la viscosidad de la mezcla medidas en mili Pascales.

Tabla 22. Concentraciones a utilizar para acabado textil a base de arcilla.

No	% Arcilla roja	% Resina	% Ligante	% Agua	% Espesante	% Humectante	% Total	pH	Valores Viscosidad medidos (mPa)	Viscosidad promedio (mPa)
1	40	20	20	15,50	3,5	1	100	7,5	89100,89400,89100,89100,90000	89340
2	30	25	20	20,00	4	1	100	7,5	88900,89000,89100,90800,91400	89200
3	20	30	20	24,50	4,5	1	100	7,5	91000,90200,88900,89000,89100	90460
4	10	35	20	28,50	5,5	1	100	7,5	89200,89600,89100,89100,891000	89220

Véase los parámetros y concentraciones de arcilla, resina y demás auxiliares a emplearse en el acabado textil con el fin de lograr propiedades ignífugas por parte del sustrato textil.



Figura 17. Concentraciones utilizadas para realizar el acabado ignífugo a base de arcilla roja.

Resultado: En la figura 17, se observan los diferentes productos y porcentajes requeridos para llevar a cabo un proceso de acabado textil por recubrimiento, de una manera eficaz y eficiente. Se puede observar, como a medida que aumenta la cantidad de arcilla el uso de espesante y agua disminuye con respecto a la cantidad de arcilla y viceversa, lo cual fue necesario para lograr una determinada viscosidad que permita la aplicación, distribución y trabajabilidad de la pasta sobre el tejido. Tómese en cuenta, además, que los procesos de ensayo se han realizado bajo parámetros de temperatura y humedad relativa de 71 % HR y 26 °C. Por otra parte, también con respecto a la medición de la viscosidad, fue necesario realizarse bajo parámetros requeridos de velocidad angular de 4 RPM, % de torque aceptable de entre 10% y

100% y una unidad de usillo código SO5, mismas que permitieron datos confiables y verdaderos. En cuanto al Ph del apresto, estos se manejaron entre un Ph básico de 7,5, cabe mencionar que para dicho efecto; no se requirió de una sustancia modificadora de ph, dado que luego de haber alcanzado dicho valor cercano a un ph 8, fue una ventaja para evitar mayores costes de producción del textil.

6.1.2. *Pruebas de acabados por recubrimiento.*

En la tabla 23, se muestran todos los datos generales para partir con el proceso de acabado por el método de recubrimiento. Nótese las cantidades de tela necesaria como también; la cantidad de pasta requerida según el espesor de aplicación.

Para dicho efecto, fue primordial la construcción de un equipo manual semi-industrial que, de cierta manera a falta de un equipo especial de laboratorio, permitió solventar dicha desventaja y llevarse a cabo un proceso de acabado textil por recubrimiento, en la búsqueda experimental de un tejido ignífugo a base de arcilla, misma que se realiza a partir de los datos obtenidos según se indican en la [tabla 22](#).

[Tabla 23](#). Datos generales para el acabado textil.

Material:		Tejido de punto Jersey Flame Algodón 100%	
Dimensión requerida de tejido según dimensiones del equipo construido:	28 cm x 90 cm		
(gr) de Tejido requerida por muestra:	57,57 gr		
Número de muestras a realizar por cada concentración:	4		
Superficie requerida para aplicación de la capa de recubrimiento por muestra:	Fórmula:	centímetros (cm ²)	metros (m ²)
	Lado x Lado	24 cm x 60 cm=1440 cm ²	0,24 m x 0,6 m=0,144 m ²
(gr) de pasta requerida por superficie de muestra:	Espesor capa	Para 1 mm	Para 0,5 mm
		225 gr	175 gr
Equipo utilizado:	Construcción y diseño de un equipo manual para el acabado textil por recubrimiento.		

Véase los datos generales para proceder con el acabado textil por el método de recubrimiento.

Pruebas con un 1 mm un espesor

DATOS INFORMATIVOS

Prueba N° 1: Acabado ignífugo a base de arcilla roja

Método: Por recubrimiento

Material: Tela Jersey flame 100 % Algodón

Superficie de aplicación de capa: 24 cm x 60 cm

Espesor de capa: 1 mm

Número de muestras requeridas: 4

Gramos de apresto requerido por superficie de aplicación: 225 gr

Gramos de apresto total requerido: 900 gr

Máquina: Equipo manual diseñado y construido por el autor

Temperatura de aplicación: T ° Ambiente

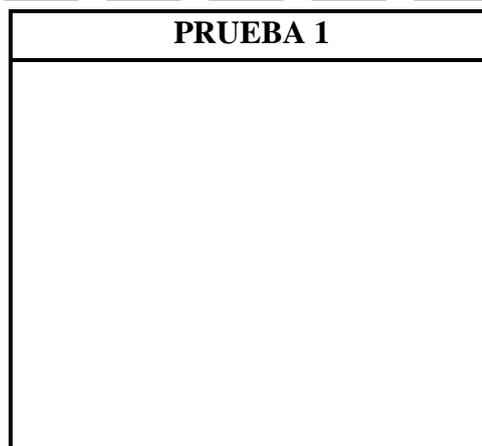
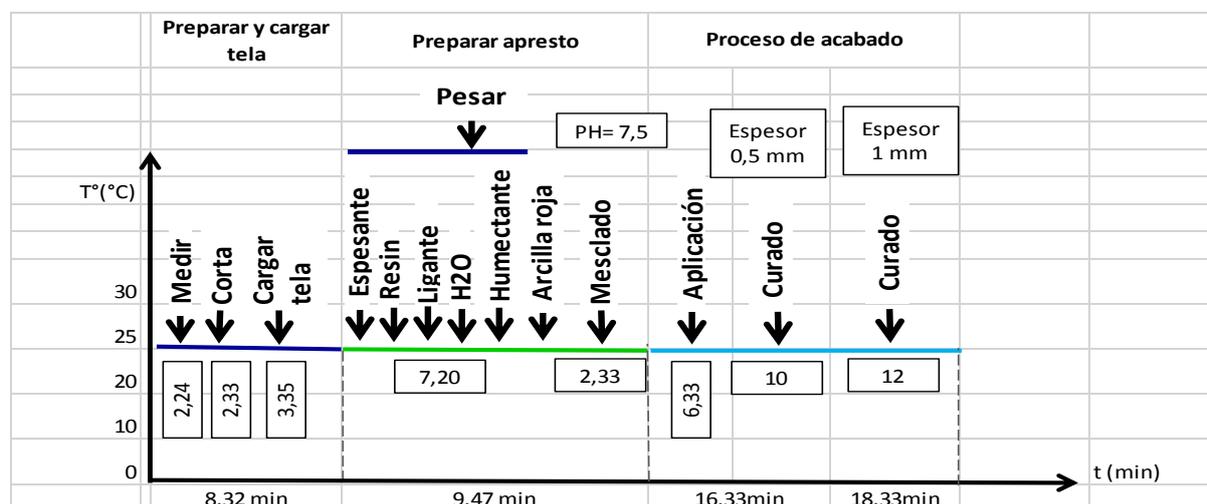


TABLA DE MATERIALES DE APLICACIÓN

Productos	% Porcentaje	Peso (gr)
Arcilla Roja	40	360
Resina	20,00	180
Ligante	20	180
Agua	15,50	139,5
Espesante	3,5	31,5
Humectante	1	9
Total	100,000	900

Véase porcentajes y cantidades utilizadas en pruebas del acabado ignífugo a base de arcilla roja al 40% y 1 mm de espesor.

CURVA DE PROCEDIMIENTO



Pruebas con un 1 mm un espesor

DATOS INFORMATIVOS

Prueba N° 2: Acabado ignífugo a base de arcilla roja

Método: Por recubrimiento

Material: Tela Jersey flame 100 % Algodón

Superficie de aplicación de capa: 24 cm x 60 cm

Espesor de capa: 1 mm

Número de muestras requeridas: 4

Gramos de apresto requerido por superficie de aplicación: 225 gr

Gramos de apresto total requerido: 900 gr

Máquina: Equipo manual diseñado y construido por el autor

Temperatura de aplicación: T ° Ambiente

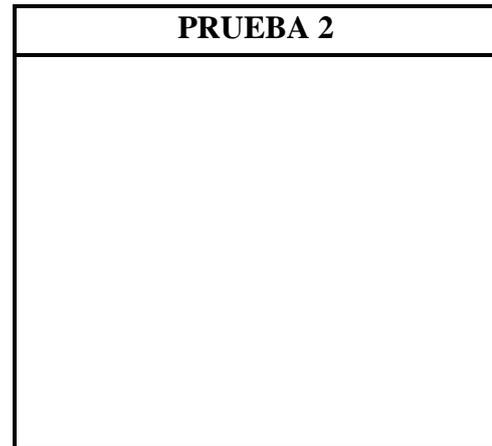
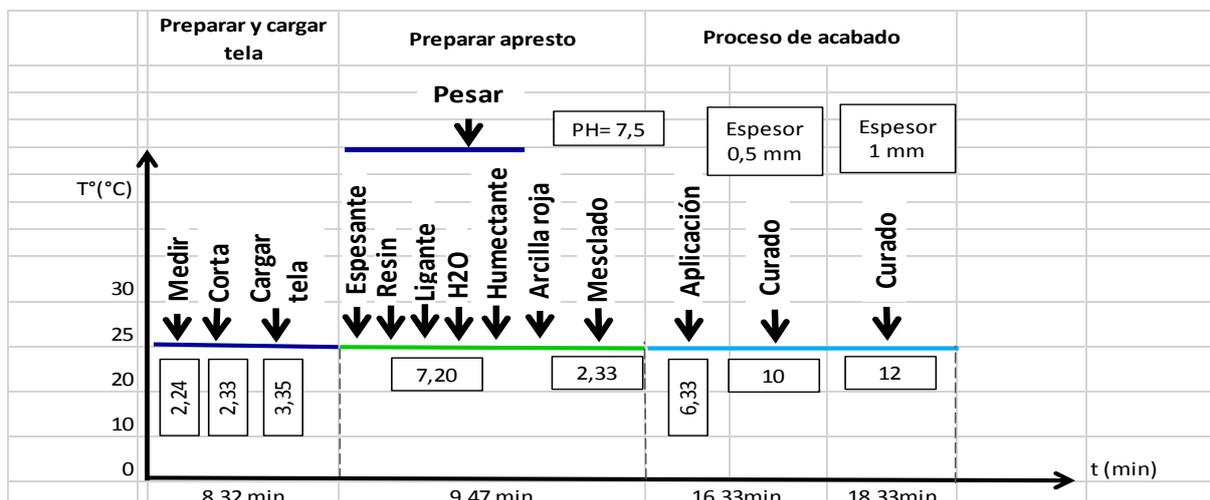


TABLA DE MATERIALES DE APLICACIÓN

Productos	% Porcentaje	Peso (gr)
Arcilla Roja	30	270
Resina	25	225
Ligante	20	180
Agua	20	180
Espesante	4	36
Humectante	1	9
Total	100	900

Véase porcentajes y cantidades utilizadas en pruebas del acabado ignífugo a base de arcilla roja al 30% y 1 mm de espesor.

CURVA DE PROCEDIMIENTO



Pruebas con un 1 mm un espesor

DATOS INFORMATIVOS

Prueba N° 3: Acabado ignífugo a base de arcilla roja

Método: Por recubrimiento

Material: Tela Jersey flame 100 % Algodón

Superficie de aplicación de capa: 24 cm x 60 cm

Espesor de capa: 1 mm

Número de muestras requeridas: 4

Gramos de apresto requerido por superficie de aplicación: 225 gr

Gramos de apresto total requerido: 900 gr

Máquina: Equipo manual diseñado y construido por el autor

Temperatura de aplicación: T ° Ambiente

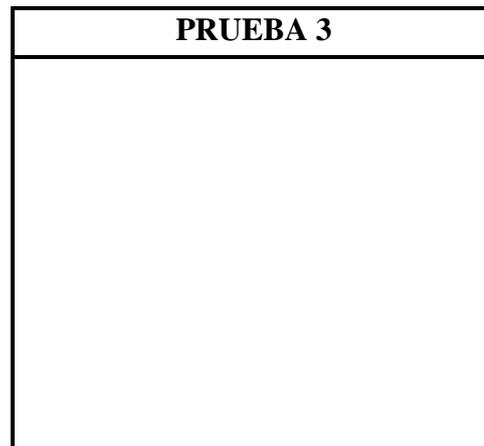
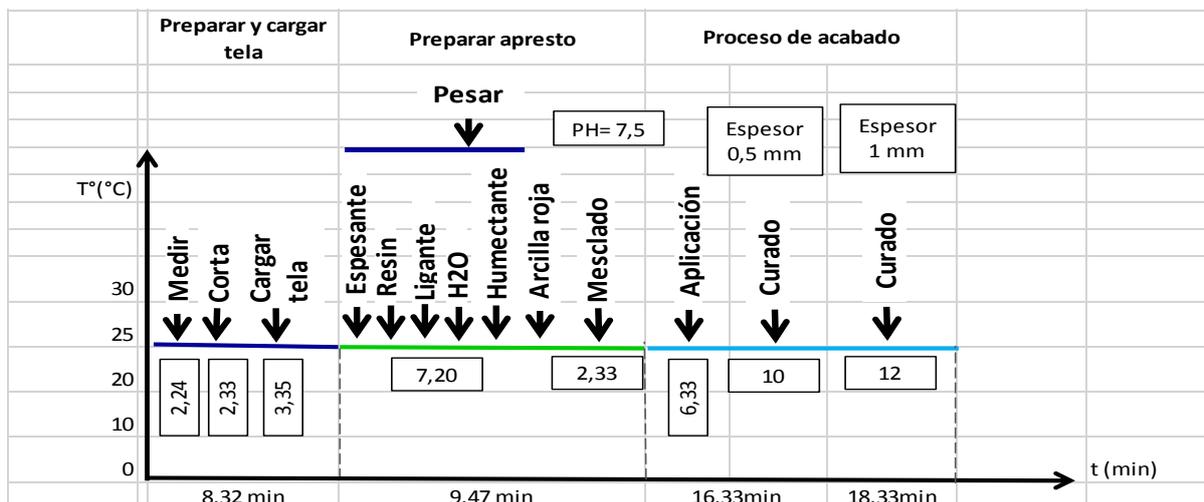


TABLA DE MATERIALES DE APLICACIÓN

Productos	% Porcentaje	Peso (gr)
Arcilla Roja	20	180
Resina	30	270
Ligante	20	180
Agua	24,5	220,5
Espesante	4,5	40,5
Humectante	1	9
Total	100,000	900

Véase porcentajes y cantidades utilizadas en pruebas del acabado ignífugo a base de arcilla roja al 20% y 1 mm de espesor.

CURVA DE PROCEDIMIENTO



Pruebas con un 1 mm un espesor

DATOS INFORMATIVOS

Prueba N° 4 Acabado ignífugo a base de arcilla roja

Método: Por recubrimiento

Material: Tela Jersey flame 100 % Algodón

Superficie de aplicación de capa: 24 cm x 60 cm

Espesor de capa: 1 mm

Número de muestras requeridas: 4

Gramos de apresto requerido por superficie de aplicación: 225 gr

Gramos de apresto total requerido: 900 gr

Máquina: Equipo manual diseñado y construido por el autor

Temperatura de aplicación: T ° Ambiente

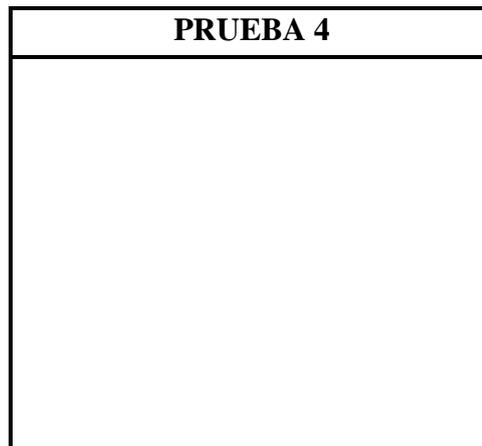
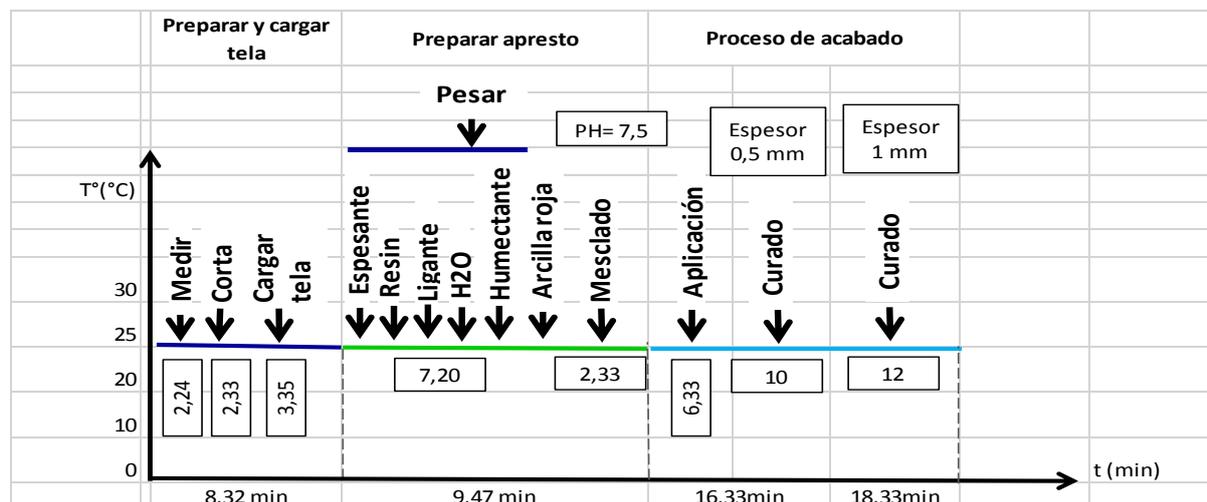


TABLA DE MATERIALES DE APLICACIÓN

Productos	% Porcentaje	Peso (gr)
Arcilla Roja	10	90
Resina	35,00	315
Ligante	20	180
Agua	28,50	256,5
Espesante	5,5	49,5
Humectante	1	9
Total	100,000	900

Véase porcentajes y cantidades utilizadas en pruebas del acabado ignífugo a base de arcilla roja al 10% y 1 mm de espesor.

CURVA DE PROCEDIMIENTO



Pruebas con un 0,5 mm un espesor

DATOS INFORMATIVOS

Prueba N° 5: Acabado ignífugo a base de arcilla roja

Método: Por recubrimiento

Material: Tela Jersey flame 100 % Algodón

Superficie de aplicación de capa: 24 cm x 60 cm

Espesor de capa: 0,5 mm

Número de muestras requeridas: 4

Gramos de apresto requerido por superficie de aplicación: 175 gr

Gramos de apresto total requerido: 700 gr

Máquina: Equipo manual diseñado y construido por el autor

Temperatura de aplicación: T ° Ambiente

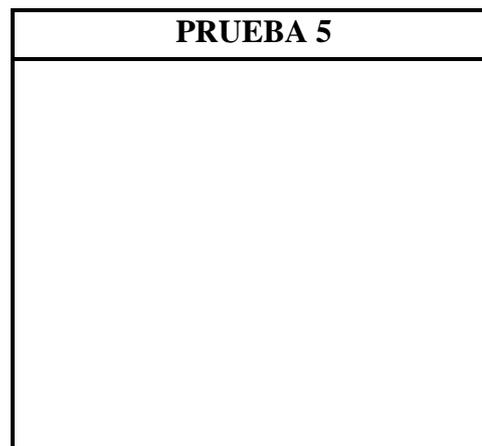
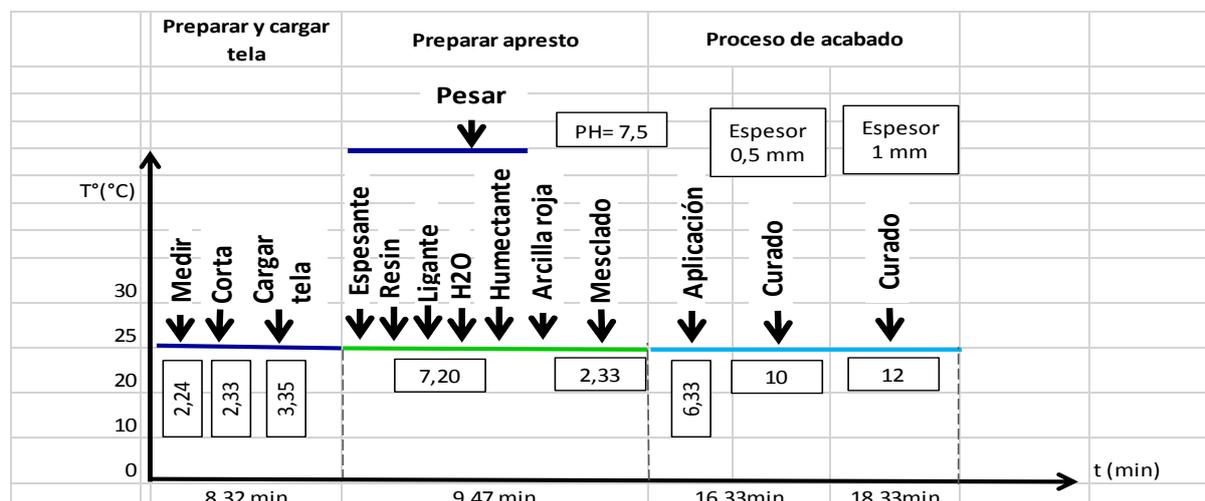


TABLA DE MATERIALES DE APLICACIÓN

Productos	% Porcentaje	Peso (gr)
Arcilla Roja	40	280
Resina	20,00	140
Ligante	20	140
Agua	15,50	108,5
Espesante	3,5	24,5
Humectante	1	7
Total	100,000	700

Véase porcentajes y cantidades utilizadas en pruebas del acabado ignífugo a base de arcilla roja al 40% y 0,5 mm de espesor.

CURVA DE PROCEDIMIENTO



Pruebas con un 0,5 mm un espesor

DATOS INFORMATIVOS

Prueba N° 6: Acabado ignífugo a base de arcilla roja

Método: Por recubrimiento

Material: Tela Jersey flame 100 % Algodón

Superficie de aplicación de capa: 24 cm x 60 cm

Espesor de capa: 0,5 mm

Número de muestras requeridas: 4

Gramos de apresto requerido por superficie de aplicación: 175 gr

Gramos de apresto total requerido: 700 gr

Máquina: Equipo manual diseñado y construido por el autor

Temperatura de aplicación: T ° Ambiente

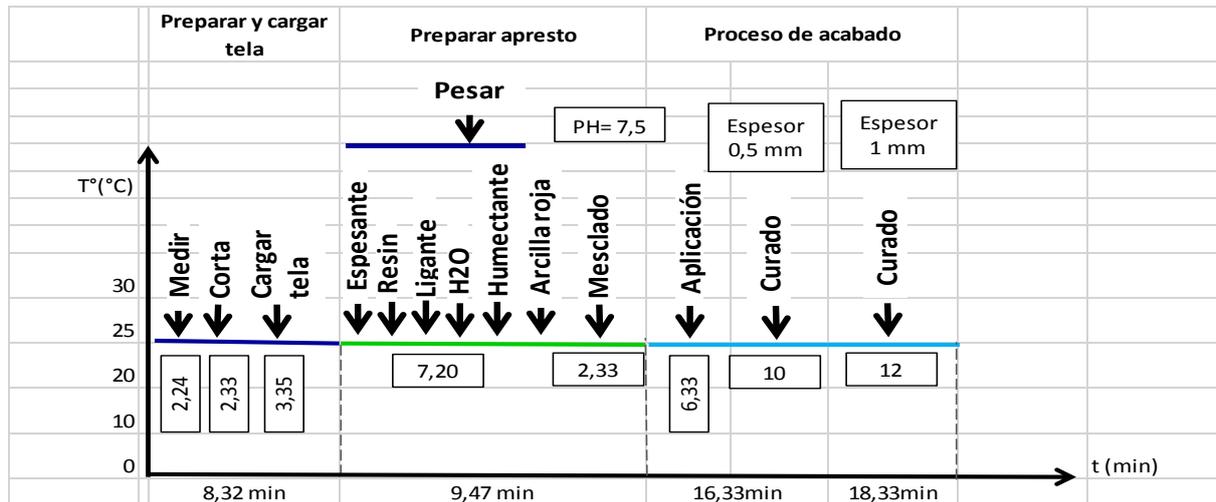
PRUEBA 6

TABLA DE MATERIALES DE APLICACIÓN

Productos	% Porcentaje	Peso (gr)
Arcilla Roja	30	210
Resina	25,00	175
Ligante	20	140
Agua	20,00	140
Espesante	4	28
Humectante	1	7
Total	100,000	700

Véase porcentajes y cantidades utilizadas en pruebas del acabado ignífugo a base de arcilla roja al 30% y 0,5 mm de espesor.

CURVA DE PROCEDIMIENTO



Pruebas con un 0,5 mm un espesor

DATOS INFORMATIVOS

Prueba N° 7: Acabado ignífugo a base de arcilla roja

Método: Por recubrimiento

Material: Tela Jersey flame 100 % Algodón

Superficie de aplicación de capa: 24 cm x 60 cm

Espesor de capa: 0,5 mm

Número de muestras requeridas: 4

Gramos de apresto requerido por superficie de aplicación: 175 gr

Gramos de apresto total requerido: 700 gr

Máquina: Equipo manual diseñado y construido por el autor

Temperatura de aplicación: T ° Ambiente

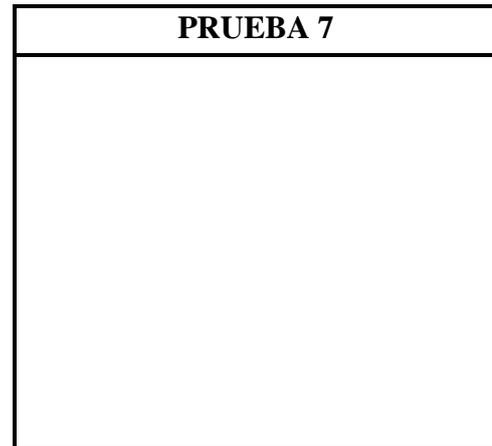
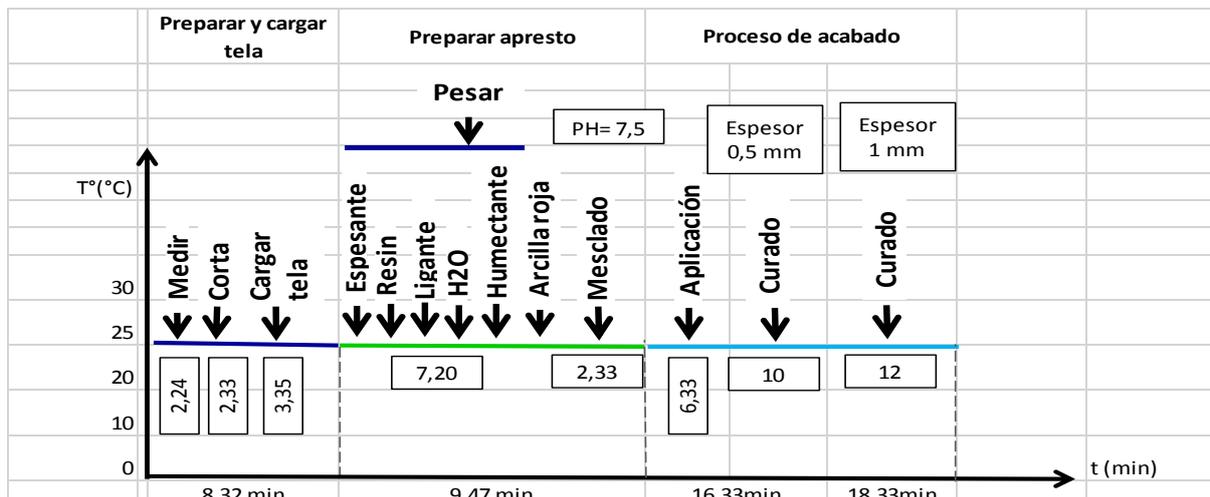


TABLA DE MATERIALES DE APLICACIÓN

Productos	% Porcentaje	Peso (gr)
Arcilla Roja	20	140
Resina	30,00	210
Ligante	20	140
Agua	24,50	171,5
Espesante	4,5	31,5
Humectante	1	7
Total	100,000	700

Véase porcentajes y cantidades utilizadas en pruebas del acabado ignífugo a base de arcilla roja al 20% y 0,5 mm de espesor.

CURVA DE PROCEDIMIENTO



Pruebas con un 0,5 mm un espesor

DATOS INFORMATIVOS

Prueba N° 8: Acabado ignífugo a base de arcilla roja

Método: Por recubrimiento

Material: Tela Jersey flame 100 % Algodón

Superficie de aplicación de capa: 24 cm x 60 cm

Espesor de capa: 0,5 mm

Número de muestras requeridas: 4

Gramos de apresto requerido por superficie de aplicación: 175 gr

Gramos de apresto total requerido: 700 gr

Máquina: Equipo manual diseñado y construido por el autor

Temperatura de aplicación: T ° Ambiente

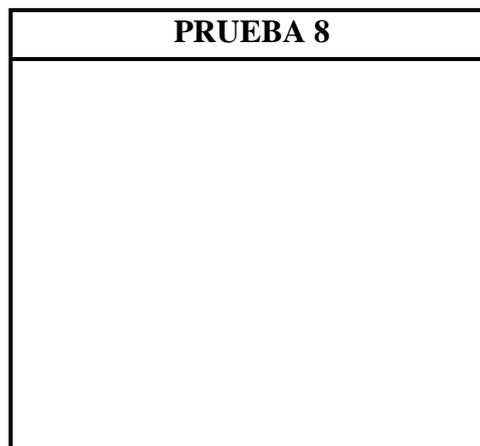
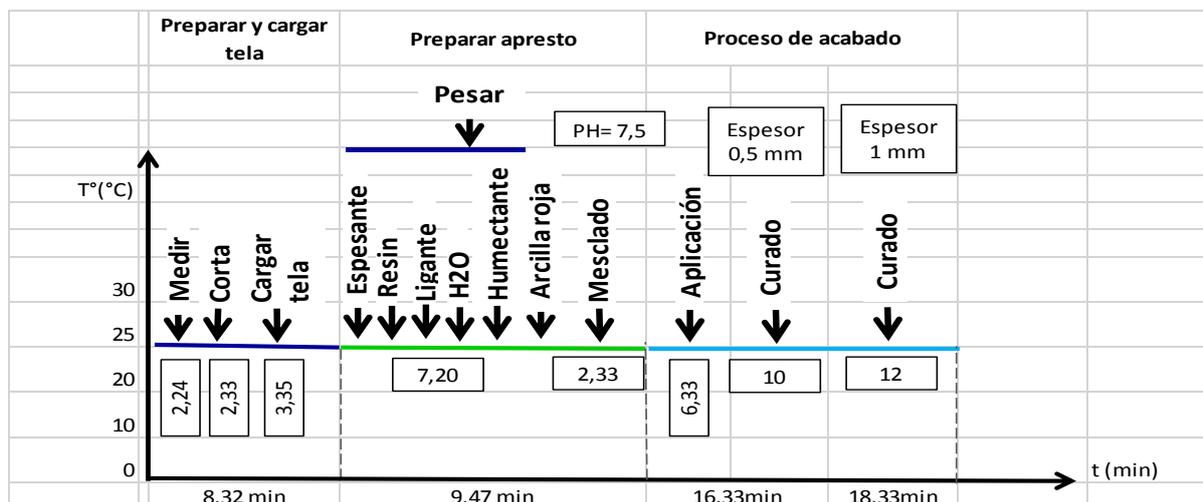


TABLA DE MATERIALES DE APLICACIÓN

Productos	% Porcentaje	Peso (gr)
Arcilla Roja	10	70
Resina	35,00	245
Ligante	20	140
Agua	28,50	199,5
Espesante	5,5	38,5
Humectante	1	7
Total	100,000	700

Véase porcentajes y cantidades utilizadas en pruebas del acabado ignífugo a base de arcilla roja al 10% y 0,5 mm de espesor.

CURVA DE PROCEDIMIENTO



6.1.2.1. *Resultado y análisis de los materiales de aplicación.*

En la tabla 24, se resumen a continuación las diferentes concentraciones y cantidades de los productos utilizados para el acabado textil a base de arcilla roja. El objetivo de la tabla, es con el fin de analizar los resultados obtenidos posterior al proceso de acabado en cuanto a apariencia, tacto y estructura del tejido; que básicamente dependen del espesor y concentración de los materiales utilizados.

Tabla 24. Resumen de los materiales aplicados en el acabado a base de arcilla roja.

DATOS	N° ensayo	% Arcilla Roja	% Resina	% Ligante	% Agua	% Espesante	% Humectante	Total
	1	10	35	20	28,5	5,5	1	100
	2	20	30	20	24,5	4,5	1	100
	3	30	25	20	20	4	1	100
	4	40	20	20	15,5	3,5	1	100
Cantidad de productos en gramos según porcentaje y espesor de recubrimiento: 0,5 mm								
Número de muestras necesarias	Cantidad de pasta requerida (gr)	Arcilla Roja (gr)	Resina (gr)	Ligante (gr)	Agua(gr)	Espesante (gr)	Humectante (gr)	Total (gr)
4	700	70	245	140	199,5	38,5	7	700
4	700	140	210	140	171,5	31,5	7	700
4	700	210	175	140	140	28	7	700
4	700	280	140	140	108,5	24,5	7	700
Cantidad de productos en gramos según porcentaje y espesor de recubrimiento: 1 mm								
Número de muestras necesarias	Cantidad de pasta requerida (gr)	Arcilla Roja (gr)	Resina (gr)	Ligante (gr)	Agua(gr)	Espesante (gr)	Humectante (gr)	Total (gr)
4	900	90	315	180	256,5	49,5	9	900
4	900	180	270	180	220,5	40,5	9	900
4	900	270	225	180	180	36	9	900
4	900	360	180	180	139,5	31,5	9	900

Véase el resumen de porcentajes y cantidades utilizadas en pruebas del acabado ignífugo a base de arcilla roja.

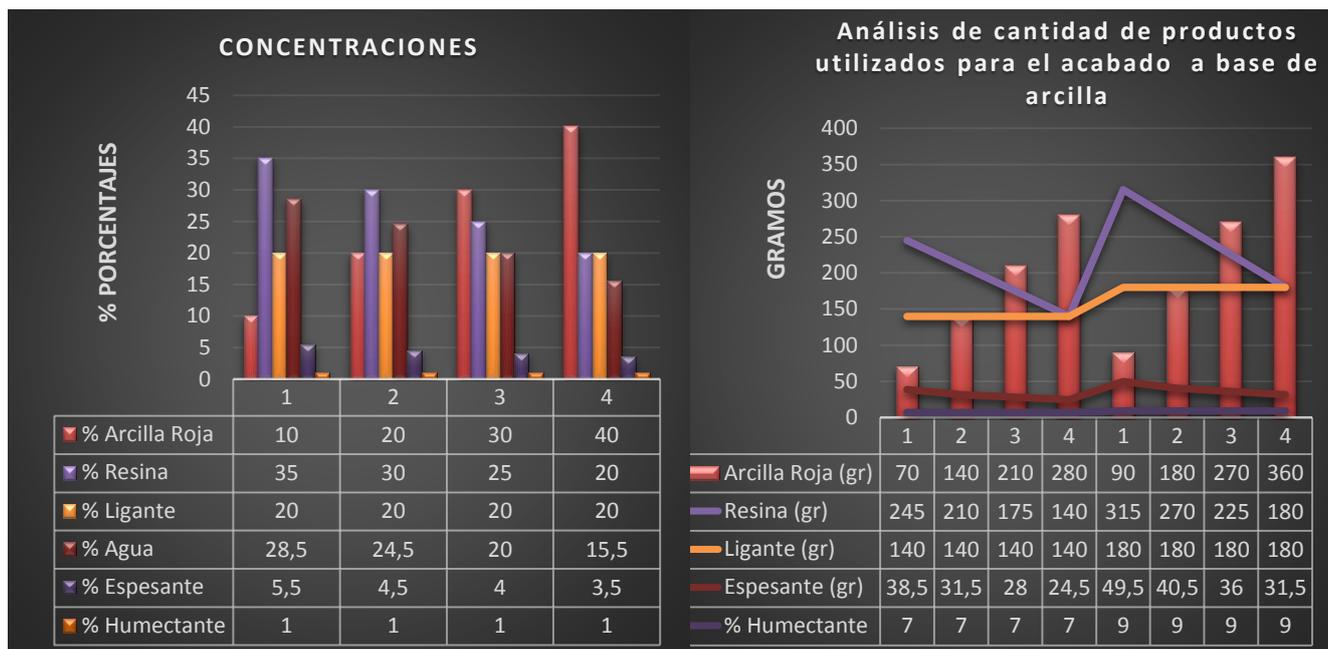


Figura 18. Análisis de influencia en la estructura y apariencia del tejido según cantidades de productos aplicados en acabado a base de arcilla.

Observaciones: La figura 18 muestra un resumen del acabado textil, que consiste en un proceso de recubrimiento a base de una pasta conformada por arcilla roja y otros materiales, cuyos porcentajes y cantidades se especifican también en la [tabla 24](#); posterior a dicho proceso se evaluaron cada uno de las muestras realizadas tanto visual como también de respuesta a la manipulación física de tacto que se evaluaron dentro de un rango de valoración del 1-8 siendo el 1 la mejor puntuación mismas que se indican en la [tabla 25](#).

Los resultados obtenidos, muestran la obtención de un tejido suave y ligero que no tiende a presentar una estructura quebradiza además de brillo y suavidad, cuando el recubrimiento aplicado es un apresto de baja cantidad de arcilla y una elevada cantidad de resina; mientras cuyo espesor también sea mucho menor y, viceversa el resultado es la obtención de un tejido áspero, rígido y quebradizo a medida que se va elevando la cantidad de arcilla y disminuyendo la cantidad de resina y obviamente también al aumentar su espesor.

Tabla 25. Resultados de observación del acabado.

Arcilla /Resina	Ligante /Agua	Espesante /Humectante	Espesor	Tacto	Resistencia a la manipulación (1-8)	Estructura	Apariencia (húmedo y brillante)
10/35	20/28,5	5,5/1	0,5 mm	Muy suave	1	Liguera y muy flexible	Aspecto muy (húmedo y brillante)
20/30	20/24,5	4,5/1	0,5 mm	Medio suave	3	Liguera y Buena Flexibilidad	Aspecto medio (húmedo y brillante)
30/25	20/20	4/1	0,5 mm	Medio suave	5	Liguera y media Flexible	Aspecto regular (húmedo y brillante)
40/20	20/15,5	3,5/1	0,5 mm	Suave	8	Rígida y muy quebradiza	Aspecto muy (seco y opaco)
10/35	20/28,5	5,5/1	1 mm	Muy suave	2	Mayor cuerpo y muy flexible	Aspecto muy (húmedo y brillante)
20/30	20/24,5	4,5/1	1 mm	Medio suave	4	Mayor cuerpo y buena Flexibilidad	Aspecto bueno (húmedo y brillante)
30/25	20/20	4/1	1 mm	Medio suave	6	Mayor cuerpo y bajamente flexible a quebradiza	Aspecto medio (húmedo y medio brillante)
40/20	20/15,5	3,5/1	1 mm	Suave	7	Rígida y quebradiza	Aspecto (seco y opaco)

Véase los resultados de apariencia y tacto del tejido.

Resultado: De los diferentes ensayos realizados, la obtención de un tejido suave de aspecto muy húmedo brillante y de mayor flexibilidad, es cuando el apresto utilizado presenta una cantidad del 10% de arcilla, 35% de resina, 20% de ligante, 28,5% de agua, 5,5% de espesante y 1% de humectante; reduciendo sus cualidades en algunos aspectos, a medida que se va aumentando la cantidad de arcilla y disminuyendo la cantidad de resina, espesante y agua; tal es así la obtención de un tejido rígido y muy quebradizo a pesar de presentar un tacto suave cuando el apresto empleado es a base del 40% de arcilla, 20% de resina, 20% de ligante, 15,5% de agua, 3,5% de espesante y 1% de humectante. No obstante, los mejores resultados se obtienen a recubrimientos de menor espesor (0,5 mm); de tal manera que los resultados logrados en cuanto a características de apariencia y estructura de tejido a base de aprestos que contienen el 20% y 30% de arcilla son muy alentadores y favorables dado que los tejidos obtenidos son medianamente suaves, de flexibles a medianamente flexible que resistente a la

manipulación física de tacto. Sin embargo, es importante destacar resultados favorables obtenidos con acabados a base de arcilla al 20% y 10% de 1 mm de espesor donde el tejido presenta cualidades de buena suavidad, gran cuerpo y flexibilidad; que permiten buena resistencia de manipulación física de tacto, donde al final todo dependerá del uso y campo de aplicación al que ira dirigida.

6.1.3. Pruebas del ensayo al fuego.

En la siguiente tabla, se indican los datos y valores requeridos para proceder con el ensayo al fuego; a partir de las muestras con el acabado. Nótese la superficie, el número de especímenes requeridos para cada ensayo y otros parámetros necesarios de acuerdo a las condiciones del equipo (Flexiburn) y condiciones descritas en la norma ISO 15025.

Tabla 26. Datos generales para ensayo al fuego.

Datos requeridos del material para ensayo al fuego con 1 mm de espesor de recubrimiento			
Superficie del material con el acabado:	(24cmx60cm)	Número de muestras realizadas por cada concentración de apresto aplicada en el acabado:	4
Superficie de espécimen para ensayo al fuego según la Norma ISO 15025 E 2000:	(20cmx16cm)	Número de especímenes a obtenidas por cada muestra con el acabado:	3
Número de especímenes por ensayo según la Norma ISO 15025 E 2000:	6	Total especímenes con el acabado x cada concentración de apresto empleado:	12
Número de concentraciones ensayadas:	4	Total, especímenes necesarios:	48
Datos requeridos del material para ensayo al fuego con 0,5 mm de espesor de recubrimiento			
Superficie del material con el acabado:	(24cmx60cm)	Número de muestras realizadas por cada concentración de apresto aplicada en el acabado:	4
Superficie de espécimen para ensayo al fuego según la Norma ISO 15025 E 2000:	(20cmx16cm)	Número de especímenes a obtenidas por cada muestra con el acabado:	3
Número de especímenes por ensayo según la Norma ISO 15025 E 2000:	6	Total especímenes con el acabado x cada concentración de apresto empleado:	12
Número de concentraciones ensayadas:	4	Total, especímenes necesarios:	48
		Total especímenes:	96
Datos requeridos del equipo (Flexiburn) para ensayo al fuego			
Tiempo de aplicación de llama según la Norma ISO 15025 E 2000:	10 Seg	Tiempo de aplicación de llama a nivel experimental:	15 Seg
T ° media de llama alcanzada a los 10 Sg:	555 °C	T ° media de llama alcanzada a los 15 Sg:	667 °C
Tipo de ensayo al fuego:	Por superficie: Lado del sustrato con el acabado		

Véase los datos y valores requeridos para los ensayos al fuego.

6.1.3.1. *Ensayos e informe de prueba.*

Además de los datos enunciados en la [tabla 26](#); es importante dar a conocer un informe de prueba misma que provee de cierta información acerca del proceso de ensayo al fuego, llevada a cabo dentro de un laboratorio (ISO 15025: 2000 (E), 2016). En este caso el laboratorio que se ubica en la Planta Textil Académica de la Universidad Técnica del Norte.

Informe del ensayo al fuego:

- a) *Declaración de que la prueba se llevó a cabo de acuerdo con esta Norma Internacional, es decir, ISO 15025, y detalles de cualquier desviación con respecto a ella: Se ha llevado cada uno de los procesos de ensayo al fuego; acatando cada uno de los términos y requerimientos mencionados en dicha norma; misma que contribuyo a la optimización de resultados.*
- b) *Tipo de gas utilizado: Gas doméstico de propano.*
- c) *Fecha de la prueba: Desde 14/01/19 hasta 18/04/19.*
- d) *Condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa en la zona en que la prueba se lleva a cabo (ver 8.1.1): Condiciones del laboratorio CITEX; que logran rangos de temperatura y Humedad relativa (10 ° C y 30 ° C) y (15% y 80%).*
- e) *Técnica utilizada para unir tejidos que no pueden ser soportados en los pasadores (véase 7.1.2): No es requerido.*
- f) *Identificación de la tela de prueba incluyendo los detalles de cualquier tratamiento previo, por ejemplo, un procedimiento de limpieza: Tejido de punto algodón 100% con acabado a base de arcilla roja, resinas etc. para mayor información diríjase a la [tabla 25](#).*
- g) *Tipo de superficie expuesta hacia la llama y del tipo de ignición utilizado, es decir, la superficie o ignición borde inferior: Se aplicó por superficie con el acabado*
- h) *Para cada muestra de ensayo la información detallados en 8.2.1.3 como es requerido por la especificación de funcionamiento apropiado: Véase la Norma ISO 15025 o diríjase al apartado [\(5.11\)](#).*
- i) *Indicación de las capas en el que se desarrolló; agujeros durante la prueba de encendido de superficie, como se requiere en 8.2.1.3 para los especímenes de múltiples capas: Véase la Norma ISO 15025 o diríjase al apartado [\(5.11\)](#).*

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor

PRUEBA N° 1: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 40% y resina al 20%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor

PRUEBA N° 2: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 40% y resina al 20%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor

PRUEBA N° 3: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 30% y resina al 25%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor

PRUEBA N° 4: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 30% y resina al 25%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor

PRUEBA N° 5: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 20% y resina al 30%

Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor

PRUEBA N° 6: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 20% y resina al 30%

Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor

PRUEBA N° 7: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 10% y resina al 35%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor

PRUEBA N° 8: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 10% y resina al 35%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor

PRUEBA N° 9: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 40% y resina al 20%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor

PRUEBA N° 10: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 40% y resina al 20%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor

PRUEBA N° 11: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 30% y resina al 25%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor

PRUEBA N° 12: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 30% y resina al 25%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor

PRUEBA N° 13: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 20% y resina al 30%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor

PRUEBA N° 14: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 20% y resina al 30%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor

PRUEBA N° 15: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 10% y resina al 35%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

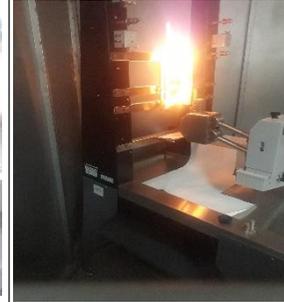
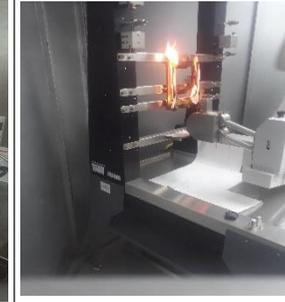
Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor

PRUEBA N° 16: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 10% y resina al 35%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido de punto Jersey Flame Algodón 100% sin acabado

ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado: Sin acabado					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido de punto Jersey Flame Algodón 100% sin acabado

Resultados

Concentración de acabado a base de Arcilla al 10% y resina al 35%					
Tiempo (min) de incendiado 1,17	Tiempo (min) de incendiado 1,17	Tiempo (min) de incendiado 1,17	Tiempo (min) de incendiado 1,17	Tiempo (min) de incendiado 1,17	Tiempo (min) de incendiado 1,17
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

6.1.4. *Análisis y Evaluación de resultados ensayos al fuego.*

El análisis de resultados se llevó a cabo a partir del método de estadística descriptiva, en la cual se requirió de valores numéricos de medición (longitud carbonizada), construcción de tablas, gráficas y por supuesto cálculos de medidas de tendencia central y dispersión; que permitió comparar la propiedad de resistencia al fuego de los diferentes acabados ignífugos realizados, mismas que se sometieron a ensayos del fuego para tiempos de 10 y 15 segundos o en dicha instancia a una temperatura promedio alcanzada de 555 °C y 667 °C para dichos tiempos.

6.1.4.1. *Test de Normalidad.*

Las tablas [27](#), [28](#), [29](#) y [30](#) muestran los valores obtenidos a partir de la medición de longitud carbonizada posterior a los ensayos al fuego, mismos que han sido sometidos a un test de normalidad con la finalidad de determinar si dichos datos en primera cumplen una distribución normal (campana de Gauss) y en segunda aprobar o rechazar una hipótesis. Según Hammer (1999-2019) afirma:

Para las cuatro pruebas, la hipótesis nula es H_0 : La muestra fue tomada de una población con distribución normal. Si la p dada (normal) es menor que 0.05, la distribución normal puede ser rechazada (marcada en rosa). De las pruebas dadas, Shapiro-Wilk y Anderson-Darling se consideran las más exactas, y Lilliefors y Jarque-Bera se dan como referencia. (pág. 82)

De esta manera un test de normalidad permitirá no solo aprobar o rechazar una hipótesis, sino también demostrar confiabilidad y procesamiento de datos. Como menciona Vega (2018). “Un test de normalidad es con la finalidad de establecer si los valores de la medición (...) se distribuyen normalmente y si los datos se pueden someter a un análisis estadístico” (pág. 65).

Tabla 27. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 40% y resina al 20%.

Test de Normalidad: Ensayo al fuego Acabado a base de arcilla al 40% y resina al 20%								
Prueba 1: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 1 mm	Prueba 2: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 1 mm	Prueba 9: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 0,5 mm	Prueba 10: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 0,5 mm	Análisis de Normalidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 9	Prueba 10
0,9	1,7	2,4	2,2	N	6	6	6	6
				Shapiro-Wilk W	0,8431	0,9428	0,9144	0,9324
0,5	2,5	1,8	2	p(normal)	0,1383	0,682	0,4661	0,5991
				Anderson-Darling A	0,4958	0,2391	0,3055	0,238
1	1,5	2,3	2,9	p(normal)	0,125	0,6316	0,4422	0,636
				p(Monte Carlo)	0,133	0,7172	0,4935	0,7181
0,5	0,9	1,8	1	Lilliefors L	0,2942	0,1784	0,2326	0,1925
				p(normal)	0,1048	0,7946	0,3923	0,6925
1,1	1	1,3	1,6	p(Monte Carlo)	0,1071	0,8108	0,4036	0,6992
				Jarque-Bera JB	0,7179	0,3171	0,5935	0,3851
0,9	1,8	0,5	2,9	p(normal)	0,6984	0,8534	0,7432	0,8248
				p(Monte Carlo)	0,3068	0,8305	0,4747	0,7628

Véase análisis de datos Test de Normalidad.

Tabla 28. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 30% y resina al 25%.

Test de Normalidad: Ensayo al fuego Acabado a base de arcilla al 30% y resina al 25%								
Prueba 3: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 1 mm	Prueba 4: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 1 mm	Prueba 11: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 0,5 mm	Prueba 12: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 0,5 mm	Análisis de Normalidad	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 11	Prueba 12
2,2	2,6	3,2	2,8	N	6	6	6	6
				Shapiro-Wilk W	0,8639	0,776	0,9004	0,9424
0,9	3	3,6	4,7	p(normal)	0,2029	0,03537	0,3763	0,6786
				Anderson-Darling A	0,4229	0,7265	0,3156	0,2809
2,1	2,6	3	4,5	p(normal)	0,2062	0,02684	0,4148	0,5092
				p(Monte Carlo)	0,2183	0,027	0,4611	0,5604
2,3	1	2,1	3,3	Lilliefors L	0,2405	0,3649	0,2031	0,2334
				p(normal)	0,3407	0,01374	0,6111	0,3868
1,7	1,1	2,1	4,8	p(Monte Carlo)	0,3562	0,0127	0,6066	0,3954
				Jarque-Bera JB	0,7818	0,8994	0,6074	0,3302
0,5	2,6	2,4	5,8	p(normal)	0,6765	0,6378	0,7381	0,8478
				p(Monte Carlo)	0,2351	0,1634	0,4504	0,8229

Véase análisis de datos Test de Normalidad.

Tabla 29. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 20% y resina al 30%.

Test de Normalidad: Ensayo al fuego Acabado a base de arcilla al 20% y resina al 30%								
Prueba 5: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 1 mm	Prueba 6: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 1 mm	Prueba 13: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 0,5 mm	Prueba 14: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 0,5 mm	Análisis de Normalidad	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 13	Prueba 14
2,2	3,5	3,3	4,4	N	6	6	6	6
				Shapiro-Wilk W	0,8519	0,9319	0,9567	0,9747
2,2	2,2	3,1	3,2	p(normal)	0,163	0,5951	0,7939	0,9225
				Anderson-Darling A	0,4984	0,2664	0,2053	0,1689
1,7	3,1	3,5	5,5	p(normal)	0,1227	0,5406	0,7647	0,8829
				p(Monte Carlo)	0,126	0,611	0,8312	0,9394
2,3	2,7	2,7	5	Lilliefors L	0,2845	0,2116	0,1526	0,1618
				p(normal)	0,1331	0,5449	0,9507	0,8932
1,5	3,1	2,1	4,8	p(Monte Carlo)	0,1333	0,5471	0,9455	0,9081
				Jarque-Bera JB	0,7636	0,4793	0,4958	0,3971
1,7	2,3	2,9	3,8	p(normal)	0,6826	0,7869	0,7804	0,8199
				p(Monte Carlo)	0,2556	0,6355	0,615	0,7443

Véase análisis de datos Test de Normalidad.

Tabla 30. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 10% y resina al 35%.

Test de Normalidad: Ensayo al fuego Acabado a base de arcilla al 10% y resina al 35%								
Prueba 7: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 1 mm	Prueba 8: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 1 mm	Prueba 15: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 0,5 mm	Prueba 16: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 0,5 mm	Análisis de Normalidad	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 15	Prueba 16
1,4	2,3	2	4,9	N	6	6	6	6
				Shapiro-Wilk W	0,9125	0,6247	0,9063	0,909
3,3	2,1	2,8	3,8	p(normal)	0,4532	0,0009006	0,4124	0,43
				Anderson-Darling A	0,3104	1,131	0,3468	0,3107
2	2,4	4,5	3,4	p(normal)	0,4286	0,001766	0,34	0,428
				p(Monte Carlo)	0,4709	0,0013	0,3688	0,4697
1,5	5,4	3	6,1	Lilliefors L	0,2279	0,4063	0,2648	0,2049
				p(normal)	0,4249	0,001635	0,2092	0,5972
2,2	2,2	2,3	3,3	p(Monte Carlo)	0,4405	0,0028	0,2179	0,6077
				Jarque-Bera JB	0,5644	3,231	0,755	0,5145
2,3	2,6	3,1	4,8	p(normal)	0,7541	0,1988	0,6856	0,7732
				p(Monte Carlo)	0,5033	0,0012	0,262	0,5899

Véase análisis de datos Test de Normalidad.

Tabla 31. Test de normalidad: Sustrato sin acabado.

Test de Normalidad: Ensayo al fuego Tejido de punto algodón 100% sin acabado		
Tiempo de extensión (Tiempo en que se quema el espécimen (Sg))	Análisis de normalidad	
1,17	N	6
	Shapiro-Wilk W	0,8805
1,28	p(normal)	0,2713
	Anderson-Darling A	0,4077
1,17	p(normal)	0,2282
	p(Monte Carlo)	0,2518
1,11	Lilliefors L	0,3015
	p(normal)	0,0867
1,13	p(Monte Carlo)	0,0911
	Jarque-Bera JB	0,7624
1,36	p(normal)	0,6831
	p(Monte Carlo)	0,2604

Véase análisis de datos Test de Normalidad.

De acuerdo al test de normalidad se demuestra que los datos obtenidos a partir de las mediciones de longitud carbonizada posterior a los ensayos de fuego, son valores que provienen de una población o distribución normal y que pueden seguir un proceso estadístico. Nótese como según los test de normalidad de Shapiro-Wilk W y Anderson-Darling A, que son las más exactas, además de Jarque-Bera en el caso de la [prueba 4](#) tabla 28 y [prueba 8](#) tabla 30; evidencian valores de p (normal) superior al 0,05, que permiten aceptar la hipótesis nula y por ende permitir continuar con el procesamiento de datos y respectivo análisis.

6.1.4.2. *Análisis de resistencia al fuego del acabado a base de arcilla al 40% y resina al 20%.*

Tabla 32. Análisis de Resistencia al fuego (Prueba 1).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 40% y resina al 20%				Espesor: 1 mm		Tiempo de ensayo: 10 Seg	
N° de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 10 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	0,9	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	0,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	0,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	1,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	0,9	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	0,8167						

Véase datos observados del ensayo de fuego para 10 segundos.

Tabla 33. Análisis de Resistencia al fuego (Prueba 2).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 40% y resina al 20%				Espesor: 1 mm		Tiempo de ensayo: 15 Seg	
N° de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	1,7	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	2,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	1,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	0,9	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	1,8	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	1,567						

Véase datos observados del ensayo de fuego para 15 segundos.

Tabla 34. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 9).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 40% y resina al 20%				Espesor: 0,5 mm		Tiempo de ensayo: 10 Seg	
Nº de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 10 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	2,4	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	1,8	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	2,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	1,8	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	1,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	0,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	1,683						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 10 segundos.

Tabla 35. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 10).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 40% y resina al 20%				Espesor: 0,5 mm		Tiempo de ensayo: 15 Seg	
Nº de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	2,2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	2,9	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	1,6	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	2,9	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	2,10						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 15 segundos.

Observaciones: Se ha podido notar gran resistencia al fuego por parte del textil con un acabado a base de arcilla al 40% y resina al 20%, por su puesto los mismos difieren en cuanto al espesor de acabado y tiempo de ensayo; nótese mayor longitud dañada y por ende menor resistencia al fuego a medida que se aumenta el tiempo de ensayo y como también al disminuir

el espesor del acabado. Uno de los mejores resultados a un espesor de 1 mm y 0,5 mm son las muestras; 4 ([Pruebas 2](#)) y 4 de la ([Pruebas 10](#)), respectivamente, puesto que presentan una longitud mínima carbonizada de 0,9 cm y 1 cm a un tiempo máximo de ensayo de 15 segundos. No obstante, ninguna de las pruebas descritas en las [tablas 32, 33, 34, 35](#) presenta algún tipo de resultado desfavorable frente a la acción del fuego puesto que no se ha logrado ver algún tipo de daño en el tejido base, así como agujeros, desechos, combustión posterior, luminiscencia residual o una facilidad de propagación de fuego, mostrando únicamente pequeñas superficies bajamente carbonizadas que demuestra una buena resistencia al fuego por parte del textil.

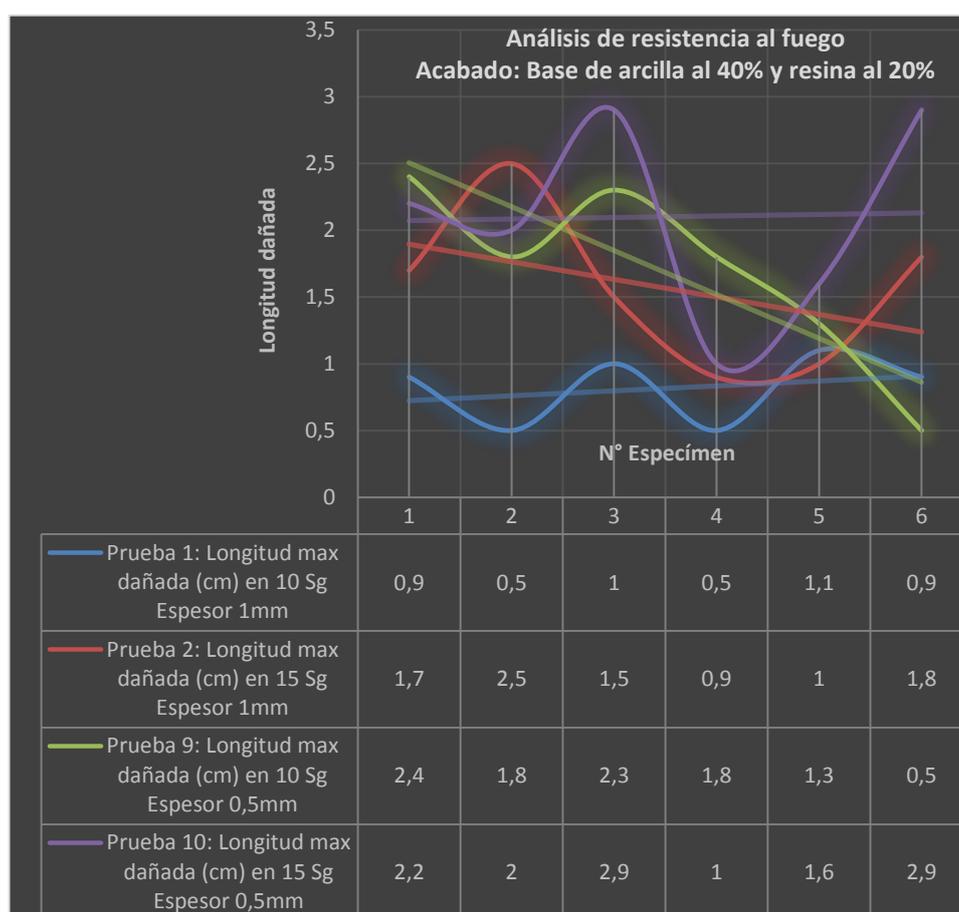


Figura 19. Análisis de resistencia al fuego para 10 y 15 Sg. Acabado de arcilla al 40%.

Resultado: Un tejido de algodón 100% cuyo acabado es a base del 40% de arcilla y 20% de resina, muestra resultados muy favorables en cuanto a resistencia al fuego, tanto a 0,5 mm

como a 1 mm de espesor. Los resultados fueron muy alentadores tanto a los 10 como 15 segundos, dado que en comparación con otras concentraciones de acabado además de existir menores longitudes carbonizadas, no mostraron indicios de formación agujeros, algún tipo de presencia de luminiscencia residual, combustión posterior, presencia de desechos o propagaciones que alcancen bordes laterales o superior; en este caso dichas pruebas cumplen con los requerimientos de la norma ISO 15025:2000 (E) del 2016 y el proyecto de Norma Técnica UNIT-IEC 61482-2 del 2018, los mismos descritos en el apartado (5.11). Sin embargo, cabe recordar las características del tejido evaluadas en el apartado (6.1.2.1) [tabla 25](#); en la cual se dio a conocer como un tejido de apariencia seca y opaca, de tacto áspero, rígido y quebradizo en los dos tipos de espesor, dando como resultado un tejido resistente al fuego, pero de una débil resistencia a la manipulación física de tacto y características pobres de un tejido.

6.1.4.3. *Análisis de resistencia al fuego del acabado a base de arcilla al 30% y resina al 25%.*

[Tabla 36.](#) Análisis de resistencia al fuego (Prueba 3).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 30% y resina al 25%				Espesor: 1 mm		Tiempo de ensayo: 10 Seg	
N° de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 10 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	2,2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	0,9	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	2,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	2,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	1,7	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	0,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	1,62						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 10 segundos.

Tabla 37. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 4).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 30% y resina al 25%			Espesor: 1 mm			Tiempo de ensayo: 15 Seg	
Nº de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	2,6	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	2,6	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	1,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	2,6	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	2,15						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 15 segundos.

Tabla 38. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 11).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 30% y resina al 25%			Espesor: 0,5 mm			Tiempo de ensayo: 10 Seg	
Nº de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 10 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	3,2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	3,6	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	2,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	2,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	2,4	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	2,73						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 10 segundos.

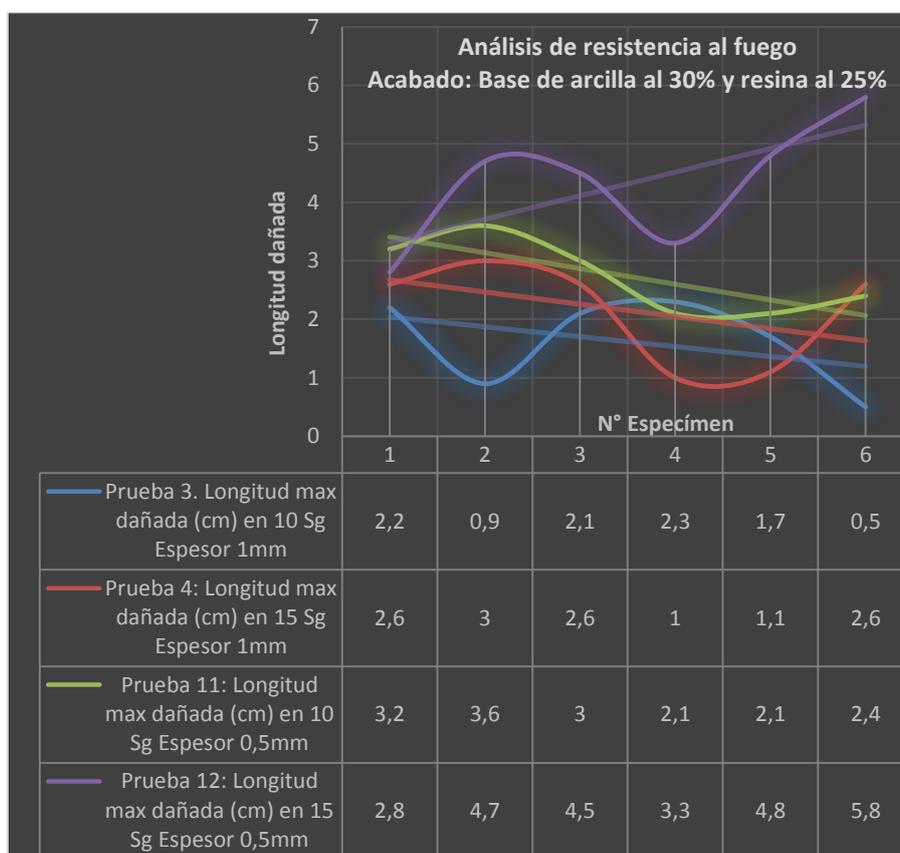
Tabla 39. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 12).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 30% y resina al 25%				Espesor: 0,5 mm		Tiempo de ensayo: 15 Seg	
Nº de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	2,8	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	4,7	No alcanzan bordes superior y vertical	No	Si	Si	No	Si
3	4,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	Si	Si	No	Si
4	3,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	4,8	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	5,8	No alcanzan bordes superior y vertical	No	Si	Si	No	Si
Media	4,317						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 15 segundos.

Observaciones: La disminución de resistencia al fuego en cuanto a pruebas con un menor espesor y a un mayor tiempo de ensayo de fuego son obvias; no obstante, se ha visto como al bajar la concentración de arcilla al 30% y aumentar resina del 20 al 25%, ha existido un decremento en cuanto a la propiedad de resistencia al fuego y aún más a espesores de 0,5 mm; pero, por otro lado un mejoramiento significativo en cuanto a propiedades de tacto, estructura, flexibilidad y resistencia de manipulación mismas que se describen en la [tabla 25](#). Uno de los mejores resultados a espesores de 1 mm y 0,5 mm; son la muestra 4 de la ([prueba 4](#)) y muestra 1 de la ([prueba 12](#)) cuyas longitudes carbonizadas a un tiempo máximo de ensayo de 15 segundos son respectivamente de 1 cm y 2,8 cm, donde en el primero puede verse una variación de 0,1 mm y en el segundo una variación de 0,8 mm en comparación con acabados al 40% de arcilla y 20% de resina. Los resultados en cuanto a resistencia al fuego, son muy favorecedores para espesores de 1 mm cuando se ensayan para 10 y 15 segundos y 0,5 mm de espesor cuando se ensayan para 10 segundos puesto que no se ha logrado ver algún tipo de daño en el tejido, así como agujeros, desechos, combustión posterior, luminiscencia residual o una facilidad de propagación de fuego, mostrando únicamente pequeñas superficies carbonizadas. No obstante,

los resultados logrados para espesores de 0,5 mm a tiempos de ensayo de 15 segundos son aun buenos, en vista de que no se ha visto efectos negativos de presencia de luminiscencia residual o combustión posterior, dado que además solo 3 de 6 de la ([prueba 12](#)) muestras (2; 3; 6) presentan daños y carbonización en la zona afectada del tejido, mientras que solo las probetas (2 y 6) al igual presentan una formación de agujero igual o >5 mm y por ende presencia de desechos; cabe dar a conocer que los mismos no han sido formados durante el ensayos al fuego, sino más bien durante el análisis y evaluación de la prueba.



[Figura 20](#). Análisis de resistencia al fuego para 10 y 15 Sg. Acabado de arcilla al 30%.

Resultado: Se han realizado 4 tipos de pruebas; con un total de 24 ensayos al fuego mismos que se describen anteriormente en las tablas ([36](#); [37](#); [38](#); [39](#)). Los resultados según la ([prueba 12](#)) indican únicamente 3 de 6 probetas que muestran daños e inicios de carbonización en el tejido, mientras que dos de ellas además muestra una formación de agujero igual o >5 mm y presencia de desechos. No obstante, los resultados obtenidos por parte de las [pruebas](#) ([3](#); [4](#); [11](#)

y 12) son bastante alentadoras frente a la acción del fuego; dado que 22 de las probetas ensayadas cumplen con los requerimientos de la norma ISO 15025:2000 (E) del 2016 y el proyecto de Norma Técnica UNIT-IEC 61482-2 del 2018; es decir que han resistido al fuego con total normalidad a un tiempo de 10 segundos e incluso a un tiempo de 15 segundos que es el tiempo que se ha optado como una forma de experimentación y además no se ha visto ningún tipo de formación de agujero, facilidad de propagación, luminiscencia residual o combustión posterior. De esta forma resultado un tejido bastante resistente al fuego; además de lograrse propiedades de tacto de una suavidad media y un mejoramiento en cuanto a la resistencia a la manipulación física, que en base a un rango de valoración del 1 al 8 se lo ha calificado con un valor de 5 y 6 para espesores de 0,5 mm y 1 mm respectivamente; mismos que en el primer caso, ha resultado un tejido cuya estructura muestra una flexibilidad media que hace posible su manipulación y menos propensa formar superficies quebradizas.

6.1.4.4. *Análisis de resistencia al fuego del acabado a base de arcilla al 20% y resina al 30%.*

Tabla 40. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 5).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 20% y resina al 30%				Espesor: 1 mm		Tiempo de ensayo: 10 Seg	
N° de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 10 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	2,2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	2,2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	1,7	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	2,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	1,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	1,7	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	1,93						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 10 segundos.

Tabla 41. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 6).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 20% y resina al 30%			Espesor: 1 mm			Tiempo de ensayo: 15 Seg	
Nº de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	3,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	2,2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	3,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	2,7	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	3,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	2,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	2,8167						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 15 segundos.

Tabla 42. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 13).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 20% y resina al 30%			Espesor: 0,5 mm			Tiempo de ensayo: 10 Seg	
Nº de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 10 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	3,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	Si	No	Si
2	3,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	3,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	Si	No	Si
4	2,7	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	2,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	2,9	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	2,93						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 10 segundos.

Tabla 43. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 14).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 20% y resina al 30%			Espesor: 0,5 mm			Tiempo de ensayo: 15 Seg	
Nº de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	4,4	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	3,2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	5,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	Si	Si	No	Si
4	5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	Si	No	Si
5	4,8	No alcanzan bordes superior y vertical	No	Si	Si	No	Si
6	3,8	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	4,450						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 15 segundos.

Observaciones: Un tejido de algodón 100% a base de un acabado de arcilla al 20% y resina al 30% en comparación de un tejido con un acabado a base de arcilla al 40% y resina al 20% ha presentado una considerable disminución en cuanto a la propiedad de resistencia al fuego y una baja diferencia entre un tejido con un acabado a base de arcilla al 30% y resina al 25.

Los resultados indican una buena resistencia al fuego para tiempos de ensayos a los 10 y 15 segundos en cuanto a un espesor de 1 mm ya que no se ha visto reacciones post pruebas negativas tales como combustiones posteriores, luminiscencia residual o formaciones de agujeros; por otro lado, las pruebas para tiempos de ensayo de 10 segundos en acabados para un espesor de 0,5 mm se muestran de buena a medianamente resistentes al fuego, puesto que según la ([prueba 13](#)) 4 de 6 probetas se ven afectadas; muestras (4; 6) donde cuyo daño es mínimo y muestras (1; 3) que a pesar de que no existió formación de agujeros durante las pruebas, dichas partes afectadas y debilitadas dieron lugar a formación orificios no >5 mm durante el análisis y evaluación de pruebas.

Sin embargo, ensayos al fuego para un tiempo de 15 segundos en acabados de un espesor de 0,5 mm son de baja a media resistencia puesto que de la misma manera; según la ([prueba](#)

14) 4 de 6 muestras se han visto afectadas, donde la probeta (1) muestra un mínimo daño en el tejido aunque no presenta tendencia a formar agujero, mientras que las probeta (4) presenta daños en el tejido con formaciones de agujeros no >5 mm y las probetas (3 y 5) que presentan una formación de agujero >5 mm en las zonas afectadas respectivamente, cabe recalcar nuevamente que la formación de agujeros se ha dado en la etapa de análisis y evaluación de pruebas realizadas posterior a los ensayos de fuego.

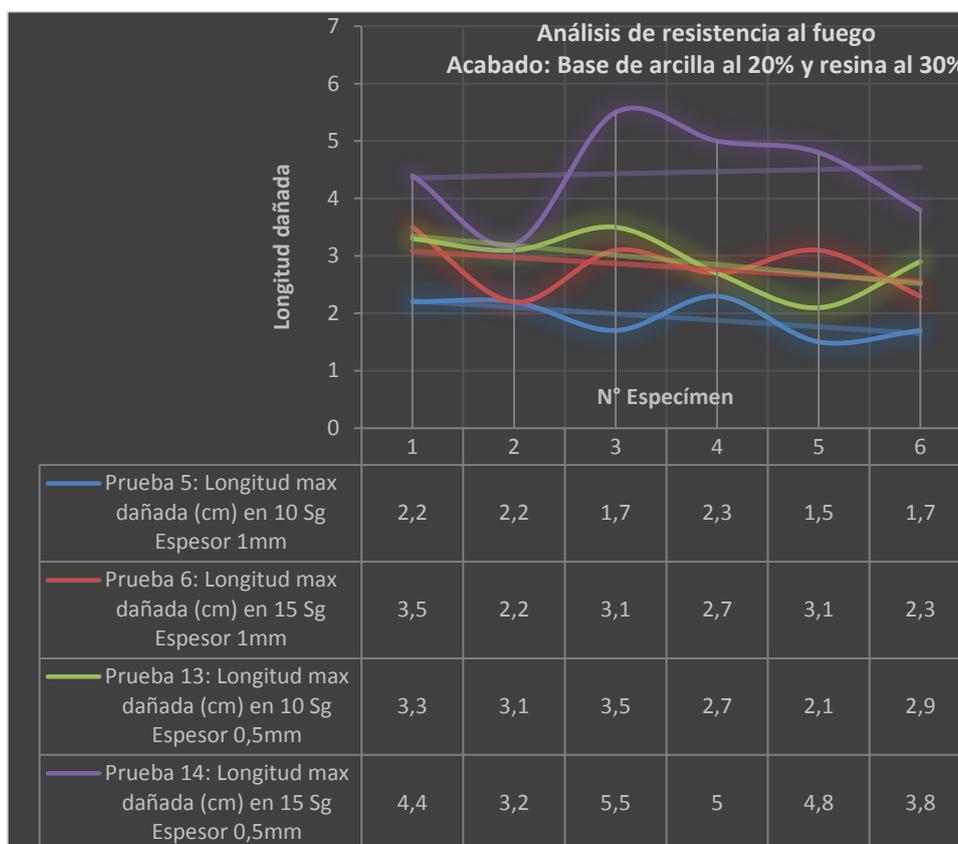


Figura 21. Análisis de resistencia al fuego para 10 y 15 Sg. Acabado de arcilla al 20%.

Resultado: Es notable la pérdida de resistencia al fuego a medida que se ha ido disminuyendo la cantidad de arcilla; pero es también notable, las mejoras adquiridas en cuanto a estructura del tejido a medida que se ha ido incrementando la cantidad de resina, mostrándose de esa manera, en este caso un tejido de una buena flexibilidad que ha permitido generar un

producto resistente a la manipulación física de tacto; que dentro de un rango de valoración del 1 al 8 se lo ha calificado con valores de 3 y 4 para espesores de 0,5 mm y 1 mm respectivamente.

Pero es importante destacar, la resistencia que ha tenido frente fuego un tejido de algodón 100% con un acabado al 20% de arcilla y 30% de resina a un espesor de 1 mm puesto que ha logrado cumplir con los requerimientos emitidas por las norma ISO 15025:2000 (E) del 2016 y el proyecto de Norma Técnica UNIT-IEC 61482-2 del 2018; mostrando cualidades de resistencia al fuego tanto para tiempos de 10 segundos como incluso para tiempos de 15 segundos; tiempo optado como una forma de experimentación y, además de que no se ha logrado determinar graves daños en el tejido ni tampoco ningún tipo de formación de agujero, facilidad de propagación, luminiscencia residual o combustión posterior.

Así mismo, es importante dar a conocer que a pesar de que ha existido de una media a baja resistencia al fuego por parte de tejidos con acabados de 0,5 mm de espesor, existieron muestras que pudieron resistir satisfactoriamente a la acción del fuego las probetas (2; 4; 5 y 6) de la ([prueba 13](#)) y las probetas (1; 2 y 6) de la ([prueba 14](#)) aunque presentan leves machas carbonizadas a un tiempo de ensayo de 10 y 15 segundos respectivamente no se ha visto daños representativos en el tejido; demostrado de esa manera resultados favorables en cuanto a la propiedad de resistencia al fuego adquirida por el tejido a diferencia de un tejido sin ningún tipo de acabado que combustiona rápidamente.

6.1.4.5. *Análisis de resistencia al fuego del acabado a base de arcilla al 10% y resina al 35%.*

Tabla 44. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 7).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 10% y resina al 35%				Espesor: 1 mm		Tiempo de ensayo: 10 Seg	
N° de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 10 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	1,4	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	3,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	1,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	2,2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	2,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	2,117						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 10 segundos.

Tabla 45. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 8).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 10% y resina al 35%				Espesor: 1 mm		Tiempo de ensayo: 15 Seg	
N° de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	2,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	2,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
3	2,4	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	5,4	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	2,2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	2,6	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	2,83						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 15 segundos.

Tabla 46. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 15).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 10% y resina al 35%			Espesor: 0,5 mm			Tiempo de ensayo: 10 Seg	
Nº de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 10 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	2	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	2,8	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	Si	No	Si
3	4,5	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
5	2,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	3,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
Media	2,95						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 10 segundos.

Tabla 47. Análisis de resistencia al fuego (Prueba 16).

Tipo de acabado: Base de arcilla al 10% y resina al 35%			Espesor: 0,5 mm			Tiempo de ensayo: 15 Seg	
Nº de muestra	Longitud Max dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Formación de agujeros	Incandescencia /Luminiscencia residual	Resistencia al fuego
1	4,9	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
2	3,8	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	Si	No	Si
3	3,4	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
4	6,1	No alcanzan bordes superior y vertical	No	Si	Si	No	Si
5	3,3	No alcanzan bordes superior y vertical	No	No	No	No	Si
6	4,8	No alcanzan bordes superior y vertical	No	Si	Si	No	Si
Media	4,383						

Véase datos observados posterior al ensayo de fuego para 15 segundos.

Observaciones: No está por más volver a destacar las características obtenidas en un tejido a base de un acabado de arcilla al 10% y resina al 35%; donde además de presentar gran flexibilidad, la misma viene acompañada de un aspecto húmedo brillante; la cual se ha notado que se encuentra directamente relacionado con la propiedad ignífuga del textil dado que,

posterior a los ensayos al fuego dicha propiedad, ha aportado favorablemente a conseguir que el tejido presente similares o mayores propiedades retardantes al fuego; que de un tejido con un acabado al 20% de arcilla y 30% de resina.

Según el análisis de longitudes carbonizadas en las [tablas 44-47](#), un acabado al 10% de arcilla y 35% de resina; señala una longitud carbonizada promedió de (2,12 y 2,83) cm a 1 mm de espesor y de (2,95 y 4,38) cm a 0,5 mm de espesor cuyos tiempos de ensayo al fuego en cada caso son de (10 y 15) segundos respectivamente; mientras que, por otro lado, un acabado al 20% de arcilla y 30% de resina en las [tablas 40-43](#) señala una longitud carbonizada promedió de (1,93 y 2,82) cm a 1 mm de espesor y de (2,93 y 4,45) cm a 0,5 mm de espesor. Como puede apreciarse, los datos demuestran leves variaciones de longitud carbonizada de (0,19 y 0,01) cm en el primer y segundo caso a favor de un acabado al 20% de arcilla; mientras que en el tercer y cuarto caso dichas variaciones son de (0,02) cm a favor de un acabado al 20% de arcilla y (0,07) cm a favor de un acabado al 10% respectivamente, dado que a mayor longitud carbonizada el textil demuestra menor resistencia al fuego y viceversa a una menor longitud carbonizada demuestra mayor resistencia al fuego.

Pese a que el análisis de longitud carbonizada demuestra superioridad a favor de un acabado al 20% de arcilla, otras evaluaciones demuestran superioridad para un acabado al 10% de arcilla dado que, aunque presentan una similar resistencia a espesores de 1 mm los resultados son muy favorables a espesores de 0,5 mm.

A diferencia de un acabado al 20% de arcilla a espesores de 0,5 mm, se ha visto en este caso únicamente 1 sola probeta dañada con formación de agujero no >5 mm para tiempos de ensayo de 10 segundos; muestra (2) de la ([prueba 15](#)), mientras que para un tiempo de ensayos de 15 segundos se ha observado únicamente 3 de 6 probetas dañadas; muestras (2; 4; 6) de la ([prueba 16](#)) de las cuales las únicas pruebas altamente dañada y que presentan un agujero > 5 mm, son las muestras (4 y 6), mientras que la muestra (2) presenta daños con formación de agujero no

>5 mm. Es clave volver a recordar que durante las pruebas de ensayos al fuego nunca hubo formación de agujeros los mismos se han dado posterior a dichos ensayos dado que al momento de analizarlos y evaluarlos las zonas afectadas se encontraban levemente o medianamente carbonizadas y debilitadas.

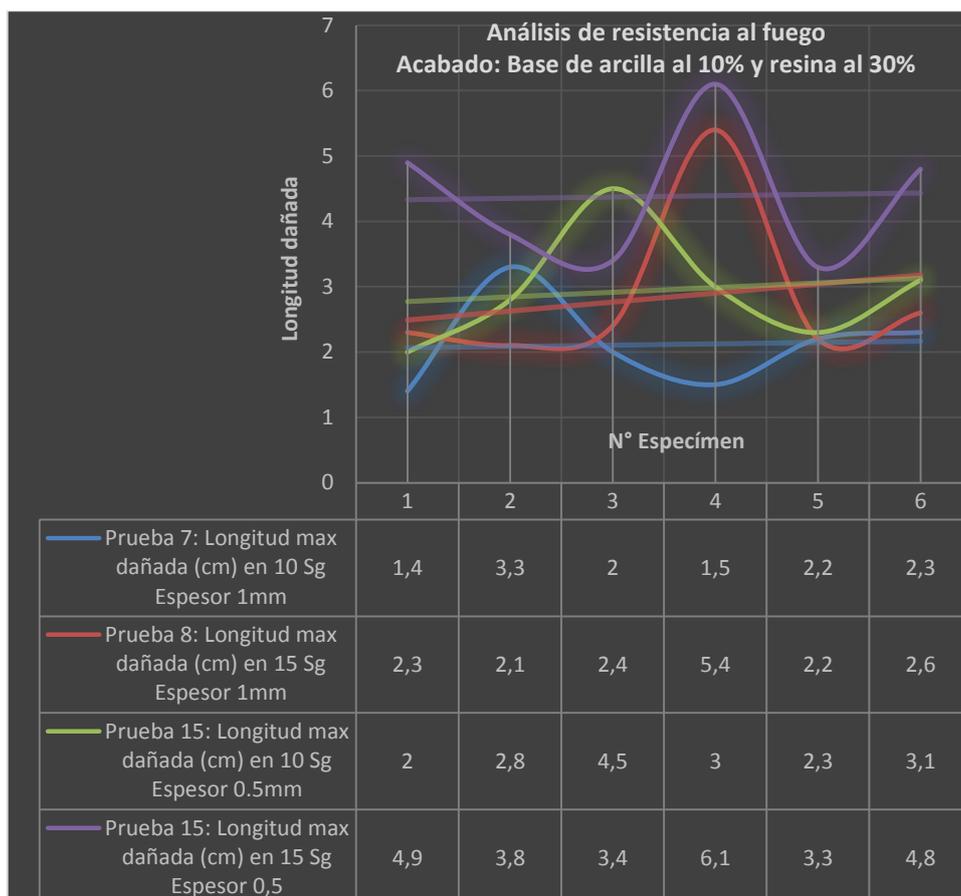


Figura 22. Análisis de resistencia al fuego para 10 y 15 Sg. Acabado de arcilla al 10%.

Resultado: Los resultados de un acabado a base de arcilla al 10% son básicamente sorprendentes; dado que, a pesar que presenta una baja concentración de arcilla y una alta presencia de resina al 35% en relación a los demás acabados, ha logrado sin duda alcanzar similares resultados a los de un acabado al 20% para espesores de 1 mm y 0,5 mm, en este último cuando el tiempo de ensayo al fuego es de 10 segundos; dado que para tiempos de ensayos de 15 segundos, los datos aunque no por mucho demuestran superior resistencia al fuego a favor de un acabado al 10% de arcilla y resina al 35%. Por otro lado también diferenciar

el número total de muestras que no han logrado resistir satisfactoriamente al fuego, en este caso 4 de 24 probetas dañadas; 2 con alta tendencia a formar agujeros y 2 con presencia de agujero >5 mm, mientras que los ensayos al fuego de un acabado al 20% de arcilla y 30% de resina señalan 5 de 24 probetas dañadas; 3 con alta tendencia a formar orificios y 2 con formación de agujero >5 mm demostrando nuevamente inferioridad frente a un acabado a base de arcilla al 10% y resina al 35%.

6.1.4.6. *Análisis comparativo de la propiedad de resistencia al fuego mediante estadística descriptiva.*

Con el fin de una mejor visualización y análisis de la propiedad de resistencia al fuego por parte del textil (Jersey Flame CO 100%) con un acabado a base de arcilla, se sometió los valores de los ensayos al fuego obtenidos; a un proceso de cálculo estadístico tales como de varianza y media; donde este último tuvo que ser interpretada porcentualmente tomando en cuenta la longitud de espécimen en relación a la longitud media carbonizada calculada.

Según ISO 15025: 2000 (E), (2016) afirma. “Muestras de ensayo con unas dimensiones de (200 +o- 2) mm x (160 +o- 2) mm” (Pág. 8). Es decir que, si se toma en cuenta una dirección vertical de ensayo, la longitud máxima en este caso será de 20 cm.

Valores de longitud carbonizada promedio en su forma porcentual, no solo permitió visualizar el porcentaje máximo resistido por parte del textil sino también a la vez un análisis comparativo a partir de los diferentes ensayos de fuego y acabados realizados, mismos que se detallan en los cuadros siguientes.

Tabla 48. Medias y coeficientes de variación a partir de datos medidos de ensayos al fuego para 10 segundos.

Análisis de la propiedad de resistencia al fuego para acabados a base de arcilla						
	Espesor 1 mm (Tiempo de ensayo 10 Sg)			Espesor 0,5 mm (Tiempo de ensayo 10 Sg)		
%Arcilla/ Resina	Longitud media dañada (cm) en 10 Sg	Coefficiente de variación	% resistencia al fuego	Longitud media dañada (cm) en 10 Sg	Coefficiente de variación	% resistencia al fuego
40/20	0,8167	31,38	95,92	1,683	41,74	91,59
30/25	1,62	46,36	91,90	2,73	22,86	86,35
20/30	1,93	17,51	90,35	2,93	16,93	85,35
10/35.	2,117	32,38	89,42	2,95	29,45	85,25

Véase un análisis comparativo de resistencia al fuego según su espesor y un mismo tiempo de ensayo al fuego.

En la tabla 48 se muestran los valores de medias y coeficientes de variación obtenidas a partir de ensayos al fuego para 10 segundos cuya (T° promedio es 555°C); en las mismas se comparan la capacidad de resistencia al fuego según el espesor y porcentaje de arcilla y/o resina.

Acabados a base de arcilla al 40% posee una longitud media carbonizada de 0,82 cm a 1 mm de espesor y 1,68 cm a 0,5 mm de espesor siendo el primero mejor en un 4,33%; por otro lado, el coeficiente de variación indica valores más cercanos a la media a 1 mm de espesor que a 0,5 mm de espesor lo cual demuestra que los datos son más homogéneos a 1 mm de espesor y más heterogéneas a 0,5 mm de espesor en un 10,36%.

Acabados a base de arcilla al 30% posee una longitud media carbonizada de 1,62 cm a 1 mm de espesor y 2,73 cm a 0,5 mm de espesor siendo el primero mejor en un 5,55%; en este caso el coeficiente de variación indica valores más dispersos a 1 mm de espesor que 0,5 mm de espesor en un 23,5% demostrando al último que son datos más homogéneos.

Acabados a base de arcilla al 20% posee una longitud media carbonizada de 1,93 cm a 1 mm de espesor y 2,93 cm a 0,5 mm de espesor siendo el primero mejor en un 5%; mientras que en este caso también se tiene un coeficiente de variación cuyos valores indican mayor

dispersión a 1 mm de espesor que a 0,5 mm en un 0,58% es decir mayor homogeneidad a 0,5 mm que 1 mm de espesor.

Acabados a base de arcilla al 10% posee una longitud media carbonizada de 2,12 cm a 1 mm de espesor y 2,95 cm a 0,5 mm de espesor siendo el primero mejor en un 4,17%; y por otra parte un coeficiente de variación que indica valores más dispersos a 1 mm de espesor que demuestra en este caso también, datos más homogéneos a 0,5 mm de espesor y heterogéneos a 1 mm de espesor en un 2,93%.

En la figura 23 se observa de mejor manera las medias y coeficientes de variación se diferencia claramente que, a un espesor de 0,5 mm color rojo existe menor resistencia al fuego; como también a medida que se reduce el porcentaje de arcilla. Por otra parte, el coeficiente de variación en este caso, muestran datos más cercanos a la media y por lo tanto mayor homogeneidad a porcentajes cuyo porcentaje de arcilla es al 20%.

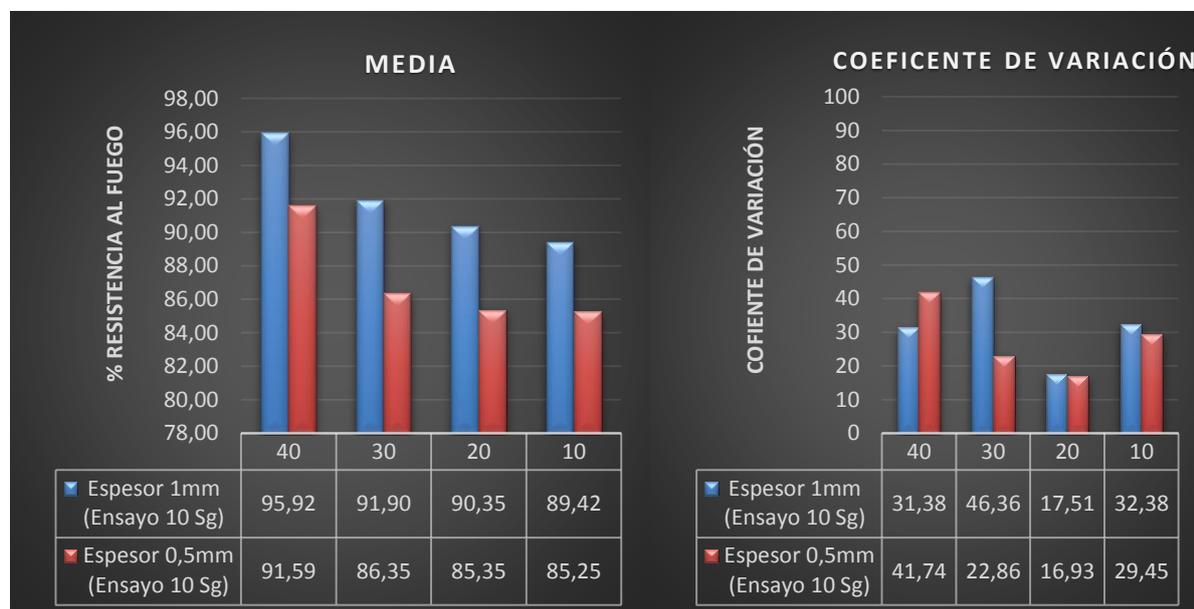


Figura 23. Media y coeficiente de variación; Análisis comparativo de resistencia al fuego según tiempo de ensayo de 10 Sg, espesor; y porcentaje de arcilla.

Tabla 49. Medias y coeficientes de variación a partir de datos medidos de ensayos al fuego para 15 segundos.

Análisis de la propiedad de resistencia al fuego para acabados a base de arcilla						
	Espesor 1 mm (Tiempo de ensayo 15 Sg)			Espesor 0,5 mm (Tiempo de ensayo 15 Sg)		
%Arcilla/ Resina	Longitud media dañada (cm) en 10 Sg	Coefficiente de variación	% resistencia al fuego	Longitud media dañada (cm) en 10 Sg	Coefficiente de variación	% resistencia al fuego
40/20	1,567	37,36	92,17	2,1	35,38	89,50
30/25	2,15	40,31	89,25	4,317	25,26	78,42
20/30	2,8167	18,02	85,92	4,45	18,84	77,75
10/35.	2,83	44,79	85,85	4,383	24,71	78,09

Véase un análisis comparativo de resistencia al fuego según su espesor y un mismo tiempo de ensayo al fuego.

En la tabla 49 se muestran los valores de medias y coeficientes de variación obtenidas a partir de ensayos al fuego para 15 segundos cuya (T° promedio es 667°C); en las mismas se comparan la capacidad de resistencia al fuego según el espesor y porcentaje de arcilla y/o resina.

Acabados a base de arcilla al 40% posee una longitud media carbonizada de 1,57 cm a 1 mm de espesor y 2,1 cm a 0,5 mm de espesor siendo el primero mejor en un 2,67%; mientras que los coeficientes de variación indican valores más dispersos a 1 mm de espesor lo cual demuestra que los datos son más heterogéneos que a 0,5 mm de espesor en un 1,98%.

Acabados a base de arcilla al 30% posee una longitud media carbonizada de 2,15 cm a 1 mm de espesor y 4,32 cm a 0,5 mm de espesor siendo el primero mejor en un 10,83%; mientras que así mismo se tiene un coeficiente de variación que indica valores más dispersos a 1 mm de espesor que a 0,5 mm de espesor que demuestra que los datos son más heterogéneos en un 15,05%.

Acabados a base de arcilla al 20% posee una longitud media carbonizada de 1,93 cm a 1 mm de espesor y 2,93 cm a 0,5 mm de espesor siendo el primero mejor en un 8,15%; por otra parte, en este caso el coeficiente de variación señala valores más cercanos a la media a 1 mm

de espesor que a 0,5 mm lo cual demuestra datos más homogéneos a 1 mm de espesor y heterogéneos a 0,5 mm de espesor en un 0,82%.

Acabados a base de arcilla al 10% posee una longitud media carbonizada de 2,83 cm a 1 mm de espesor y 4,38 cm a 0,5 mm de espesor siendo el primero mejor en un 7,76%; en este caso el coeficiente de variación muestra valores más dispersos a 1 mm de espesor demostrando que los datos son más heterogéneos a 1 mm que a 0,5 mm de espesor en un 20,08%.

En la figura 24 de la misma manera se muestran las medias y coeficientes de variación resultado de los ensayos al fuego para los 15 segundos, se puede identificar claramente cómo, a un espesor de 0,5 mm color rojo al igual existe menor resistencia al fuego; como también a medida que se reduce el porcentaje de arcilla. Se observa también un coeficiente de variación que señala datos más cercanos a la media y por lo tanto de mayor homogeneidad en acabados cuyos porcentajes de arcilla son al 20%.

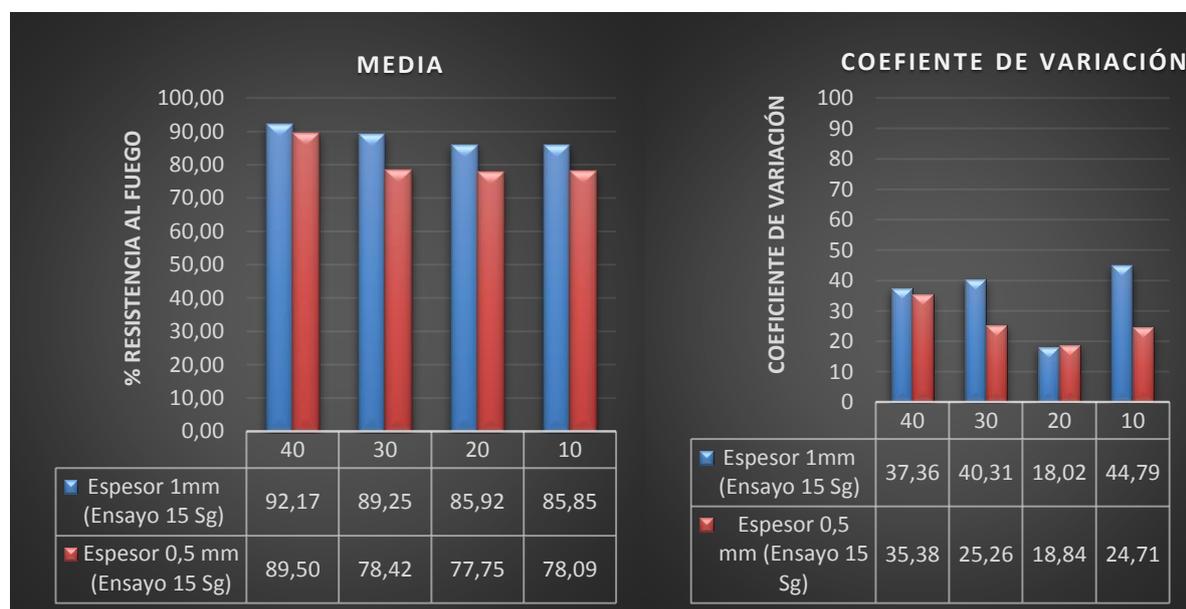


Figura 24. Media y coeficiente de variación; Análisis comparativo de resistencia al fuego según tiempo de ensayo de 15 Sg, espesor; y porcentaje de arcilla.

En la figura 25 A y 25 B, se encuentra resumida el presente trabajo de investigación de “Acabado Ignífugo a Base de Arcilla”; misma en la que se deja constancia la capacidad porcentual de resistencia al fuego, obsérvese una disminución de dicha propiedad a medida que

existe menor concentración de arcilla y al igual que su espesor disminuye o el tiempo de ensayo se extiende en este caso un tiempo máximo de 15 segundos. Nótese en la figura 25 A como los valores máximos de resistencia al fuego son del 95,92% para acabados al 40% de arcilla donde cuyo espesor y ensayo al fuego son de 1 mm y 10 segundos respectivamente; y valores mínimos del 78,09% cuando el porcentaje de arcilla, espesor y ensayo al fuego son del 10%, 0,5 mm y 15 segundos. De tal manera que, en forma general podemos afirmar de acuerdo a la figura 25 B una capacidad máxima a mínima de resistencia al fuego es del 91,90%; 88,30%; 87,17% y 80,94%, que como se ha dicho disminuyen a medida que se disminuye la cantidad de arcilla, espesor o se aumenta el tiempo de ensayo.

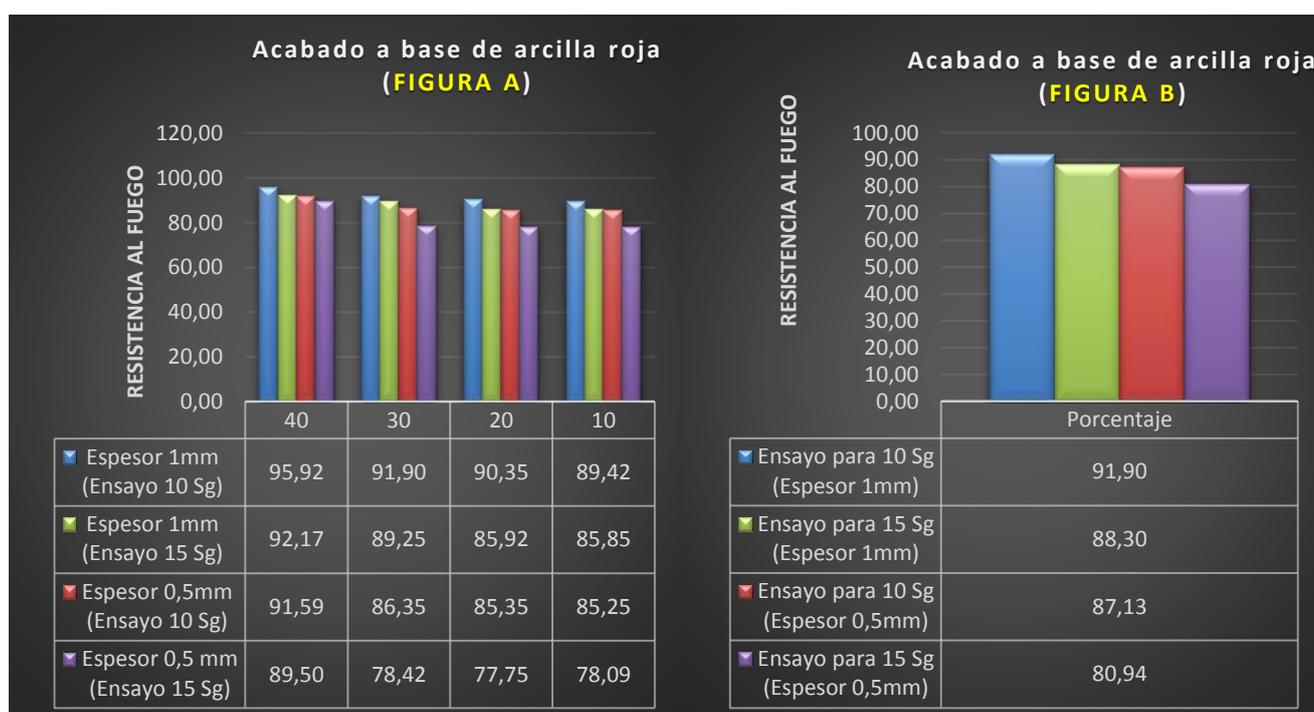


Figura 25. Resumen porcentual de resistencia al fuego.

En el gráfico 26 puede observarse un análisis independientemente de resistencia al fuego. Se comparan la capacidad de resistencia de un acabado textil a base arcilla cuyos espesores son de 0,5 mm y 1 mm tanto para 10 segundos como para los 15 segundos de ensayo al fuego.



Figura 26. Análisis comparativo de resistencia al fuego según espesor y tiempo de ensayo.

Acabado a base de arcilla para ensayo al fuego de 10 segundos, presenta una capacidad de resistencia al fuego de 91,90% y 87,12% a espesores de 1 mm y 0,5 mm respectivamente; mientras que,

Acabado a base de arcilla para ensayo al fuego de 15 segundos, presenta una capacidad de resistencia al fuego de 88,30% y 80,94% a espesores de 1 mm y 0,5 mm.

En **figura 27 A** podemos observar que un acabado a base de arcilla presenta una capacidad de resistencia al fuego de 90,10% y 84,04% a 1 mm y 0,5 mm de espesor respectivamente siendo el primero mejor en tan solo 6%. Así mismo en la **figura 27 B** podemos observar como a pesar de que se ha experimentado para un mayor tiempo de ensayo de 15 segundos la capacidad de resistencia al fuego para los 10 segundos es mejor únicamente en un 4,90%, de esta manera arrojando resultados de un acabado ignífugo a base de arcilla que muestra ser tan efectivo tanto para 1 mm como para 0,5 mm de espesor que presentan una alta resistencia tanto para los 10 y 15 segundos de ensayo al fuego de 89,15% y 84,62% respectivamente.

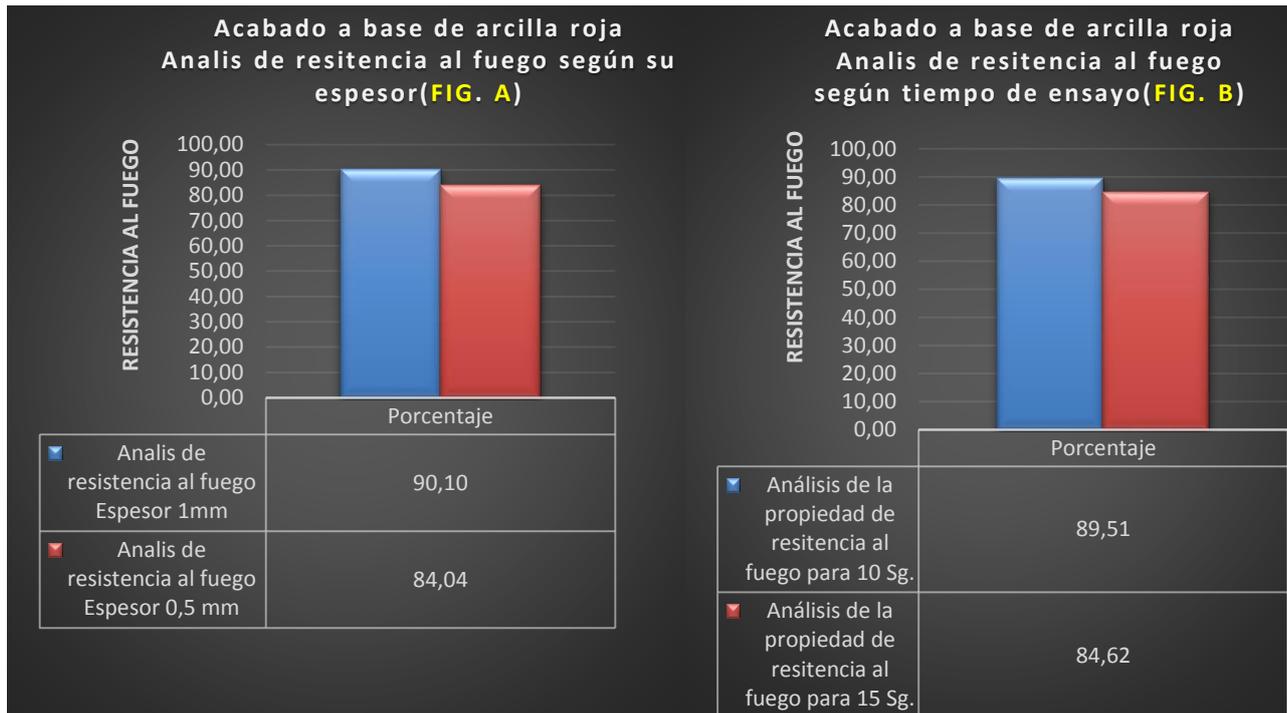


Figura 27. Análisis resumido comparativo de resistencia al fuego del acabado a base de arcilla; Figura A por espesor de acabado y Figura B por tiempo de ensayo.

6.1.4.1. *Análisis general de resistencia al fuego de un tejido con un acabado a base de arcilla en relación a un tejido sin acabado.*

En el siguiente apartado se encuentra a partir de cuadros, gráficas de dispersión y barra, un análisis general de resistencia al fuego por parte de un tejido con acabado a base de arcilla con relación a un tejido sin acabado; se comparan además los diferentes tipos de acabados luego de haberse realizado pruebas de fuego para un tiempo mínimo y máximo de 10 y 15 segundos donde cuyas temperaturas promedio alcanzadas son (555 ° C y 667 ° C) respectivamente.

De esta manera dando a conocer cuál es el mejor acabado tomando en cuenta la capacidad de resistencia al fuego como también algunas propiedades de tacto y estructura que presenta, es decir su forma y capacidad de resistir al ser manipulada.

Tabla 50. Análisis de resistencia al fuego de un tejido de punto jersey algodón 100% sin acabado.

% Arcilla Roja	Dimensión espécimen	N° espécimen	Longitud Max dañada (cm) en Tiempo de aplicación 10 Sg	Observaciones	Tiempo de extensión (Tiempo en que se quema el espécimen (Sg))
N/A	(20x16)cm	1	Sigue quemando	Arde y no se detiene	1,17
N/A	(20x16)cm	2	Sigue quemando	Arde y no se detiene	1,28
N/A	(20x16)cm	3	Sigue quemando	Arde y no se detiene	1,17
N/A	(20x16)cm	4	Sigue quemando	Arde y no se detiene	1,11
N/A	(20x16)cm	5	Sigue quemando	Arde y no se detiene	1,13
N/A	(20x16)cm	6	Sigue quemando	Arde y no se detiene	1,36
		<i>Promedio</i>			1,20

Véase datos observados de un tejido CO 100% posterior al ensayo de fuego para 10 segundos.

Tabla 51. Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 1 mm espesor.

Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 1 mm espesor											
% Arcilla/ Resina	Long media dañada (cm) en 10 Sg	Long media dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama Alcanzan borde superior	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Incandescencia residual	N° probetas con formación de agujeros	N° probetas dañadas	N° Probetas resisten al fuego para 10 Sg	N° Probetas resisten al fuego para 15 Sg	Total
40/20	0,8167	1,567	No	No	No	No	0	0	6/6	6/6	12
30/25	1,62	2,15	No	No	No	No	0	0	6/6	6/6	12
20/30	1,93	2,8167	No	No	No	No	0	0	6/6	6/6	12
10/35.	2,43	3,2	No	No	No	No	0	0	6/6	6/6	12

Análisis de resultados posterior a los ensayos de fuego cuyo acabado es de 1 mm de espesor.

Tabla 52. Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 0,5 mm espesor.

Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 0,5 mm espesor														
% Arcilla/ Resina	Long media dañada (cm) en 10 Sg	Long media dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama Alcanzan borde superior	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Incidencia residual	N° probetas con formación de agujeros		N° probetas con formación de agujeros igual o > 5 mm		N° probetas dañadas	N° Probetas resisten al fuego para 10 Sg	N° Probetas resisten al fuego para 15 Sg	Total
							Ensayo a los 10 Sg	Ensayo a los 15 Sg	Ensayo a los 10 Sg	Ensayo a los 15 Sg				
40/20	1,683	2,1	No	No	No	No	0	0	0	0	0	6/6	6/6	12
30/25	2,73	4,317	No	No	Si	No	0	Muestra 2,3,6	0	Muestra 2,6	3	6/6	3/6	9
20/30	2,93	4,45	No	No	Si	No	Muestra 1,3	Muestra 3,4,5	0	Muestra 3,5	5	4/6	3/6	7
10/35.	3,53	5,983	No	No	Si	No	Muestra 2	Muestra 2,4,6	0	Muestra 4,6	4	5/6	3/6	8
Total														36

Análisis de resultados posterior a los ensayos de fuego cuyo acabado es de 0,5 mm de espesor.

Observaciones: Un análisis general en cuanto a resistencia al fuego por parte de los diferentes acabados realizados en este proceso de investigación se lo resume en 2 gráficas, de dispersión y de barra; figura (28; 29) mismas en las que se pueden notar como a medida que se ha ido disminuyendo la cantidad de arcilla e incrementando la cantidad de resina, ha ido indiscutiblemente aumentando la longitud carbonizada cuyo resultado es sinónimo de pérdida de resistencia por parte del textil; pero es de notar algo curioso que se ha logrado observar durante el análisis de pruebas, nótese en la [figura 28](#) pruebas al fuego para 15 segundos en acabados de 0,5 mm de espesor, como a porcentajes de arcilla al (20% y 10%) los resultados indican leves variaciones en cuanto a longitud carbonizada, incluso existiendo un resultado inferior de 4,38 que demuestra una mayor resistencia al fuego de un acabado a base de arcilla al 10% frente a un acabado de arcilla al 20% que presentan una mayor longitud carbonizada de 4,45.

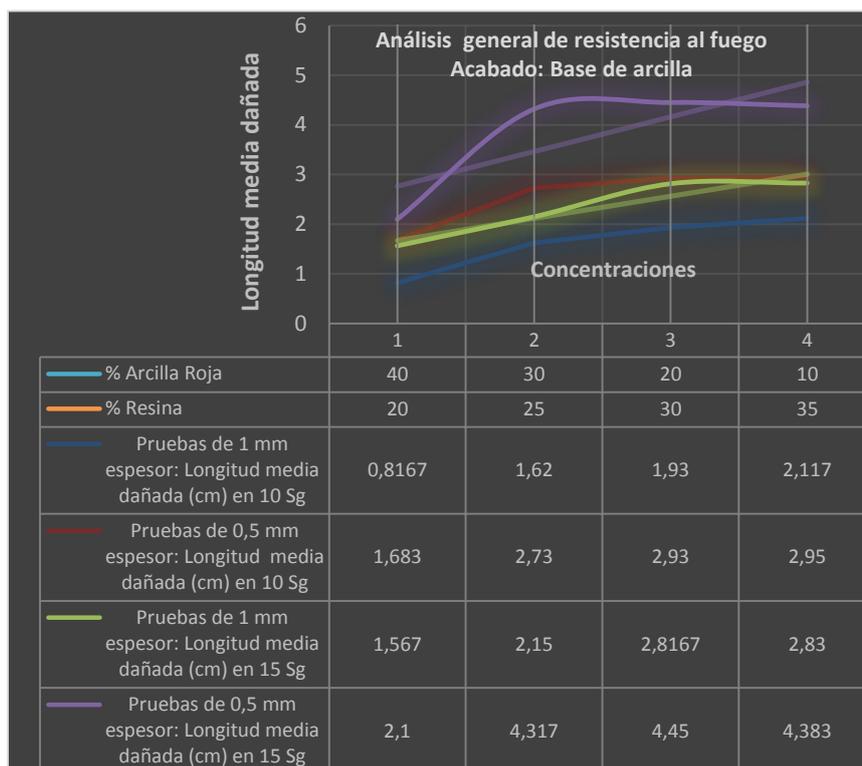


Figura 28. Análisis general de resistencia al fuego.

Por otro lado, dicho resultado se lo puede afirmar nuevamente con los resultados descritos en el [Figura 29 A](#); en la que podemos observar como un acabado a base de arcilla al 10% con un espesor de 0,5 mm ha logrado únicamente una sola prueba dañada a los 10 segundos y 3 pruebas dañadas a los 15 segundos, mientras que con un acabado al 20% de arcilla y con el mismo espesor el número de muestras dañadas indican 2 para un tiempo de ensayo de 10 segundos y 3 para tiempos de 15 segundos; nótese además, el bajo número de muestras dañadas que por cuya presencia de agujeros de 5 mm o mayor pueden ser rechazadas [Figura 29 B](#).

No obstante tras analizar cada una de las pruebas no se ha logrado ver muestras afectadas a espesores de 1 mm en ningún tipo de acabado; los mismos, han logrado satisfactoriamente resistir al fuego tanto para tiempos de 10 y 15 segundos, hecho que no ha logrado un tejido que no contiene ningún tipo de acabado [tabla 50](#), donde una vez sometida a un ensayo de fuego de 10 segundos; este combustiona rápidamente y no se extingue, a diferencia de un tejido con acabado que fácilmente se auto extinguen luego de cumplir con dichos tiempos de ensayo y que a la vez no muestran efectos negativos de luminiscencia residual o combustión posterior.

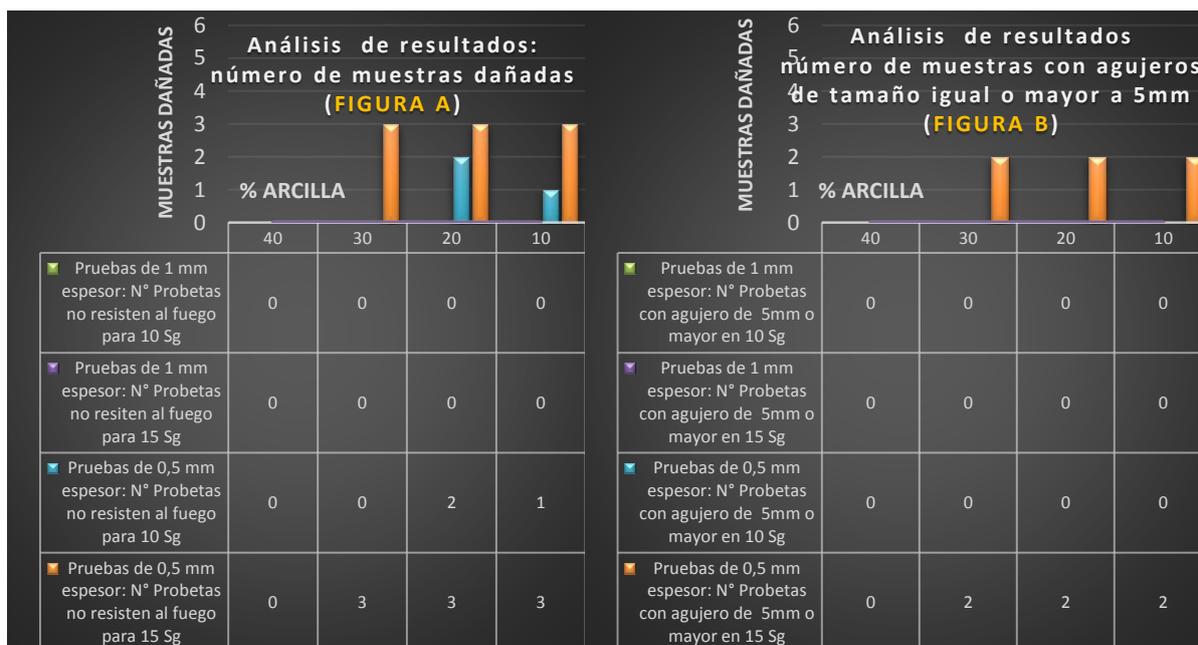


Figura 29. Análisis resistencia al fuego número de probetas con formación de agujeros.

Resultado: Los resultados en cuanto a resistencia al fuego son verdaderamente muy positivos para acabados al (10%;20%;30%,40%) de arcilla y para espesores de 1 mm; dado que los mismos resistieron satisfactoriamente al fuego logrando cumplir los requerimientos descritos en las norma ISO 15025:2000 (E) del 2016 y el proyecto de Norma Técnica UNIT-IEC 61482-2 del 2018; cuyas cualidades de resistencia al fuego para tiempos de 10 ($T^{\circ}=555^{\circ}\text{C}$) e incluso 15 segundos ($T^{\circ}=667^{\circ}\text{C}$); se ve reflejadas luego de haberse observado y analizado de que no presentaron graves daños en el tejido base, ni tampoco presentaron ningún tipo de formación de agujero, facilidad de propagación, luminiscencia residual o combustión posterior.

No obstante, los resultados logrados con acabados de 0,5 mm son bastante alentadores dado que; de entre 24 pruebas ensayadas para 10 segundos solo 3 presentaron daños; mismos que podrían fácilmente cumplir los requerimientos de un tejido ignífugo, mientras que para ensayos de 15 segundos el número de probetas dañadas fueron de 9, aunque en este caso según la [Figura 29 B](#) algunos de ellos no podrían cumplir con los requerimientos. Sin embargo, es de notar el resultado que se ha conseguido frente a la acción del fuego con un tejido de algodón 100%

luego de aplicarse un acabado a base de arcilla; mismo que a partir de un análisis general de resistencia al fuego indicadas en la [figura 25 B](#), porcentualmente ha logrado una capacidad de resistencia al fuego de máxima a mínima del 91,90%; 88,30%; 87,17% y 80,94%, que descienden a medida que se disminuye el espesor o se aumenta el tiempo de ensayo o en dicho caso la cantidad de arcilla; como se observa en la [figura 25 A](#) y [figura 28](#), que de acuerdo a estos resultados podrían lograr un campo de aplicación en la industria textil especialmente a acabados al 20% y 10% de arcilla que a más de mostrar una resistencia al fuego, muestran estructuras de un tejido flexible y de tacto suave, además de una resistencia de manipulación física de tacto que los hace resistentes frente a efectos de un tejido quebradizo, mismo que se presentan en acabados al 30 y 40% de arcilla pese a su buena resistencia al fuego; a excepción de un acabado al 30% de arcilla y 0,5 mm espesor que trata de alcanzar los resultados encontrados en un acabado al 20% y 10% de arcilla en cuanto a estructura del tejido.

6.2. Pruebas de resistencia al lavado determinación de la solidez del acabado.

El objetivo de realizar pruebas de solidez al lavado es con el fin de evaluar la estabilidad de acabado textil y determinar la capacidad de resistencia al fuego de un tejido de punto (Jersey flame CO 100% con acabado a base de arcilla) posterior a un proceso de lavado; misma que consistió en procedimiento de tres ciclos lavado doméstico en solución de agua-detergente de cada uno de los especímenes con los diferentes tipos de acabado. Para dicho efecto, el mismo se encuentra realizada bajo las condiciones de prueba de las [Monografías M5: Estandarización del lavado a mano para tejidos y prendas de vestir](#) desarrollada en 2007 por el Comité RA88 de AATCC; numerado en 2011; editorialmente revisado 2012 y [Monografías M6: Estandarización de las condiciones de prueba de lavandería doméstica](#) desarrollada en 1984 por el Comité RA88 de AATCC; revisado 1986,1992, 1995, 2003, 2005, 2010, 2011, 2011, 2013.

6.2.1. *Norma: Monografía M5 Estandarización del lavado a mano para tejidos y prendas de vestir.*

Desarrollado en 2007 por el Comité RA88 de AATCC; numerado en 2011; editorialmente revisado 2012. Según la Asociación Americana de Químicos Textiles y Coloristas (AATCC, 2015) afirma su propósito, alcance y práctica recomendada:

1. Propósito y alcance.

1.1. Esta monografía describe una práctica estándar de laboratorio para lavar a mano muestras de telas o prendas pequeñas, con detergente. Varios métodos de prueba AATCC y ASTM hacen referencia al lavado de manos, ya sea para comparar el resultado de una prueba acelerada o para evaluar la apariencia, el cambio dimensional de las telas o prendas, etc. Además, las etiquetas de cuidado de las prendas pueden recomendar el lavado de manos. Actualmente, no existen procedimientos estándar para la duplicación en el laboratorio del lavado de manos de prendas por parte de los consumidores. Por esta razón, AATCC ha establecido una práctica de laboratorio estándar recomendada que refleja la práctica del consumidor y proporciona procedimientos consistentes para la repetitividad de las pruebas. (pág. 452)

1.2. Los procedimientos de laboratorio en esta monografía tienen la intención de simular el lavado de manos de prendas de vestir por parte de los consumidores, las temperaturas utilizadas en esta monografía son consistentes con las de la Monografía M6 de AATCC. Estandarización de las condiciones de prueba de lavandería doméstica. Se recomienda a los usuarios que se familiaricen con las temperaturas en esa Monografía de AATCC. (AATCC, 2015)

1.3. Esta práctica recomienda el uso del detergente de referencia estándar AATCC. Los detergentes disponibles comercialmente pueden usarse antes del acuerdo entre las partes interesadas. Sin embargo, el uso de tales detergentes puede aumentar la variabilidad entre laboratorios. Incluso si todas las pruebas de comparación se realizan en un laboratorio, la repetitividad de la prueba puede reducirse mediante el uso de detergentes disponibles en el mercado, en los cuales los aditivos se pueden cambiar de vez en cuando para satisfacer el mercado o consumidor cambiante. (AATCC, 2015)

2 Práctica recomendada Monografía M5 de la AATCC.

Tabla 53. Proceso de lavado.

2.1. Lavado	
No.	Procedimiento
1	Mezcle el agua del grifo a la temperatura deseada como se indica en la tabla 1 de la monografía AATCC M6. Estandarización de las condiciones de prueba de lavandería doméstica. Coloque la determinada cantidad de agua en un recipiente de 19 L.
2	Agregue el detergente según lo prescrito en los métodos de prueba que requieren lavado a mano.
3	Agitar a mano para disolver el detergente.
4	Agregue el artículo al agua y presione suavemente para distribuir la solución de detergente a través del artículo.
5	Dejar en remojo durante 2 min.
6	Exprima suavemente el artículo sumergido en solución 1 min.
7	Repita este proceso (pasos 2.1.5.-2.1.6) dos veces
8	Retire el artículo del recipiente y exprima el exceso de solución del artículo.
9	Coloque el artículo sobre una toalla de baño blanca limpia.

Véase los primeros pasos a seguir para iniciar un ciclo de lavado. Fuente: (AATCC, 2015)

Tabla 54. Proceso de enjuague.

2.2 . Enjuague	
No.	Procedimiento
1	Mezcle el agua del grifo a la temperatura deseada para aumentar. Coloque la determinada cantidad de agua en un recipiente de 19 L.
2	Coloque el artículo en agua de enjuague y apriete suavemente para distribuir el agua de enjuague en todo el artículo.
3	Dejar en remojo durante 2 min.
4	Apriete suavemente el artículo sumergido en agua de enjuague durante 1 minuto.
5	Repita este proceso (pasos 2.2.3-2.2.4.) Dos veces.
6	Retire el artículo del recipiente y exprima el exceso de agua. No retuerza ni tuerza.

Véase los pasos a seguir para realizar un proceso de enjuague. Fuente: (AATCC, 2015)

Tabla 55. *Proceso de secado.*

2.4. Secado	
No.	Procedimiento
1	Usando toallas de baño blancas y limpias, seque el agua del artículo lavado. No retuerza ni tuerza.
2	Coloque el artículo en la pantalla o estantes realizados para secar o cuelgue en una percha apropiada para secar.
3	No sople el aire directamente hacia el artículo para acelerar el secado, ya que puede provocar una deformación.
4	Repita el ciclo de lavado, enjuague y secado dos veces más, o la cantidad de veces acordada entre las partes interesadas.

Véase los pasos a seguir para realizar un proceso de secado. Fuente: (AATCC, 2015)

6.2.2. *Pruebas de solidez al lavado de acabados a base de arcilla.*

Para partir con el proceso de pruebas de lavado es importante tener claro que a más de seguir un práctica recomendada según se indica en la [Monografía 5](#) de la AATCC, el mismo debe cumplir algunas condiciones de pruebas y respectivo informe.

6.2.2.1. *Condiciones para pruebas de lavado domestico Monografías M6.*

Según el manual técnico de normas de la AATCC Monografías M6 tabla número I se deben tomar en cuenta, condiciones de temperatura para pruebas de lavado casero; mismas que se indican a continuación. (AATCC, 2015, pág. 452)

Tabla 56. Condiciones de temperatura para pruebas de lavado doméstico.

<i>Tabla I-Temperatura usada en máquinas de lavado</i>		
<i>Designación</i>	<i>T ° de lavado</i>	<i>T ° de Enjuague</i>
<i>I</i>	<i>Cold 16 ° C (60+-7,5 ° F)</i>	<i>De grifo</i>
<i>II</i>	<i>Warm 30 ° C (86+-7,5 ° F)</i>	<i>De grifo</i>
<i>III</i>	<i>Hold 44 ° C (111+-7,5 ° F)</i>	<i>De grifo</i>
<i>IV</i>	<i>Extra 54 ° C (130+-7,5 ° F)</i>	<i>De grifo</i>

Véase algunas opciones de grados de temperatura para realizar un proceso de lavado. Fuente: (AATCC, 2015)

6.2.2.2. Informe de lavado doméstico.

Además de lo anterior, es importante llevar a cabo un informe detallado del proceso de lavado doméstico, que como se ha mencionado consistió en realizar 3 ciclos de lavado doméstico en solución de agua detergente.

Informe.

1. Temperatura del agua de lavado y agua de enjuague utilizada: El grado de temperatura con la que se llevó a cabo el proceso de lavado fue una temperatura fría “Cold” de 20 °C misma que se encuentra dentro de las condiciones de prueba de la [Monografía M6](#).

2. Tipo de detergente y concentración utilizada: Para la realización del lavado se tomó en cuenta un detergente de uso doméstico (Deja) misma que se usó bajo concentraciones recomendadas por el fabricante según se indican en la tabla 57.

[Tabla 57.](#) Concentraciones de uso de detergente recomendado por el fabricante.

Dosificación de detergente		
Lavado a mano	Lavadora de 12 Libras	Lavadora de 18 Libras
Por cada 12 Lt. De agua use 2/5 Taza de 200 ml de polvo.	Use 3/4 Taza de 200 ml de polvo.	Use 1 Taza de 200 ml de polvo.
Tasa de 200 ml=152,4 gramos de detergente.		

Véase una dosificación recomendada de detergente según el tipo de proceso de lavado. Fuente: (Cooperaciones Unilever).

Tomando en cuenta dicho proceso de lavado domestico a mano, se analizó las concentraciones indicadas por el fabricante mismo que resulto en una concentración de detergente de 4,75 g/L y una relación de baño de 1/30 es decir que por cada gramo de tela se utilizó una cantidad de 30 ml de solución de detergente.

3. Número de ciclos de lavado, aclarado y secado.

El proceso de lavado consistió en 3 ciclos de lavado (jabonado); 3 ciclos de enjuague y 3 ciclos de secado según se indica la práctica recomendada de la [Monografía M5](#) del manual técnico de la AATCC.

4. Método de secado (secado en plano seco o secado colgado).

El método de secado consistió en una plancha o plano de secado según se indica se indica la práctica recomendada de la Monografía M5 del manual técnico de la AATCC.

5. Pruebas de lavado de muestras con acabado ignífugo a base de arcilla

Pruebas de lavado: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor

Prueba 1. Acabado a base de arcilla al 40%	Prueba 2. Acabado a base de arcilla al 30%
Prueba 3. Acabado a base de arcilla al 20%	Prueba 4. Acabado a base de arcilla al 10%

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor

Prueba 5. Acabado a base de arcilla al 40%	Prueba 6. Acabado a base de arcilla al 30%
Prueba 7. Acabado a base de arcilla al 20%	Prueba 8. Acabado a base de arcilla al 10%

6.2.2.3. *Datos y análisis de resultados de pruebas de lavado.*

En la [tabla 58](#) se indican los resultados y datos en cuanto a las características físicas y estructura del tejido con acabado a base de arcilla posterior a un ensayo de 3 ciclos de lavado doméstico. Los resultados en ciertos aspectos físicos del tejido muestran efectos no muy favorables puesto que los diferentes tipos de acabados señalan cambios con relación a muestras que no se sometieron a pruebas de lavado. Además de eso se ha establecido un rango de valoración del 1 al 4 con el objetivo de evaluar la estabilidad del acabado durante el proceso de lavado siendo el 1 la mejor valoración.

Tejidos con acabados a base de arcilla al 40% sometidas a 3 ciclos de lavado en relación

a muestras sin lavar, indican similares características puesto que han logrado conservar mismos aspectos de suavidad, sequedad y opacidad además de su misma estructura rígida y quebradiza. Durante el proceso de lavado mostro una buena estabilidad de resistencia al lavado, hecho por el cual se lo califico con una valoración de 1, puesto que además es notable la conservación de dichas características.

Tejidos con acabados a base de arcilla al 30% sometidas a 3 ciclos de lavado en relación a muestras sin lavar, presentaron características de apariencia seca-opaca, una suavidad media y una estructura de tejido bajamente flexible a quebradiza. Es de notar la disminución en cuanto a la calidad del acabado sobre todo en cuanto a apariencia de humedad, brillo y flexibilidad presentadas en muestras sin lavar; tanto a 1 mm como 0,5 mm de espesor. Durante el proceso de lavado mostro una estabilidad de resistencia al lavado inferior a un acabado de arcilla al 40%, hecho por el cual en este caso tomo un valor de 2.

Tejidos con acabados a base de arcilla al 20% sometidas a 3 ciclos de lavado doméstico en relación a muestras sin lavar, presentaron características de sequedad, opacidad, baja suavidad y favorablemente conservar una estructura de tejido de buena flexibilidad cuando el espesor es de 0,5 mm. Mientras que, a espesores de 1 mm presentaron así mismo características de sequedad, opacidad, suavidad media y una estructura de tejido de flexibilidad media. Durante el proceso de lavado presentaron una estabilidad de resistencia al lavado inferior a un acabado de arcilla al 30% hecho por el cual en este caso tomo un valor de 3.

Tejidos con acabados a base de arcilla al 10% sometidas a 3 ciclos de lavado doméstico en relación a muestras sin lavar, presentaron características de suavidad baja, aspecto de buena humedad, calidad media de brillo y una estructura de tejido de buena flexibilidad cuando el espesor es de 0,5 mm. Mientras que, a espesores de 1 mm presentaron características de suavidad media, aspecto de humedad buena, calidad media de brillo y una estructura de tejido de flexibilidad media. Sin duda un acabado a base de arcilla al 10% sin haber sido sometida a

procesos de lavado presentan las mejores características de suavidad, brillo, aspecto de muy buena humedad y muy buena flexibilidad; sin embargo, a pesar de que ha logrado resistir a un proceso de 3 ciclos de lavado las características del tejido han sido afectadas de gran manera, hecho por el cual en este caso tomo un valor de 4.

Tabla 58. Datos comparativos del tejido con acabado a base de arcilla posterior a pruebas de lavado.

Arcilla /Resina	Ligante /Agua	Espesante/ Humectante	Espesor	Tacto	Estabilidad al proceso lavado	Estructura	Apariencia (húmedo y brillante)
10/35	20/28,5	5,5/1	0,5 mm	Muy suave	Pruebas sin lavar	Liguera y muy flexible	Aspecto muy (húmedo y brillante)
Datos de comparación de pruebas lavadas				Baja suavidad	4	Liguera y buena flexibilidad	Aspecto (de buena humedad y medio brillante)
20/30	20/24,5	4,5/1	0,5 mm	Medio suave	Pruebas sin lavar	Liguera y Buena Flexibilidad	Aspecto medio (húmedo y medio brillante)
Datos de comparación de pruebas lavadas				Baja suavidad	3	Liguera y buena Flexibilidad	Aspecto (medio seco y opaco)
30/25	20/20	4/1	0,5 mm	Medio suave	Pruebas sin lavar	Liguera y media Flexible	Aspecto regular (húmedo y brillante)
Datos de comparación de pruebas lavadas				Medio suave	2	Ligera y bajamente flexible a quebradiza	Aspecto (seco y opaco)
40/20	20/15,5	3,5/1	0,5 mm	Suave	Pruebas sin lavar	Rígida y muy quebradiza	Aspecto muy (seco y opaco)
Datos de comparación de pruebas lavadas				Suave	1	Rígida y muy quebradiza	Aspecto muy (seco y opaco)
10/35	20/28,5	5,5/1	1 mm	Muy suave	Pruebas sin lavar	Mayor cuerpo y muy flexible	Aspecto muy (húmedo y brillante)
Datos de comparación de pruebas lavadas				Medio Suave	4	Mayor cuerpo y medio flexible	Aspecto (húmedo y opaco)
20/30	20/24,5	4,5/1	1 mm	Medio suave	Pruebas sin lavar	Mayor cuerpo y buena Flexibilidad	Aspecto bueno (húmedo y brillante)
Datos de comparación de pruebas lavadas				Medio suave	3	Mayor cuerpo y Flexibilidad media	Aspecto medio (húmedo y opaco)
30/25	20/20	4/1	1 mm	Medio suave	Pruebas sin lavar	Mayor cuerpo y bajamente flexible a quebradiza	Aspecto medio (húmedo y medio brillante)
Datos de comparación de pruebas lavadas				Medio suave	2	Mayor cuerpo y bajamente flexible a quebradiza	Aspecto (seco y opaco)
40/20	20/15,5	3,5/1	1 mm	Suave	Pruebas sin lavar	Rígida y quebradiza	Aspecto (seco y opaco)
Datos de comparación de pruebas lavadas				Suave	1	Rígida y quebradiza	Aspecto muy (seco y opaco)

Véase algunas de las características físicas y valoración, en cuanto a la estructura de un tejido con acabado a base de arcilla posterior a un proceso de prueba de 3 ciclos de lavado doméstico a mano; mismos que consistieron en 3 pasos de jabonado, 3 de enjuague, 3 de secado y una dosificación determinada por el fabricante de detergente.

6.2.3. Pruebas de resistencia al fuego a partir de muestras sometidas al lavado.

En la siguiente tabla, se indican los datos y valores requeridos para proceder con el ensayo al fuego; a partir de las muestras con el acabado. Nótese la superficie, el número de especímenes requeridos para cada ensayo y otros parámetros necesarios de acuerdo a las condiciones del equipo (Flexiburn) y condiciones descritas en la norma ISO 15025.

Tabla 59. Datos generales para ensayo al fuego.

Datos requeridos del material para ensayo al fuego con 1 mm de espesor de recubrimiento			
Superficie del material con el acabado:	(24cmx60cm)	Número de muestras realizadas por cada concentración de apresto aplicada en el acabado:	4
Superficie de espécimen para ensayo al fuego según la Norma ISO 15025 E 2000:	(20cmx16cm)	Número de especímenes a obtenidas por cada muestra con el acabado:	3
Número de especímenes por ensayo según la Norma ISO 15025 E 2000	6	Total, especímenes con el acabado x cada concentración de apresto empleado:	12
Número de concentraciones ensayadas:	4	Total, especímenes necesarios:	48
Datos requeridos del material para ensayo al fuego con 0,5 mm de espesor de recubrimiento			
Superficie del material con el acabado:	(24cmx60cm)	Número de muestras realizadas por cada concentración de apresto aplicada en el acabado:	4
Superficie de espécimen para ensayo al fuego según la Norma ISO 15025 E 2000:	(20cmx16cm)	Número de especímenes a obtenidas por cada muestra con el acabado:	3
Número de especímenes por ensayo según la Norma ISO 15025 E 2000:	6	Total especímenes con el acabado x cada concentración de apresto empleado:	12
Número de concentraciones ensayadas:	4	Total, especímenes necesarios:	48
		Total, especímenes:	96
Datos requeridos del equipo (Flexiburn) para ensayo al fuego			
Tiempo de aplicación de llama según la Norma ISO 15025 E 2000:	10 Seg	Tiempo de aplicación de llama a nivel experimental:	15 Seg
T ° media de llama alcanzada a los 10 Sg:	555 °C	T ° media de llama alcanzada a los 15 Sg:	667 °C
Tipo de ensayo al fuego:	Por superficie: Lado del sustrato con el acabado		

Véase los datos y valores requeridos para los ensayos al fuego.

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 17: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 40% y resina al 20%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 18: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 40% y resina al 20%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 19: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 30% y resina al 25%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 20: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 30% y resina al 25%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 21: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 20% y resina al 30%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 22: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 20% y resina al 30%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 23: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 10% y resina al 35%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 1 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 24: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 10% y resina al 35%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 1 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 25: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 40% y resina al 20%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 26: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 40% y resina al 20%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 27: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 30% y resina al 25%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 28: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 30% y resina al 25%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 29: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 20% y resina al 30%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 30: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 20% y resina al 30%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 31: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 10 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 10% y resina al 35%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 10 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 555 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

Ensayos al fuego: Tejido con acabado por recubrimiento de 0,5 mm de espesor (Lavado)

PRUEBA N° 32: ENSAYO AL FUEGO PARA TIEMPO DE 15 Seg

Concentración de acabado a base de Arcilla al 10% y resina al 35%					
Método de ensayo al fuego: De superficie		Dimensión del espécimen: (16 X 20) cm ²		Tiempo de ensayo: 15 Sg.	
Espesor de acabado: 0,5 mm		Número de especímenes de prueba: 6		Temperatura de ensayo: 667 °C	
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
					

6.2.4. *Análisis y evaluación de resultados de solidez al lavado con relación a pruebas de resistencia al fuego.*

Los ensayos al fuego llevados a cabo a partir de muestras sometidas a un proceso de 3 ciclos lavado; permitió evaluar la solidez al lavado del acabado ignífugo a base de arcilla, mediante un análisis comparativo de datos de resistencia al fuego obtenidas a partir de muestras con y sin lavado, mismas que se realizaron bajo condiciones y parámetros normativos de la (ISO 15025: 2000 (E), 2016) para ensayos al fuego y Monografías M5 y M6 de la (AATCC, 2015) para ensayos de lavado.

6.2.4.1. *Test de normalidad para datos obtenidos a partir de ensayos al fuego de muestras lavadas.*

Similarmente según lo realizado en el apartado [\(6.1.4.1\)](#) a fin de determinar en primera si los datos cumplen una distribución normal (campana de Gauss) y en segunda aprobar o rechazar una hipótesis nula, se han sometido cada uno de los datos obtenidos a un test de normalidad que además determinará si los datos pueden seguir un proceso de análisis estadístico, mismo que a partir de cálculos estadísticos y graficas permitirá evaluar, comparar y visualizar los resultados de mejor manera.

Hipótesis nula H_0 : La muestra fue tomada de una población con distribución normal. Si la p dada (normal) es menor que 0.05, la distribución normal puede ser rechazada (marcada en rosa). De las pruebas dadas, Shapiro-Wilk y Anderson-Darling se consideran las más exactas, y Lilliefors y Jarque-Bera se dan como referencia. (Hammer, 1999-2019, pág. 82)

Tabla 60. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 40% y resina al 20%.

Test de Normalidad: Ensayo al fuego Acabado a base de arcilla al 40% y resina al 20%								
Prueba 17: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 1 mm	Prueba 18: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 1 mm	Prueba 25: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 0,5 mm	Prueba 26: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 0,5 mm	Análisis de Normalidad	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 25	Prueba 26
0,9	1,9	1,6	2,5	N	6	6	6	6
				Shapiro-Wilk W	0,8712	0,8667	0,9469	0,797
0,6	1,3	1,1	2,6	p(normal)	0,2312	0,2133	0,715	0,05524
				Anderson-Darling A	0,4341	0,3894	0,2215	0,6306
0,7	1,8	0,7	1,2	p(normal)	0,1911	0,2576	0,7013	0,05124
				p(Monte Carlo)	0,2074	0,2834	0,7748	0,0471
0,9	1,5	1,7	2,4	Lilliefors L	0,2544	0,2407	0,1771	0,3299
				p(normal)	0,2605	0,3396	0,8038	0,03974
0,7	1,9	2,5	1,8	p(Monte Carlo)	0,2679	0,3471	0,816	0,042
				Jarque-Bera JB	0,9263	0,7346	0,4443	1,104
1,3	1,2	2,7	2,5	p(normal)	0,6293	0,6926	0,8008	0,5758
				p(Monte Carlo)	0,1526	0,2732	0,6934	0,1015

Véase análisis de datos Test de Normalidad.

Tabla 61. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 30% y resina al 25%.

Test de Normalidad: Ensayo al fuego Acabado a base de arcilla al 30% y resina al 25%								
Prueba 19: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 1 mm	Prueba 20: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 1 mm	Prueba 27: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 0,5 mm	Prueba 28: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 0,5 mm	Análisis de Normalidad	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 27	Prueba 28
2	2,4	2,7	5,7	N	6	6	6	6
				Shapiro-Wilk W	0,9076	0,905	0,871	0,8076
1,6	2,2	2,5	3,9	p(normal)	0,4207	0,4044	0,2302	0,06878
				Anderson-Darling A	0,3107	0,3486	0,4355	0,5817
1,4	2,3	2,6	3,6	p(normal)	0,4278	0,3361	0,1894	0,07131
				p(Monte Carlo)	0,4766	0,3696	0,2054	0,0717
1,6	2	2,6	3,5	Lilliefors L	0,2234	0,2255	0,2482	0,3158
				p(normal)	0,4572	0,4415	0,2945	0,05911
1,4	1,8	3,1	4	p(Monte Carlo)	0,4609	0,4608	0,3079	0,0587
				Jarque-Bera JB	0,4928	0,6934	0,7629	0,8998
1,8	2,3	3,1	5,3	p(normal)	0,7816	0,707	0,6829	0,6377
				p(Monte Carlo)	0,6235	0,3305	0,2565	0,1591

Véase análisis de datos Test de Normalidad.

Tabla 62. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 20% y resina al 30%.

Test de Normalidad: Ensayo al fuego Acabado a base de arcilla al 20% y resina al 30%								
Prueba 21: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 1 mm	Prueba 22: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 1 mm	Prueba 29: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 0,5 mm	Prueba 30: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 0,5 mm	Análisis de Normalidad	Prueba 21	Prueba 22	Prueba 29	Prueba 30
2,3	2,3	3,5	3,8	N	6	6	6	6
				Shapiro-Wilk W	0,8678	0,8696	0,8845	0,9463
2,3	2,7	2,1	3,9	p(normal)	0,2175	0,2246	0,2904	0,7104
				Anderson-Darling A	0,3614	0,4156	0,37	0,219
2	3,5	2,4	4,5	p(normal)	0,3094	0,2165	0,2927	0,711
				p(Monte Carlo)	0,3389	0,2379	0,3239	0,7868
1,6	3,4	3,6	4,4	Lilliefors L	0,2003	0,2709	0,2608	0,1667
				p(normal)	0,6324	0,183	0,228	0,8677
1,9	2,4	3,4	5,5	p(Monte Carlo)	0,635	0,192	0,2341	0,8843
				Jarque-Bera JB	0,5851	0,6974	0,7137	0,4097
1,6	2,7	2,7	4,9	p(normal)	0,7464	0,7056	0,6999	0,8148
				p(Monte Carlo)	0,4863	0,3273	0,3093	0,7251

Véase análisis de datos Test de Normalidad.

Tabla 63. Test de Normalidad: Ensayo al fuego del acabado a base de arcilla al 10% y resina al 35%.

Test de Normalidad: Ensayo al fuego Acabado a base de arcilla al 10% y resina al 35%								
Prueba 23: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 1 mm	Prueba 24: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 1 mm	Prueba 31: Long máx. dañada (cm) en 10 Sg Espesor 0,5 mm	Prueba 32: Long máx. dañada (cm) en 15 Sg Espesor 0,5 mm	Análisis de Normalidad	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 31	Prueba 32
1,7	3,1	2,8	5,2	N	6	6	6	6
				Shapiro-Wilk W	0,9048	0,958	0,9662	0,84
1,9	2,7	2,9	4,3	p(normal)	0,4032	0,8043	0,8657	0,1305
				Anderson-Darling A	0,3457	0,2198	0,1867	0,4493
1,9	2,8	3	3,6	p(normal)	0,3425	0,7079	0,8306	0,1724
				p(Monte Carlo)	0,3784	0,777	0,8908	0,1803
2,1	3	2,5	5	Lilliefors L	0,2164	0,2144	0,1639	0,2511
				p(normal)	0,509	0,5242	0,8828	0,2783
2,4	2,8	3,4	3,7	p(Monte Carlo)	0,5102	0,5345	0,8975	0,2858
				Jarque-Bera JB	0,7652	0,4248	0,3033	0,7749
2,9	2,9	3,3	5,2	p(normal)	0,6821	0,8086	0,8593	0,6788
				p(Monte Carlo)	0,2532	0,7069	0,8422	0,2457

Véase análisis de datos Test de Normalidad.

De acuerdo al test de normalidad, se demuestra que los datos obtenidos a partir de las mediciones de longitud carbonizada posterior a los ensayos de fuego de muestras lavadas con el acabado a base de arcilla, son valores que provienen de una población o distribución normal y que pueden seguir un proceso estadístico. Nótese como según los test de normalidad de Shapiro-Wilk W y Anderson-Darling A, que son las más exactas, evidencian valores de p(normal) superior al 0,05, que permiten aceptar la hipótesis nula y por ende permitir continuar con el procesamiento de datos y respectivo análisis.

6.2.4.2. *Análisis de resultados de la propiedad de resistencia al fuego de muestras con y sin lavado.*

El motivo de dicho análisis en esencia y a partir de datos obtenidos de los ensayos al fuego, fue con el fin determinar la propiedad de resistencia al fuego en muestras sometidas a un proceso de 3 ciclos de lavado; para posteriormente comparar dichos resultados en relación a datos obtenidos de muestras que no se sometieron a un proceso de lavado, cuyas variaciones a más de permitir evaluar la propiedad de resistencia al fuego también permitieron una perspectiva e cuanto a estabilidad o resistencia al lavado de los diferentes tipos de acabado a base de arcilla.

En tabla 64 y tabla 65 se muestra un resumen general producto de una serie de ensayos al fuego a partir de muestras lavadas, nótese el tipo de acabado, espesor, tiempo de ensayo, promedio de longitud carbonizada, número de muestras que presentan agujeros o daños en la superficie del tejido y así como efectos de combustión residual y luminiscencia.

Tabla 64. Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 1 mm espesor en muestras lavadas.

Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 1 mm espesor											
% Arcilla/ Resina	Long media dañada (cm) en 10 Sg	Long media dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama Alanzan borde superior	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Incandescencia residual	N° probetas con formación de agujeros	N° probetas dañadas	N° Probetas resisten al fuego para 10 Sg	N° Probetas resisten al fuego para 15 Sg	Total
40/20	0,85	1,60	No	No	No	No	0	0	6/6	6/6	12
30/25	1,6333	2,1667	No	No	No	No	0	0	6/6	6/6	12
20/30	1,95	2,8333	No	No	No	No	0	0	6/6	6/6	12
10/35	2,1500	2,8833	No	No	No	No	0	0	6/6	6/6	12

Análisis de resultados posterior a los ensayos de fuego cuyo acabado es de 1 mm de espesor.

En la tabla 64 se presenta un resumen general de los ensayos al fuego llevadas a cabo en muestras lavadas con acabado a base de arcilla de 1 mm de espesor, se pueden observar longitudes carbonizadas promedio de (0,85;1,63;1,95;2,15) cm y (1,60;2,17;2,83; 2,883) cm; que van en descenso dependiendo de si el acabado presenta una menor cantidad de arcilla en relación a una mayor cantidad de resina (40/20; 30/25; 20/30; 10/35) %.

Favorablemente las evaluaciones de cada uno de los tipos de acabado a base de arcilla con respecto a los ensayos al fuego, indican que durante las pruebas al fuego no existió presencia alguna de incandescencia residual, combustión posterior, propagaciones excedentes de llama o formación de agujeros en la superficie del tejido; logrando cumplir positivamente con las condiciones y parámetros de las normas ISO 15025:2000 (E) del 2016 y el proyecto de Norma Técnica UNIT-IEC 61482-2 del 2018 incluso luego de haberse practicado y ensayado un proceso de 3 ciclos de lavado, demostrando de esta manera gran conservación de la propiedad de resistencia al fuego tanto para tiempos de ensayos al fuego de 10 como de 15 segundos cuyas temperaturas de resistencia son respectivamente 555 °C y 667 °C.

Tabla 65. Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 0,5 mm espesor en muestras lavadas.

Análisis general de ensayos al fuego para acabados de 0,5 mm espesor														
% Arcilla/ Resina	Long media dañada (cm) en 10 Sg	Long media dañada (cm) en 15 Sg	Propagación de llama Alcanzan borde superior	Combustión posterior	Ocurrencia de desechos	Incandescencia residual	N° probetas con formación de agujeros		N° probetas con formación de agujeros igual o > 5 mm		N° probetas dañadas	N° Probetas resisten al fuego para 10 Sg	N° Probetas resisten al fuego para 15 Sg	Total
							Ensayo a los 10 Sg	Ensayo a los 15 Sg	Ensayo a los 10 Sg	Ensayo a los 15 Sg				
40/20	1,7167	2,1667	No	No	Si	No	0	Muestra 1,4	0	Muestra 1,4	2	6/6	4/6	10
30/25	2,75	4,35	No	No	Si	No	Muestra 5	Muestra 1,2,6	0	Muestra 1,2	4	5/6	3/6	8
20/30	2,95	4,50	No	No	Si	No	Muestra 4,5	Muestra 3,4,5	0	Muestra 3,5	5	4/6	3/6	7
10/35	2,9833	4,50	No	No	Si	No	Muestra 2,3	Muestra 1,2,4	0	Muestra 1,2,4	5	4/6	3/6	7
Total													32	

Análisis de resultados posterior a los ensayos de fuego cuyo acabado es de 0,5 mm de espesor.

En la tabla 65 se presenta un resumen general de los ensayos al fuego llevadas a cabo en muestras lavadas con acabado a base de arcilla de 0,5 mm de espesor, se pueden observar longitudes carbonizadas promedio de (1,72;2,75;2,95;2,98) cm y (2,17;4,35;4,5;4,5) cm; que al igual disminuye dependiendo de si el acabado presenta una menor cantidad de arcilla en relación a una mayor cantidad de resina (40/20; 30/25; 20/30; 10/35) %.

Ensayos al fuego de muestras sometidas a 3 ciclos de lavado con acabado a base de arcilla al 40% y 0,5 mm de espesor, indican favorablemente la ausencia de algún tipo de incandescencia residual, combustión posterior, propagación excedente de llama o que alcancen el borde superior de la probeta; no obstante los resultados con respecto a formaciones de agujero difieren en cero pruebas con formación de agujeros para ensayos del fuego a los 10 segundos y 2 pruebas con agujeros de tamaños >5 mm para ensayos de los 15 segundos.

Ensayos al fuego de muestras sometidas a 3 ciclos de lavado con acabado a base de arcilla al 30% y 0,5 mm de espesor, indican favorablemente la ausencia de algún tipo de

incandescencia residual, combustión posterior, propagación excedente de llama o que alcancen el borde superior de la probeta, de la misma manera los resultados con respecto a formaciones de agujero difieren en 1 prueba con formación de agujero no >5 mm para ensayos del fuego de los 10 segundos y 3 pruebas para ensayos de los 15 segundos de las cuales existen 2 pruebas con formación de agujero >5 mm.

Ensayos al fuego de muestras sometidas a 3 ciclos de lavado con acabado a base de arcilla al 20% y 0,5 mm de espesor, presentan favorablemente la ausencia de efectos de incandescencia residual, combustión posterior y propagación excedente de llama; donde cuyos resultados difieren al igual en el número de probetas dañadas, dado que ha existido un número de 2 pruebas con formación de agujero de no >5 mm para ensayos del fuego de los 10 segundos y, 3 pruebas para ensayos de los 15 segundos de las cuales existen 2 pruebas con formación de agujero de tamaños >5 mm.

Ensayos al fuego de muestras sometidas a 3 ciclos de lavado con acabado a base de arcilla al 10% y 0,5 mm de espesor, indican favorablemente la ausencia de efectos de incandescencia residual, combustión posterior y propagación excedente de llama y; en cuanto a efectos de formación de agujero para ensayos del fuego de los 10 segundos el número de pruebas con presencia de agujeros no >5 mm son 2, mientras que para ensayos de los 15 segundos el número de pruebas con formación de agujero son 3 de las cuales todas presentan tamaños de >5 mm.

Es importante volver a recalcar que según las condiciones y parámetros de las normas ISO 15025:2000 (E) del 2016 y el proyecto de Norma Técnica UNIT-IEC 61482-2 del 2018 mismas que se citan en el apartado ([5.11](#)), cada una de las probetas que hayan sido sometidas a ensayos del fuego deben cumplir requerimientos como propagaciones que no alcancen el borde superior o lateral de la probeta, ausencia de residuos de la llama, duración de la incandescencia residual de ≤ 2 Seg, así como ningún ejemplar debe presentar formación de agujeros en cualquier

dirección de un tamaño de 5 mm o más grandes. No obstante, dichas condiciones requeridas para un material resistente al fuego, se han cumplido a cabalidad en todos los casos; a excepción de un pequeño número de 7 pruebas cuya formación de un agujero de tamaño igual o mayor a 5 mm a determinado el número de pruebas que no pueden ser considerados como materiales resistentes al fuego. Obsérvese dicho resultado de acuerdo a la figura 30 A y 30 B, análisis del número de pruebas (lavadas) dañadas con presencia de agujero; de las cuales según la figura 30 B se encontraron 7 probetas con formación de agujero de tamaños igual o mayor a 5 mm, mismas que se han dado a partir de ensayos al fuego de los 15 segundos y recubrimiento de acabados a base de arcilla al 0,5 mm de espesor (color naranja).

Al comparar la figura 30 A y 30 C se observa una variación de 12 a 16 probetas dañadas con formación de agujero con respecto a muestras sin lavado y con lavado; sin duda la pérdida de resistencia al fuego a partir de muestras sometidas a un proceso de 3 ciclos de lavado ha sido inevitable; pero ventajosamente la resistencia al lavado es muy buena, dado que según la figura 30 B y 30 D el número de pruebas que se rechazarían con respecto a muestras lavadas y no lavadas son 7 y 6 respectivamente, incrementándose únicamente en 1 el número de pruebas que no cumplirían dichas condiciones.

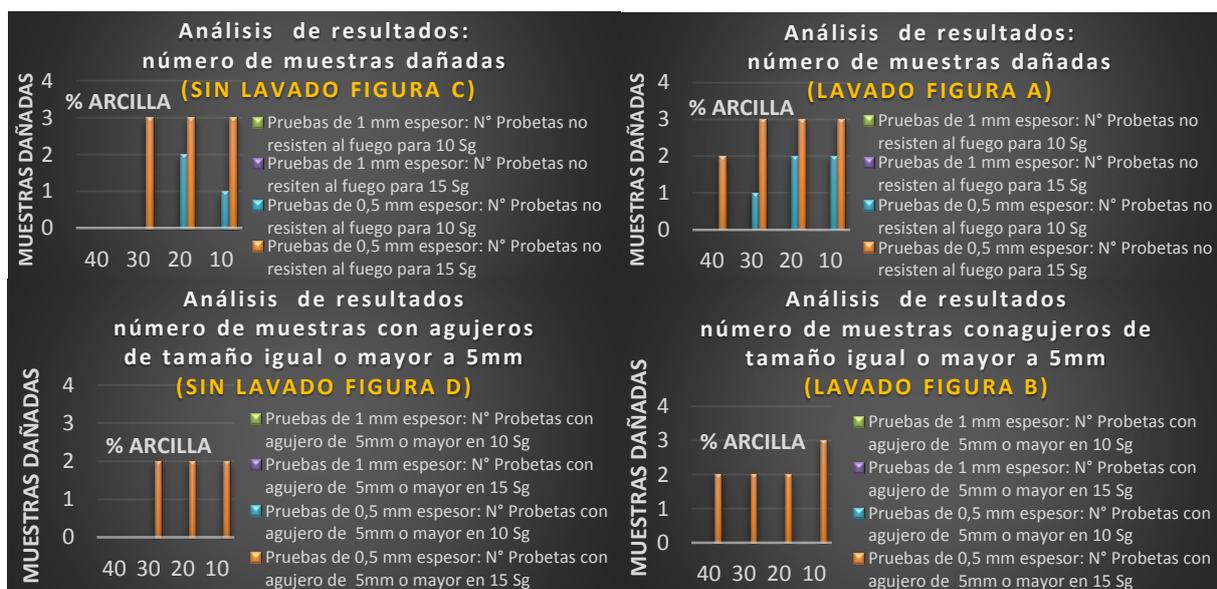


Figura 30. Análisis comparativo de resultados de pruebas con y sin lavado según el número de muestras dañadas que cumplen o no los requerimientos de un tejido resistente al fuego.

En la tabla 66 se indican valores comparativos de longitud carbonizada media obtenidas a partir de ensayos al fuego para 10 segundos (T° promedio de 555°C); mismas en las que se comparan la capacidad de resistencia al fuego según el espesor y porcentaje de arcilla y/o resina de muestras sometidas a un lavado y sin lavado.

Tabla 66. Datos comparativos de longitud carbonizada promedio obtenidas a partir de muestras (lavadas y no lavadas) según ensayos al fuego de 10 segundos.

Análisis de la propiedad de resistencia al fuego para acabados a base de arcilla										
%Arcilla / Resina	Espesor 1 mm (Tiempo de ensayo 10 Sg)					Espesor 0,5 mm (Tiempo de ensayo 10 Sg)				
	Longitud media dañada (cm) (sin lavado)	% resistencia al fuego	Longitud media dañada (cm) (lavado)	% resistencia al fuego	% Variación	Longitud media dañada (cm) (sin lavado)	% resistencia al fuego	Longitud media dañada (cm) (lavado)	% resistencia al fuego	% Variación
40/20	0,8167	95,9165	0,8500	95,7500	0,1665	1,6833	91,5835	1,7167	91,4165	0,1670
30/25	1,6167	91,9165	1,6333	91,8335	0,0830	2,7333	86,3335	2,7500	86,2500	0,0835
20/30	1,9333	90,3335	1,9500	90,2500	0,0835	2,9333	85,3335	2,9500	85,2500	0,0835
10/35.	2,1167	89,4165	2,1500	89,2500	0,1665	2,9500	85,2500	2,9833	85,0835	0,1665

Véase un análisis comparativo de resistencia al fuego según su espesor y un mismo tiempo de ensayo al fuego.

Acabados a base de arcilla al 40% de acuerdo a ensayos del fuego para 10 segundos presentan una longitud media carbonizada y resistencia al fuego de (0,82 cm-95,92%) a 1 mm de espesor y (1,68 cm-91,58%) a 0,5 mm de espesor; mientras que posterior a los 3 ciclos de lavado los resultados fueron de (0,85 cm-95,75%) y (1,72 cm-91,417%), mostrando en este caso una pérdida de resistencia al fuego del 0,1665% y 0,1670% respectivamente.

Acabados a base de arcilla al 30% de acuerdo a ensayos del fuego para 10 segundos presentan una longitud media carbonizada y resistencia al fuego de (1,62 cm-91,92%) a 1 mm de espesor y (2,73 cm-86,33) a 0,5 mm de espesor; mientras que luego de los 3 ciclos de lavado los resultados fueron de (1,63 cm-91,83%) y (2,75 cm-86,25%), mostrando en este caso una pérdida de resistencia al fuego del 0,083% y 0,0835% respectivamente.

Acabados a base de arcilla al 20% según ensayos al fuego para 10 segundos presentan una longitud media carbonizada y resistencia al fuego de (1,93 cm-90,33%) a 1 mm de espesor

y (2,93 cm-85,33) a 0,5 mm de espesor; mientras que luego de los 3 ciclos de lavado los resultados fueron de (1,95 cm-90,25%) y (2,95 cm-85,25%), mostrando en este caso una pérdida de resistencia al fuego del 0,0835% en los dos casos.

Acabados a base de arcilla al 10% de acuerdo a ensayos del fuego para 10 segundos presentan una longitud media carbonizada y resistencia al fuego de (2,12 cm-89,42%) a 1 mm de espesor y (2,95 cm-85,25%) a 0,5 mm de espesor; mientras que luego de los 3 ciclos de lavado los resultados fueron de (2,15 cm-89,25%) y (2,98 cm-85,084%), mostrando en este caso una pérdida de resistencia al fuego del 0,1665% al igual en los dos casos.

En la figura 31 se puede observar de acuerdo al espesor de acabado y porcentaje de arcilla, los resultados de las pruebas al fuego para 10 segundos. Comparativamente, se puede notar leves variaciones de pérdida de resistencia al fuego de muestras lavadas con respecto a las que no se sometieron al lavado; de las cuales ha existido mayor variación a concentraciones del 40% y 10% de arcilla y valores intermedios a concentraciones del 30% y 40% de arcilla.

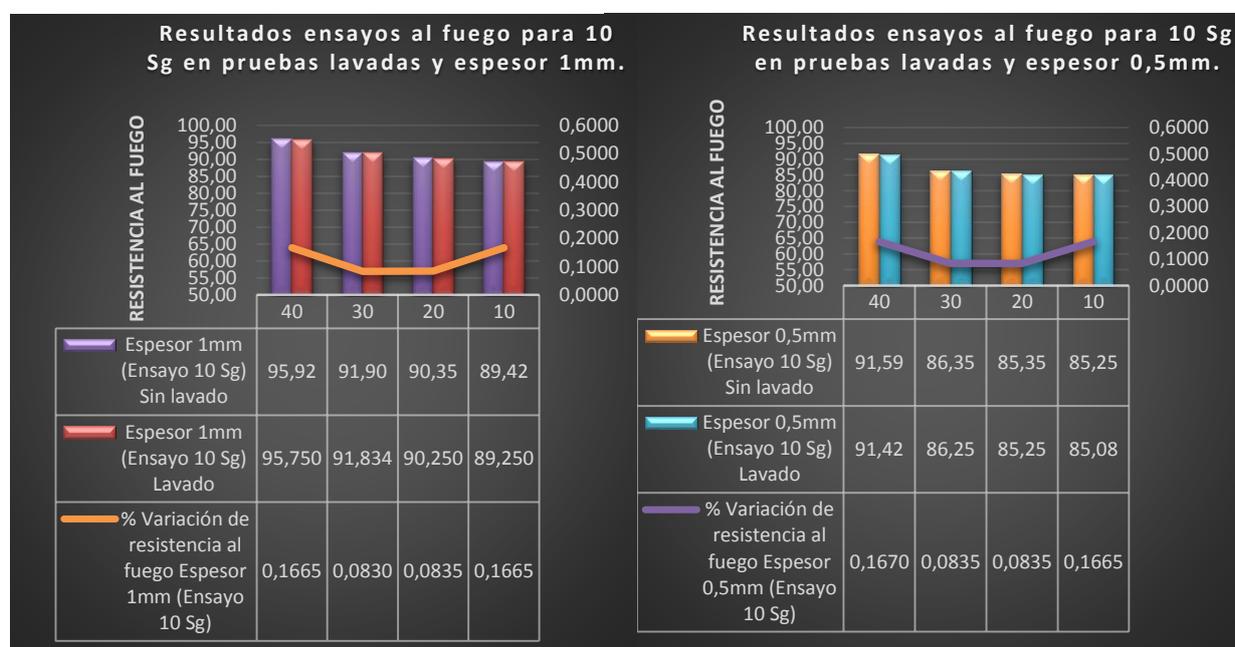


Figura 31. Véase un análisis comparativo del porcentaje de variación de resistencia al fuego de muestras con y sin lavado según el espesor y pruebas al fuego de 10 Sg.

En la tabla 67 se indica valores comparativos de longitud carbonizada media obtenidas a partir de ensayos al fuego para 15 segundos cuya (T° promedio es 667°C); mismas en las que se comparan la capacidad de resistencia al fuego según el espesor y porcentaje de arcilla y/o resina de muestras con lavado y sin lavado.

Tabla 67. Datos comparativos de longitud carbonizada promedio obtenidas a partir de muestras (lavadas y no lavadas) según ensayos al fuego de 15 segundos.

Análisis de la propiedad de resistencia al fuego para acabados a base de arcilla										
	Espesor 1 mm (Tiempo de ensayo 15 Sg)					Espesor 0,5 mm (Tiempo de ensayo 15 Sg)				
%Arcilla / Resina	Longitud media dañada (cm) (sin lavado)	% resistencia al fuego	Longitud media dañada (cm) (lavado)	% resistencia al fuego	% Variación	Longitud media dañada (cm) (sin lavado)	% resistencia al fuego	Longitud media dañada (cm) (lavado)	% resistencia al fuego	% Variación
40/20	1,5667	92,1665	1,6000	92,0000	0,1665	2,1000	89,5000	2,1667	89,1665	0,3335
30/25	2,1500	89,2500	2,1667	89,1665	0,0835	4,3167	78,4165	4,3500	78,2500	0,1665
20/30	2,8167	85,9165	2,8333	85,8335	0,0830	4,4500	77,7500	4,5000	77,5000	0,2500
10/35	2,8333	85,8335	2,8833	85,5835	0,2500	4,3833	78,0835	4,5000	77,5000	0,5835

Véase un análisis comparativo de resistencia al fuego según su espesor y un mismo tiempo de ensayo al fuego.

Acabados a base de arcilla al 40% de acuerdo a ensayos del fuego para 15 segundos presentan una longitud media carbonizada y resistencia al fuego de (1,57 cm-92,17%) a 1 mm de espesor y (2,1 cm-89,5%) a 0,5 mm de espesor; mientras que luego de los 3 ciclos de lavado los resultados fueron de (1,6 cm-92%) y (2,17 cm-89,17%), mostrando en este caso una pérdida de resistencia al fuego del 0,1665% y 0,3335% respectivamente.

Acabados a base de arcilla al 30% de acuerdo a ensayos del fuego para 15 segundos presentan una longitud media carbonizada y resistencia al fuego de (2,15 cm-89,25%) a 1 mm de espesor y (4,3167 cm-78,42%) a 0,5 mm de espesor; mientras que luego de los 3 ciclos de lavado los resultados fueron de (2,16 cm-89,17%) y (4,35 cm-78,25%), mostrando en este caso una pérdida de resistencia al fuego del 0,0835% y 0,1665% respectivamente.

Acabados a base de arcilla al 20% de acuerdo a ensayos del fuego para 15 segundos presentan una longitud media carbonizada y resistencia al fuego de (2,82 cm-85,92%) a 1 mm

de espesor y (4,45 cm-77,75%) a 0,5 mm de espesor; mientras que luego de los 3 ciclos de lavado los resultados fueron de (2,83 cm-85,83%) y (4,5 cm-77,5%), mostrando en este caso una pérdida de resistencia al fuego del 0,083% y 0,25% respectivamente.

Acabados a base de arcilla al 10% de acuerdo a ensayos del fuego para 15 segundos presentan una longitud media carbonizada y resistencia al fuego de (2,83 cm-85,83%) a 1 mm de espesor y (4,38 cm-78,08%) a 0,5 mm de espesor; mientras que luego de los 3 ciclos de lavado los resultados fueron de (2,88 cm-85,58%) y (4,5 cm-77,5%), mostrando en este caso una pérdida de resistencia al fuego del 0,25% y 0,5835% respectivamente.

En la figura 32 se puede observar según el espesor de acabado y porcentaje de arcilla, los resultados de las pruebas al fuego para 15 segundos. Se puede notar de la misma manera bajísimas variaciones en cuanto a pérdida de resistencia al fuego de muestras lavadas con respecto a las que no se sometieron al lavado; cuyos resultados indican mayores variaciones al 40% y 10% de arcilla y valores centrales a concentraciones del 30% y 40% de arcilla.

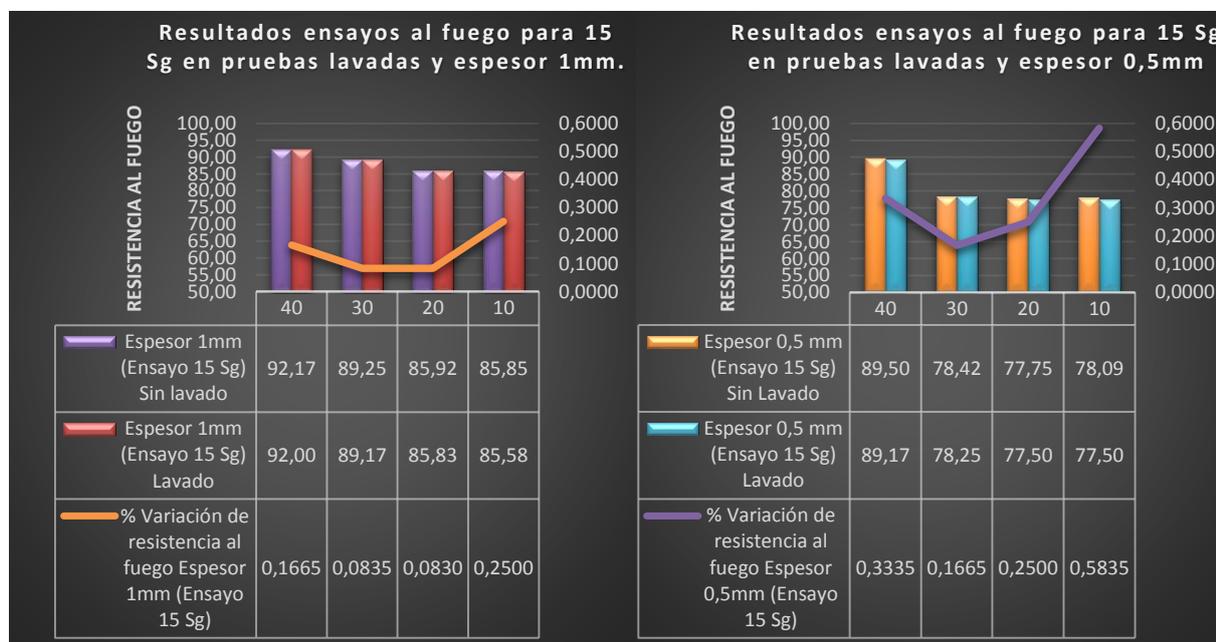


Figura 32. Véase un análisis comparativo del porcentaje de variación de resistencia al fuego de muestras con y sin lavado según el espesor y pruebas al fuego de 15 Sg.

6.2.4.3. Análisis de resistencia al lavado y su relación con los productos de aplicación.

En la tabla 68 se indica un resumen del porcentaje de variación de resistencia al fuego, ocurridas a partir de muestras con y sin lavado; por cuanto, dichos resultados han permitido a partir de pruebas al fuego para 10 y 15 segundos en muestras con acabados a base de arcilla de 1 mm y 0,5 mm de espesor dar a conocer una perspectiva en cuanto a resistencia al lavado.

Tabla 68. Análisis y resultados de resistencia al lavado.

Análisis de la propiedad de resistencia al lavado para acabados a base de arcilla													
Materiales aplicados						Espesor 1 mm (Tiempo de ensayo 10 Sg)			Espesor 1 mm (Tiempo de ensayo 15 Sg)			Resultado Resistencia al Lavado	
%Arcilla	%Resina	%Ligante	%Agua	%Espesante	%Humectan	% resistenc ia al fuego (sin lavado)	% resistenc ia al fuego (lavado)	% Variaci ón	% resistenc ia al fuego (sin lavado)	% resistenc ia al fuego (lavado)	% Variaci ón	% Variaci ón promedio	% Resiste ncia al lavado
40	20	20	15,5	3,5	1	95,9165	95,7500	0,1665	92,1665	92,0000	0,1665	0,1665	99,834
30	25	20	20	4	1	91,9165	91,8335	0,0830	89,2500	89,1665	0,0835	0,0833	99,917
20	30	20	24,5	4,5	1	90,3335	90,2500	0,0835	85,9165	85,8335	0,0830	0,0833	99,917
10	35	20	28.5	5,5	1	89,4165	89,2500	0,1665	85,8335	85,5835	0,2500	0,2083	99,792
						Espesor 0,5 mm (Tiempo de ensayo 10 Sg)			Espesor 0,5 mm (Tiempo de ensayo 15 Sg)			Resultado Resistencia al Lavado	
40	20	20	15,5	3,5	1	91,5835	91,4165	0,1670	89,5000	89,1665	0,3335	0,2503	99,750
30	25	20	20	4	1	86,3335	86,2500	0,0835	78,4165	78,2500	0,1665	0,1250	99,875
20	30	20	24,5	4,5	1	85,3335	85,2500	0,0835	77,7500	77,5000	0,2500	0,1668	99,833
10	35	20	28.5	5,5	1	85,25	85,0835	0,1665	78,0835	77,5000	0,5835	0,3750	99,625

Véase un resumen de los resultados de resistencia al lavado obtenidas a partir del porcentaje de variación de resistencia al fuego y su relación con los materiales de aplicación.

Acabados a base de arcilla al 40% y resina al 20%, a 1 mm de espesor presenta una variación o pérdida de resistencia al fuego del 0,1665% tanto para 10 como para 15 segundos, dando como resultado un promedio del 0,1665% lo cual quiere decir que tiene una resistencia al lavado del 99,834%.

Mientras que al 0,5 mm de espesor presenta una variación del 0,1670% para 10 segundos y 0,25% para 15 segundos dando como resultado un promedio de pérdida de resistencia al fuego del 0,2503% lo cual quiere decir que tiene una resistencia al lavado del 99,834%

Acabados a base de arcilla al 30% y resina al 25%, a 1 mm de espesor presenta una variación o pérdida de resistencia al fuego del 0,083% para 10 y 0,0835% para 15 segundos, dando como resultado un promedio del 0,0833% lo cual quiere decir que tiene una resistencia al lavado del 99,917%.

Mientras que al 0,5 mm de espesor presenta una variación del 0,835% para 10 segundos y 0,1665% para 15 segundos dando como resultado un promedio de pérdida de resistencia al fuego del 0,125% lo cual quiere decir que tiene una resistencia al lavado del 99,875%

Acabados a base de arcilla al 20% y resina al 30%, a 1 mm de espesor presenta una variación o pérdida de resistencia al fuego del 0,835% para 10 y 0,83% para 15 segundos, dando como resultado un promedio del 0,833% lo cual quiere decir que tiene una resistencia al lavado del 99,917%.

Mientras que al 0,5 mm de espesor presenta una variación del 0,0835% para 10 segundos y 0,25% para 15 segundos dando como resultado un promedio de pérdida de resistencia al fuego del 1,668% lo cual quiere decir que tiene una resistencia al lavado del 99,833%

Acabados a base de arcilla al 10% y resina al 35%, a 1 mm de espesor presenta una variación o pérdida de resistencia al fuego del 0,1665% tanto para 10 y 0,25 para 15 segundos, dando como resultado un promedio del 0,0,2083% lo cual quiere decir que tiene una resistencia al lavado del 99,792%.

Mientras que al 0,5 mm de espesor presenta una variación del 0,1665% para 10 segundos y 0,5835% para 15 segundos dando como resultado un promedio de pérdida de resistencia al fuego del 0,3750% lo cual quiere decir que tiene una resistencia al lavado del 99,625%.

En la figura 33 podemos observar de mejor manera las gráficas de resistencia al lavado a partir de los datos de variación de resistencia al fuego, se puede notar a tal simplicidad una forma acampanada que demuestra una mejor resistencia al lavado para acabados que contienen el 20% y 30% de arcilla; mientras que a porcentajes de arcilla al 40% y 10% aunque levemente,

los resultados son una menor resistencia al lavado. Nótese también una variación de resistencia al lavado dependiendo del espesor de acabado, resultando en este caso una superior resistencia a 1 mm de espesor e inferior a 0,5 mm de espesor.

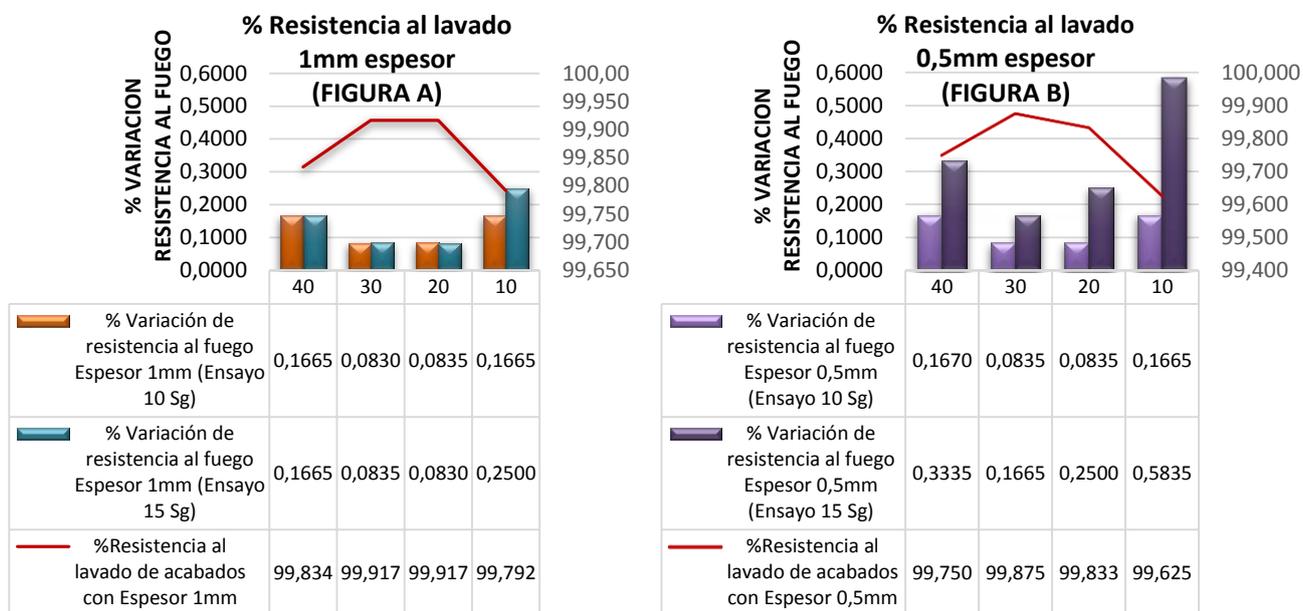


Figura 33. Resultados de resistencia al lavado según datos de variación de resistencia al fuego.

La disminución de la propiedad de resistencia al fuego de los diferentes tipos de acabado a base de arcilla tras pruebas de lavado son bastante leves, lo cual demuestra una buena resistencia al lavado; sin embargo, la forma acampanada tanto a 1 mm como 0,5 mm de espesor según la figura 33 A y B, señala un punto intermedio de resistencia al lavado que disminuye a partir de acabados que contienen (30% arcilla, 25% resina, 20% ligante, 4% Espesante, 1% humectante) y (20% arcilla, 30% resina, 20% ligante, 4,5% Espesante, 1% humectante) demostrando que altas concentraciones de arcilla en relación a una baja concentración de resina como aquellos que contienen (40% arcilla, 20% resina, 20% ligante, 3,5% Espesante, 1% humectante) tienden a una mayor pérdida de resistencia al lavado; por otro lado, también dejar constancia que pese a una alta concentración de resina en relación a una baja concentración de arcilla un acabado a base del (10% arcilla, 35% resina, 20% ligante, 5,5% Espesante, 1% humectante) sin duda ha logrado frente a las demás una resistencia inferior al lavado.

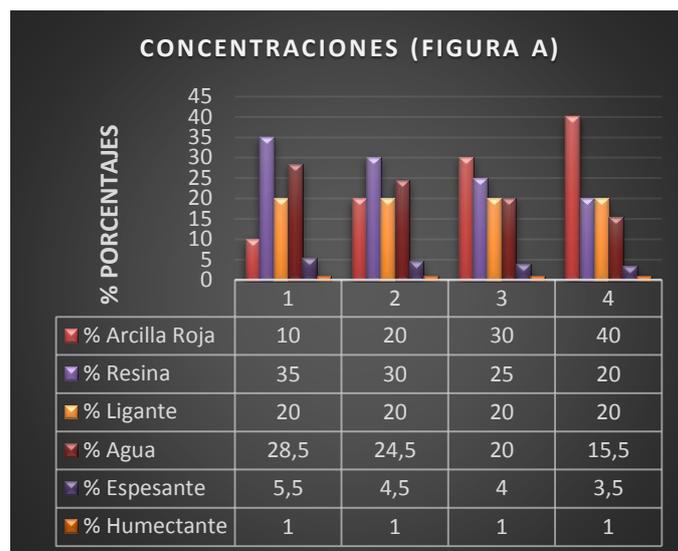


Figura 34. Materiales de aplicación resultados y análisis de resistencia al lavado.

En la figura 34, puede diferenciarse claramente aquellos materiales de aplicación; constantes que no varían en su porcentaje de aplicación (ligante y humectante) y variables que si varían en su cantidad (Arcilla, Resina, Espesante); dicho análisis no lleva a determinar en este caso que, un acabado a base de arcilla pese a un alto contenido de resina y bajo contenido de arcilla puede verse afectada por aquellos materiales de aplicación variable como el espesante; cuyo alto contenido al 5,5% en el caso de un acabado a base de arcilla al 10% y resina al 35% aunque levemente, pudo mayormente afectar a la propiedad de resistencia al lavado y con ello mayor pérdida de resistencia al fuego, no así en acabados del 20% y 30% de arcilla cuyo menor contenido de espesante al 4,5% y 4% permitieron lograr los mejores resultados en cuanto a resistencia a lavado y conservación de la propiedad de resistencia al fuego.

6.2.5. *Resultado de acabado ignífugo a base de arcilla.*

Acabados a base de arcilla al 40% y resina al 20%, a 1 mm de espesor presenta una resistencia al fuego del 95,92% y 92,17% para 10 y 15 segundos; mientras que luego de los lavados presento una resistencia del 92,17% y 92% respectivamente y con ello una resistencia al lavado del 99,83%. Según ensayos al fuego para 10 y 15 segundos antes y después de los

lavados, se ha determinado una cantidad de cero probetas dañadas con un total de 24/24 probetas que cumplen las condiciones requeridas de un tejido ignífugo; sin embargo, la mayor desventaja deriva en una estructura de tejido rígido y quebradizo además de otras características físicas de sequedad y opacidad.

Acabados al 0,5 mm de espesor presenta una resistencia al fuego del 91,58% y 89,5% para 10 y 15 segundos; mientras que luego de los lavados presento una resistencia del 91,42% y 89,17% respectivamente y con ello una resistencia al lavado del 99,75%. Según ensayos al fuego para 10 y 15 segundos antes y después de los lavados, se ha determinado una cantidad de 2 probetas dañadas con agujero de tamaño >5 mm siendo en este caso un total de 22/24 probetas que cumplirían las condiciones requeridas de un tejido ignífugo y de la misma manera una desventaja que deriva en una estructura de tejido rígido, muy quebradizo y otras características físicas de aspecto muy seco y opaco.

Acabados a base de arcilla al 30% y resina al 25%, a 1 mm de espesor presenta una resistencia al fuego del 91,92% y 89,25% para 10 y 15 segundos; mientras que luego de los lavados presento una resistencia del 91,83% y 89,17% respectivamente y con ello una resistencia al lavado del 99,92%. Según ensayos al fuego para 10 y 15 segundos antes y después de los lavados, se ha determinado una cantidad de 0 probetas dañadas con un total de 24/24 probetas que cumplen las condiciones requeridas de un tejido ignífugo; sin embargo, posee aun una estructura de tejido bajamente flexible a quebradiza con un aspecto medio húmedo y medio brillante.

Acabados al 0,5 mm de espesor presenta una resistencia al fuego del 86,33% y 78,42% para 10 y 15 segundos; mientras que luego de los lavados presento una resistencia del 86,25% y 78,25% respectivamente y con ello una resistencia al lavado del 99,88%. Según ensayos al fuego para 10 y 15 segundos antes y después de los lavados, se ha determinado e este caso una cantidad de 7 probetas dañadas; de las cuales 4 presentan tamaños de agujero >5 mm,

lográndose en este caso un total de 20/24 probetas que cumplirían las condiciones requeridas de un tejido ignífugo. Positivamente a existido un mejoramiento en cuanto a estructura de tejido, dado que se ha logrado notar una flexibilidad media y aspecto de tejido regular de humedad y brillo. ignífugo

Acabados a base de arcilla al 20% y resina al 30%, a 1 mm de espesor presenta una resistencia al fuego del 90,33% y 85,92% para 10 y 15 segundos; mientras que luego de los lavados presento una resistencia del 90,25% y 85,83% respectivamente y con ello una resistencia al lavado del 99,92%. Según ensayos al fuego para 10 y 15 segundos antes y después de los lavados, se ha determinado una cantidad de 0 probetas dañadas con un total de 24/24 probetas que cumplen las condiciones requeridas de un tejido ignífugo. Es notable en este caso un mejoramiento significativo de la estructura de tejido puesto que presenta una buena flexibilidad, humedad y brillo.

Acabados al 0,5 mm de espesor presenta una resistencia al fuego del 85,33% y 77,75% para 10 y 15 segundos; mientras que luego de los lavados presento una resistencia del 85,25% y 77,5% respectivamente y con ello una resistencia al lavado del 99,88%. Según ensayos al fuego para 10 y 15 segundos antes y después de los lavados, se ha determinado e este caso una cantidad de 10 probetas dañadas; de las cuales 4 presentan tamaños de agujero >5 mm, lográndose en este caso un total de 20/24 probetas que cumplirían las condiciones requeridas de un tejido ignífugo. Este tipo de acabado al igual presenta favorablemente una estructura de tejido de buena flexibilidad, aspecto medio húmedo y medio brillante.

Acabados a base de arcilla al 10% y resina al 35%, a 1 mm de espesor presenta una resistencia al fuego del 89,42% y 85,83% para 10 y 15 segundos; mientras que luego de los lavados presento una resistencia del 89,25% y 85,58% respectivamente y con ello una resistencia al lavado del 99,79%. Según ensayos al fuego para 10 y 15 segundos antes y después de los lavados, se ha determinado una cantidad de 0 probetas dañadas con un total de 24/24

probetas que cumplen las condiciones requeridas de un tejido ignífugo. Las concentraciones de los materiales de aplicación permitieron en este caso lograr una estructura de tejido muy flexible de gran resistencia a la manipulación física de tacto, así como características de muy buena suavidad, brillo y humedad; además de lograrse también resultados de una buena resistencia al fuego y al lavado.

Acabados al 0,5 mm de espesor presenta una resistencia al fuego del 85,25% y 78,08% para 10 y 15 segundos; mientras que luego de los lavados presento una resistencia del 85,08% y 77,5% respectivamente y con ello una resistencia al lavado del 99,62%. Según ensayos al fuego para 10 y 15 segundos antes y después de los lavados, se ha determinado una cantidad de 9 probetas dañadas; de las cuales 5 presentan tamaños de agujero >5 mm, siendo en este caso un total de 19/24 probetas que cumplirían las condiciones requeridas de un tejido ignífugo. Las concentraciones de los materiales de aplicación, así como el espesor sin duda fueron aspectos fundamentales para lograr estructuras de tejido ligero y de muy buena flexibilidad acompañas de características de suavidad, brillo y humedad notable; además de resultados resistencia al fuego y lavado que difieren en decimas frente a un acabado al 20% de arcilla.

Se ha presentado un resumen general de acabado ignífugo a base de arcilla cuyo contenido es resultado de un detenido análisis de un total de 192 probetas con acabado a base de arcilla; de las cuales entre muestras lavadas y sin lavado diferentemente, 96 fueron utilizadas en pruebas del fuego de 10 y el resto para pruebas de 15 segundos donde las temperaturas alcanzadas fueron de 555 °C Y 667 °C respectivamente.

Capítulo 7

7. Análisis de costos.

Es vital, llevar a cabo un análisis de costos, el cual nos permita visualizar, evaluar y controlar el proceso de fabricación; está claro que las cantidades de material, insumos, equipos, mano de obra, tiempo que se demora en elaborar el producto, así como las actividades necesarias entre otras; influye directamente en el precio final del producto, lo cual en esencia conlleva a una optimización de proceso. Por tal motivo y con el fin de analizar el costo del tejido ignífugo a base de arcilla, se deja constancia en la tabla 69 las actividades y el tiempo que se demoró en realizar el proceso de acabado.

Tabla 69. Parámetros de tiempos y movimientos obtenidas experimentalmente.

Parámetros de tiempos y movimientos del proceso			
N°	Procedimiento	Tiempo	
1	Preparar el material (medir, cortar y pesar la muestra).	4,57 min	
2	Cargar el material en la maquina manual de recubrimiento.	3,35 min	
3	Preparar el apresto (pesar y mezclar los productos de aplicación).	9,47 min	
4	Aplicación apresto (Regular altura de la rasqueta según el espesor deseado).	Depende del tipo de acabado	
5	Proceso de termofijado (colocar en el horno a 160 ° C).	12 min	1 mm espesor
		10 min	0,5 mm espesor
6	Acondicionar las muestras para los ensayos al fuego por 24 horas.	24 horas	
7	Pre calentamiento del mechero y ensayo al fuego.	2,10 min	Ensayo para 10 Sg.
		2,15 min	Ensayo para 15 Sg.

Parámetros de tiempos y movimientos del proceso de acabado a base de arcilla obtenida experimentalmente.

7.1. Materiales directos.

“Son los principales factores en la fabricación de un producto y representan el principal costo

en la elaboración de este.” (Bonilla, 2018, pág. 108). Todos ellos pueden fácilmente identificarse en el producto terminado.

7.2. Materia prima.

Anzola (2010) Señala que. “Son los elementos, partes o sustancias de que está compuesta el producto terminado” (Vásquez, 2015, pág. 55). Por tal razón los mismos han de someterse a procesos físicos o químicos de fabricación.

7.3. Costos directos.

Debbitor (2012) menciona que. “Se trata de un tipo de gasto que tiene una relación directa a la realización y producción de los productos o servicios que ofrece una empresa. Esto significa que los costos directos afectan de manera directa e inmediata a la definición del precio de un producto o servicio” (Bonilla, 2018, pág. 108).

7.4. Mano de obra.

Anzola (2010) Se refiere. “A las personas que forman parte del proceso productivo y, que, con su esfuerzo y trabajo, transforman la materia prima y logran el producto terminado” (Vásquez, 2015, pág. 55) . Esto corresponde salarios, utilidades, aportes parafiscales entre otros acuerdos laborales constituidas en el código vigente de trabajo.

7.5. Análisis de costo unitario del proceso.

7.5.1. Análisis de costo de 1440 cm² de tejido con acabado de arcilla y 1 mm de espesor.

En el siguiente apartado, se indica un análisis del costo unitario de 1440 cm² de tejido ignífugo a base de arcilla; mismo que depende del tipo de acabado y espesor de recubrimiento.

Tabla 70. Costo de 1440 cm 2 de tejido con acabado a base de arcilla al 40% y 1 mm de espesor.

Materiales directos					
Proceso	Acabado a base de arcilla al 40%		Espesor	1 mm	
N°	Materia Prima	Consumo (gr)	Kg	USD (Kg)	USD Total
1	Jersey Flame 100% CO	26,0438	0,02604	14,22000	0,37034
2	Arcilla	90,00	0,09000	0,44000	0,03960
3	Resina	45,00	0,04500	4,00000	0,18000
4	Ligante	45,00	0,04500	3,30000	0,14850
5	Agua	34,88			
6	Espesante	7,88	0,00788	7,20000	0,05670
7	Humectante	2,25	0,00225	1,00000	0,00225
					0,79739
Mano de obra directa					
Sueldo Básico	USD/día	USD/hora	USD/min	H. trabajo	USD Total
495,10	22,50473	2,81309	0,04688	0,65000	0,03048
Costos directos					
Agua	Consumo (gr o ml)		m 3	USD/m 3	USD Total
	34,88		0,00003488	0,20000000	0,00000698
Energía Eléctrica	Potencia instalada (KW /h)	Horas de trabajo	Total KW/h consumido	USD KW/h	USD Total
Horno Secado	2,2	0,20000	0,44000	0,10000	0,04400
Total					0,872

Tabla 71. Costo de 1440 cm 2 de tejido con acabado a base de arcilla al 30% y 1 mm de espesor.

Materiales directos					
Proceso	Acabado a base de arcilla al 30%		Espesor	1 mm	
N°	Materia Prima	Consumo (gr)	Kg	USD (Kg)	USD Total
1	Jersey Flame 100% CO	26,0438	0,02604	14,22000	0,37034
2	Arcilla	67,50	0,06750	0,44000	0,02970
3	Resina	56,25	0,05625	4,00000	0,22500
4	Ligante	45,00	0,04500	3,30000	0,14850
5	Agua	45,00			
6	Espesante	9,00	0,00900	7,20000	0,06480
7	Humectante	2,25	0,00225	1,00000	0,00225
					0,84059
Mano de obra directa					
Sueldo Básico	USD/día	USD/hora	USD/min	H. trabajo	USD Total
495,10	22,50473	2,81309	0,04688	0,64000	0,03001
Agua	Consumo (gr o ml)		m 3	USD/m 3	USD Total
	45,00		0,000045	0,200000	0,000009
Energía Eléctrica	Potencia instalada (KW /h)	Horas de trabajo	Total KW/h consumido	USD KW/h	USD Total
Horno Secado	2,2	0,20000	0,44000	0,10000	0,04400
Total					0,915

Tabla 72. Costo de 1440 cm² de tejido con acabado a base de arcilla al 20% y 1 mm de espesor.

Materiales directos					
Proceso	Acabado a base de arcilla al 20%		Espesor	1 mm	
N°	Materia Prima	Consumo (gr)	Kg	USD (Kg)	USD Total
1	Jersey Flame 100% CO	26,0438	0,02604	14,22000	0,37034
2	Arcilla	45,00	0,04500	0,44000	0,01980
3	Resina	67,50	0,06750	4,00000	0,27000
4	Ligante	45,00	0,04500	3,30000	0,14850
5	Agua	55,13	0,05513		
6	Espesante	10,13	0,01013	7,20000	0,07290
7	Humectante	2,25	0,00225	1,00000	0,00225
					0,88379
Mano de obra directa					
Sueldo Básico	USD/día	USD/hora	USD/min	H. trabajo	USD Total
495,10	22,50473	2,81309	0,04688	0,61000	0,02860
Costos directos					
Agua	Consumo (gr o ml)		m 3	USD/m 3	USD Total
	55,13		0,00005513	0,20000000	0,00001103
Energía Eléctrica	Potencia instalada (KW /h)	Horas de trabajo	Total KW/h consumido	USD KW/h	USD Total
Horno Secado	2,2	0,20000	0,44000	0,10000	0,04400
Total					0,956

Tabla 73. Costo de 1440 cm² de tejido con acabado a base de arcilla al 10% y 1 mm de espesor.

Materiales directos					
Proceso	Acabado a base de arcilla al 10%		Espesor	1 mm	
N°	Materia Prima	Consumo (gr)	Kg	USD (Kg)	USD Total
1	Jersey Flame 100% CO	26,0438	0,02604	14,22000	0,37034
2	Arcilla	22,50	0,02250	0,44000	0,00990
3	Resina	78,75	0,07875	4,00000	0,31500
4	Ligante	45,00	0,04500	3,30000	0,14850
5	Agua	64,13	0,06413		
6	Espesante	12,38	0,01238	7,20000	0,08910
7	Humectante	2,25	0,00225	1,00000	0,00225
					0,93509
Mano de obra directa					
Sueldo Básico	USD/día	USD/hora	USD/min	H. trabajo	USD Total
495,10	22,50473	2,81309	0,04688	0,60000	0,02813
Costos directos					
Agua	Consumo (gr o ml)		m 3	USD/m 3	USD Total
	64,13		0,00006413	0,20000000	0,00001283
Energía Eléctrica	Potencia instalada (KW /h)	Horas de trabajo	Total KW/h consumido	USD KW/h	USD Total
Horno Secado	2,2	0,20000	0,44000	0,10000	0,04400
Total					1,007

7.5.2. *Análisis de costo de tejido con acabado de arcilla y 0,5 mm de espesor.***Tabla 74.** Costo de 1440 cm² de tejido con acabado a base de arcilla al 40% y 0,5 mm de espesor.

Materiales directos					
Proceso	Acabado a base de arcilla al 40%		Espesor	0,5 mm	
N°	Materia Prima	Consumo (gr)	Kg	USD (Kg)	USD Total
1	Jersey Flame 100% CO	26,438	0,02644	14,22000	0,37595
2	Arcilla	70,00	0,07000	0,44000	0,03080
3	Resina	35,00	0,03500	4,00000	0,14000
4	Ligante	35,00	0,03500	3,30000	0,11550
5	Agua	27,13	0,02713		
6	Espesante	6,13	0,00613	7,20000	0,04410
7	Humectante	1,75	0,00175	1,00000	0,00175
					0,70810
Mano de obra directa					
Sueldo Básico	USD/día	USD/hora	USD/min	H. trabajo	USD Total
495,10	22,50473	2,81309	0,04688	0,65000	0,03048
Costos directos					
Agua	Consumo (gr o ml)		m³	USD/m³	USD Total
	27,13		0,00002713	0,20000000	0,00000543
Energía Eléctrica	Potencia instalada (KW /h)	Horas de trabajo	Total KW/h consumido	USD KW/h	USD Total
Horno Secado	2,2	0,16667	0,36667	0,10000	0,03667
Total					0,775

Tabla 75. Costo de 1440 cm² de tejido con acabado a base de arcilla al 30% y 0,5 mm de espesor.

Materiales directos					
Proceso	Acabado a base de arcilla al 30%		Espesor	0,5 mm	
N°	Materia Prima	Consumo (gr)	Kg	USD (Kg)	USD Total
1	Jersey Flame 100% CO	26,0438	0,02604	14,22000	0,37034
2	Arcilla	52,50	0,05250	0,44000	0,02310
3	Resina	43,75	0,04375	4,00000	0,17500
4	Ligante	35,00	0,03500	3,30000	0,11550
5	Agua	35,00	0,03500		
6	Espesante	7,00	0,00700	7,20000	0,05040
7	Humectante	1,75	0,00175	1,00000	0,00175
					0,73609
Mano de obra directa					
Sueldo Básico	USD/día	USD/hora	USD/min	H. trabajo	USD Total
495,10	22,50473	2,81309	0,04688	0,58000	0,02719
Costos directos					
Agua	Consumo (gr o ml)		m³	USD/m³	USD Total
	35,00		0,000035	0,200000	0,000007
Energía Eléctrica	Potencia instalada (KW /h)	Horas de trabajo	Total KW/h consumido	USD KW/h	USD Total
Horno Secado	2,2	0,16667	0,36667	0,10000	0,03667
Total					0,800

Tabla 76. Costo de 1440 cm 2 de tejido con acabado a base de arcilla al 20% y 0,5 mm de espesor.

Materiales directos					
Proceso	Acabado a base de arcilla al 20%		Espesor	0,5 mm	
N°	Materia Prima	Consumo (gr)	Kg	USD (Kg)	USD Total
1	Jersey Flame 100% CO	26,0438	0,02604	14,22000	0,37034
2	Arcilla	35,00	0,03500	0,44000	0,01540
3	Resina	52,50	0,05250	4,00000	0,21000
4	Ligante	35,00	0,03500	3,30000	0,11550
5	Agua	42,88	0,04288		
6	Espesante	7,88	0,00788	7,20000	0,05670
7	Humectante	1,75	0,00175	1,00000	0,00175
					0,76969
Mano de obra directa					
Sueldo Básico	USD/día	USD/hora	USD/min	H. trabajo	USD Total
495,10	22,50473	2,81309	0,04688	0,56000	0,02626
Costos directos					
Agua	Consumo (gr o ml)		m 3	USD/m 3	USD Total
	42,88		0,00004288	0,20000000	0,00000858
Energía Eléctrica	Potencia instalada (KW /h)	Horas de trabajo	Total KW/h consumido	USD KW/h	USD Total
Horno Secado	2,2	0,16667	0,36667	0,10000	0,03667
Total					0,833

Tabla 77. Costo de 1440 cm 2 de tejido con acabado a base de arcilla al 10% y 0,5 mm de espesor.

Materiales directos					
Proceso	Acabado a base de arcilla al 10%		Espesor	0,5 mm	
N°	Materia Prima	Consumo (gr)	Kg	USD (Kg)	USD Total
1	Jersey Flame 100% CO	26,438	0,02644	14,22000	0,37595
2	Arcilla	17,50	0,01750	0,44000	0,00770
3	Resina	61,25	0,06125	4,00000	0,24500
4	Ligante	35,00	0,03500	3,30000	0,11550
5	Agua	49,88	0,04988		
6	Espesante	9,63	0,00963	7,20000	0,06930
7	Humectante	1,75	0,00175	1,00000	0,00175
					0,81520
Mano de obra directa					
Sueldo Básico	USD/día	USD/hora	USD/min	H. trabajo	USD Total
495,10	22,50473	2,81309	0,04688	0,55000	0,02579
Costos directos					
Agua	Consumo (gr o ml)		m 3	USD/m 3	USD Total
	49,88		0,00004988	0,20000000	0,00000998
Energía Eléctrica	Potencia instalada (KW /h)	Horas de trabajo	Total KW/h consumido	USD KW/h	USD Total
Horno Secado	2,2	0,16667	0,36667	0,10000	0,03667
Total					0,878

7.6. Costo por metro cuadrado del tejido ignifugo con acabado a base de arcilla.

- Tejido con acabado de arcilla al 40%

Esesor de recubrimiento 1 mm	Esesor de recubrimiento 0,5 mm
$Costo \times m^2 = \frac{0,872}{0,144} = 6,05$	$Costo \times m^2 = \frac{0,775}{0,144} = 5,38$

- Tejido con acabado de arcilla al 30%

Esesor de recubrimiento 1 mm	Esesor de recubrimiento 0,5 mm
$Costo \times m^2 = \frac{0,915}{0,144} = 6,35$	$Costo \times m^2 = \frac{0,80}{0,144} = 5,55$

- Tejido con acabado de arcilla al 20%

Esesor de recubrimiento 1 mm	Esesor de recubrimiento 0,5 mm
$Costo \times m^2 = \frac{0,956}{0,144} = 6,64$	$Costo \times m^2 = \frac{0,833}{0,144} = 5,78$

- Tejido con acabado de arcilla al 10%

Esesor de recubrimiento 1 mm	Esesor de recubrimiento 0,5 mm
$Costo \times m^2 = \frac{1,007}{0,144} = 6,99$	$Costo \times m^2 = \frac{0,878}{0,144} = 6,09$

7.7. Costo por metro lineal

- Tejido con acabado de arcilla al 40%

Esesor de recubrimiento 1 mm	Esesor de recubrimiento 0,5 mm
Costo x g/m ² =6,05 Ancho de tejido=1,85 m	Costo x g/m ² =5,38 Ancho de tejido=1,85 m
$Costo \times m = 6,05 \frac{\$}{m^2} \times 1,85 = 11,19$	$Costo \times m = 5,38 \frac{\$}{m^2} \times 1,85 = 9,95$

El costo/m² de tejido con acabado de arcilla al 40% y 1 mm de espesor, está valorado en 6,05\$ y el costo/m lineal es de 11,19\$. Mientras que, a 0,5 mm de espesor, el costo/m² cuadrado es de 5,38\$ y el costo/m lineal está en 9,95.

- Tejido con acabado de arcilla al 30%

Espesor de recubrimiento 1 mm	Espesor de recubrimiento 0,5 mm
Costo x $\text{g/m}^2=6,35$ Ancho de tejido=1,85 m	Costo x $\text{g/m}^2=5,55$ Ancho de tejido=1,85 m
$\text{Costo } x m = 6,35 \frac{\$}{\text{m}^2} x 1,85 = 11,74$	$\text{Costo } x m = 5,55 \frac{\$}{\text{m}^2} x 1,85 = 10,26$

El costo/ m^2 de tejido con acabado de arcilla al 30% y 1 mm de espesor, está valorado en 6,35\$ y el costo/m lineal es de 11,74\$. Mientras que, a 0,5 mm de espesor, el costo/ m^2 es de 5,55\$ y el costo/m lineal está en 10,26.

- Tejido con acabado de arcilla al 20%

Espesor de recubrimiento 1 mm	Espesor de recubrimiento 0,5 mm
Costo x $\text{g/m}^2=6,64$ Ancho de tejido=1,85 m	Costo x $\text{g/m}^2=5,78$ Ancho de tejido=1,85 m
$\text{Costo } x m = 6,64 \frac{\$}{\text{m}^2} x 1,85 = 12,28$	$\text{Costo } x m = 5,78 \frac{\$}{\text{m}^2} x 1,85 = 10,69$

El costo/ m^2 de tejido con acabado de arcilla al 20% y 1 mm de espesor, está valorado en 6,64\$ y el costo/m lineal es de 12,28\$. Mientras que, a 0,5 mm de espesor, el costo/ m^2 es de 5,78\$ y el costo/m lineal está en 10,69.

- Tejido con acabado de arcilla al 10%

Espesor de recubrimiento 1 mm	Espesor de recubrimiento 0,5 mm
Costo x $\text{g/m}^2=6,99$ Ancho de tejido=1,85 m	Costo x $\text{g/m}^2=6,09$ Ancho de tejido=1,85 m
$\text{Costo } x m = 6,99 \frac{\$}{\text{m}^2} x 1,85 = 12,93$	$\text{Costo } x m = 6,09 \frac{\$}{\text{m}^2} x 1,85 = 11,26$

El costo/ m^2 de tejido con acabado de arcilla al 10% y 1 mm de espesor, está valorado en 6,99\$ y el costo/m lineal es de 12,93\$. Mientras que, a 0,5 mm de espesor, el costo/ m^2 es de 6,09\$ y el costo/m lineal está en 11,26.

Capítulo 8

8. Conclusiones y recomendaciones.

8.1. Conclusiones.

- Uno de los pasos fundamentales para llevar a cabo este trabajo de investigación es la búsqueda incansable de información y con ello, la necesidad del manejo de una gran cantidad de fuentes bibliográficas; entre ellas artículos, trabajos de grado, libros, revistas, como también sitios y plataformas online que permitieron el comprendimiento, aprendizaje y selección de datos específicos al tema del que se trata; por tanto, cada uno de los datos presentes en este documento, es fruto de la curiosidad y experimentación que nos determina como humanos, de esta manera aportando con un grano más de arena, a este mundo textil que evoluciona rápidamente.
- Los parámetros de evaluación y ensayo de resistencia al fuego de las normas (ISO 15025: 2000 (E), 2016) y (PU UNIT-IEC 61482-2, 2018), demuestran positivamente, el objetivo de desarrollar un acabado ignífugo a base de arcilla en un género de punto 100% algodón; por cuanto, las pruebas y resultados indican por parte de dicho artículo textil, una capacidad retardante al fuego para un tiempo estimado de 10 s y temperatura alcanzada es de 555 ° C, incluso se demuestra ir más allá de dichos parámetros establecidos, en el cual un gran número de pruebas resisten a un mayor tiempo de ensayo y temperatura, alcanzando los 15 s a 667 ° C, donde numéricamente hablando expresan una propiedad ignífuga y resistencia del 89,51% y 84,62% respectivamente.

- El procedimiento de esta investigación según se explica en el apartado (5.5), tiene como base, a partir de un trabajo investigativo realizada en la Universidad Nacional Autónoma de México, cuyo método de acabado textil por pasta en cuanto a concentraciones y materiales de aplicación; permite mediante una serie de ensayos de formulación de aprestos, ajustar y determinar bajo criterios de trabajabilidad y facilidad de aplicación, los porcentajes ideales para realizar el acabado a base de arcilla, mismas que se detallan a partir de la [tabla 16](#) al 21.
- Según los resultados, las concentraciones y parámetros óptimos de pasta ideal manejadas para la realización de acabado se indican en la [tabla 22](#), los mismos que fueron determinantes para permitir la consistencia requerida para la aplicación, distribución y trabajabilidad de apresto sobre el tejido junto a parámetros de temperatura y humedad relativa del 71% HR y 26 °C.
- Para determinar la capacidad o propiedad ignífuga en un tejido de algodón con acabado a base de arcilla, se controlan las variables, entre ellas: 4 concentraciones diferentes de apresto a base de arcilla utilizadas (40%, 30%, 20%, 10%), recubrimientos en 1 mm y 0,5 mm de espesor y finalmente ensayos al fuego para 10 y 15 segundos de duración. Los resultados demuestran al 10% de arcilla como la concentración ideal para uso y aplicación a la indumentaria textil u otro campo de utilidad, en cuanto a la capacidad de resistencia al fuego y características encontradas tales como suavidad de tacto, flexibilidad y un aspecto húmedo-brillante que los hace de mejor calidad.
- La evaluación de resistencia al fuego, se determinó cualitativamente a partir de algunos parámetros físicos según se detallan en las [tablas 51, 52](#) para muestras sin lavado y [tablas 64, 65](#) para muestras sometidas a pruebas de lavado, no obstante, datos

numéricos obtenidas físicamente a partir de la medición de la zona carbonizada o propagación del fuego sobre el tejido, emanaron la aplicación métodos estadísticos como la media y varianza que permitieron la obtención de valores porcentuales de resistencia al fuego y lavado; para dicho efecto, cada uno de los datos obtenidos a partir de las diferentes pruebas, tuvieron que ser sometidos a un test de normalidad, que favorablemente mediante cálculos de Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A y Jarque-Bera JB, demostraron porciones requeridas de p (normal) superior al 0,05; determinado así que los datos cumplen una distribución normal según la campana de Gauss y tienen una confiabilidad aceptable para seguir un proceso de análisis y cálculos estadísticos que dieron paso a una información concluyente al tema.

- Se ha llevado a cabo, un trabajo de investigación en el que además de pensar en un tejido con propiedades retardantes al fuego; el mismo permita un precio asequible para el usuario. Por su parte, el costo/m de un tejido ignífugo a base de arcilla al 40%, 30%, 20% y 10% en 1 mm de recubrimiento es de 11,19\$, 11,74\$, 12,28\$, 12,93\$ respectivamente; mientras que, a espesores de 0,5 y arcilla al 40%, 30%, 20%, 10%, es de 9,95\$, 10,26\$, 10,69\$ y 11,26\$. Los costos obtenidos son básicamente altos, pero sin duda se encuentra dentro de los precios reales del mercado que, dependiendo del material y capacidad de resistencia, están entre los 2 y 20 USD/m; lo cual, lo hace un producto asequible que ventajosamente por características naturales logradas a partir de la arcilla roja, podrán causar impresión en el usuario.

8.2. Recomendaciones.

- El proceso de acabado ignífugo a base de arcilla, cuenta de algunos pasos necesarios, sin embargo, el más crítico es el de polimerizado; por lo tanto, es recomendable que el tiempo de secado no vaya más allá de los 10 min en recubrimientos de 0,5 mm y 12 min a 1 mm de espesor; dado que se ha visto que a un mayor tiempo de secado el acabado se vuelve muy rígido, plástico y quebradizo.
- Se recomienda no trabajar con concentraciones elevadas de espesante, puesto que se ha visto que, altas cantidades de dicho material afectan a la estabilidad o resistencia del acabado durante el proceso de lavado.
- Características físicas logradas y capacidad ignífuga por parte de un tejido con acabado a base de arcilla al 10%, para rangos de tiempo y temperatura alcanzada de 15 segundos y 667 °C respectivamente, motivan a una investigación continua en la búsqueda de tejidos novedosos; por lo tanto se recomienda realizar este tipo de acabado, con relaciones de porcentajes de arcilla menor y materiales de aplicación necesarias, así como en espesores de menor grosor que al mismo tiempo permita reducir costos de producción y mejora en cuanto a calidad del tejido.
- A falta de un equipo de laboratorio para llevar a cabo este tipo de acabado, se ha tenido que llevar a cabo el desarrollo de un equipo manual semi-industrial, siendo esta, una de las principales razones para recomendar el desarrollo de un trabajo de investigación de diseño y construcción de una máquina semi-automática de laboratorio; que permita tanto eficacia como flexibilidad en aplicación de aprestos en forma de pasta, donde cuyo trabajo además sería una fuente de soporte para posteriores investigaciones que puedan realizarse mediante esta técnica.

9. Referencias bibliográficas.

- Bosch, X. (s.f). Acabados Textiles. En X. Bosch, *Procesos Textiles* (pág. 19). Gremi de Tintorers i Bugaders I Núm. 483. Obtenido de https://www.tintoreriaindustrial.com/download/documentaci%C3%B3n/acabados_textiles/ACABADOS%20TEXTILES%20I.pdf
- Pey, Monllor, Rodríguez, & Canal. (2004). Fundamentos para la innovación de materiales textiles ignífugos. *Revista química textil n° 169* .
- Universidad José Cecilio del Valle. (08 de 2009). *Materiales de Construcción*. Obtenido de <https://matdeconstruccion.wordpress.com/2009/08/29/tamano-de-las-particulas-de-suelo/>
- AATCC. (2015). Manual Técnico AATCC. *Manual Técnico AATCC*. Estados Unidos: Asociación Americana de Químicos Textiles y Coloristas.
- Anzola, S. (2010). *Administración de pequeñas empresas*. Oviedo: McGraw - Hill.
- Artero, C. (s.f). *Aprende emergencias*. Obtenido de <https://www.aprendemergencias.es/incendios/clases-de-fuego/>
- Azcúenaga, L. (2006). *Elaboración de un plan de emergencia en la empresa*. Madrid: Editorial Fundación Confemetal.
- Babbie, E. (1979). *The practice of social research*. Belmont. Editorial Wadsworth. 2da ed.
- Barreira, E. (1978). *Fundamentos de la edafología para la Agricultura*. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur S.A.
- Bas3. (23 de Noviembre de 2012). *Bas3:Tapicerías*. Obtenido de <http://www.tapiceriabas3.com/blog/tejidos-ignifugos-una-opcion-interesante-para>
- Behar, D. (2008). *Introducción a la metodología de la investigación*. Editorial Shalom .
- Beltrán, F. (Marzo de 2012). Estudio de la Influencia del Tamaño de Partícula de Hidróxidos Metálicos de Al y Mg (micro y nano) y el Efecto Sinérgico de sus Mezclas en las Propiedades Mecánicas y de Retardancia a la Flama de Compuestos a Base de Polietileno de Alta Densidad. Coahuila, Saltillo, Mexico.
- Bonilla, N. (Enero de 2018). Elaboración de un no tejido a partir de la fibra de piña mediante la técnica del punzonado para obtener un producto similar al cuero en cuanto a su textura y apariencia. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Brookfield . (s.f). *BROOKFIELD DV-I PRIME viscosímetro digital Manual No. M07-022-D0613*. Middleboro (USA): Brookfield Engineering Laboratories, Inc.
- Buezas, N. (2010). *Guía plásticos y fuego: Programa de fomento de la innovación en institutos tecnológicos 2010*. Valencia: Aimplas Instituto Tecnológico del Plástico.
- Chavarria, J. (2009). *La cerámica*. Parramónt ediciones s.a.
- Chugá, V. (2011). Acabado a base de microemulsión de silicona como retardante de fuego en las prendas de vestir. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Conti, M., & Giuffré, L. (2014). *Edafología, bases y aplicaciones ambientales argentinas*. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía.
- Curiosidades del mundo*. (2013). Obtenido de <http://las-curiosidades-del-mundo.blogspot.com/2013/08/que-es-el-fuego-y-como-se-produce.html>
- Dabedan. (5 de mayo de 2016). *Dabedan Tejidos ignífugos*. Obtenido de Tintura y acabados textiles: <https://www.dabedan.com/tintura-y-acabados-textiles.html>
- Debbitor. (2012). *Glosario de Contabilidad*. Obtenido de <https://debbitor.es/glosario/costes-directos>
- Delgado, C. (26 de 11 de 2018). Extracción de la arcilla. (W. Puma , Entrevistador)

- DIPRESID. (30 de septiembre de 2008). *Docplayer: Tejidos ignifugos y su aplicación en siderurgia*. Obtenido de <https://docplayer.es/32884811-Tejidos-ignifugos-de-proteccion-y-su-aplicacion-en-la-siderurgia.html#>
- Dixon, J., & Weed, S. (1977). *Minerals in soil environments*. 948. (Madison, Ed.) Wisconsin, U.S.A: Soil Science Society of America.
- Dr. Bohme Chemie and Service. (29 de Noviembre de 2018). *Apresto CW*. Quito: Aprestos y resinas Cia. Ltda.
- Eduguse Asociados S.A. (s.f). *Germex: Pinturas y recubrimientos*. Obtenido de <http://www.pinturasgermex.com/vinilicas.html>
- Esparza, F. (2014). *Yumpu:El fuego o combustion-Bomberos de navarra*. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/view/14610738/el-fuego-o-combustion-bomberos-de-navarra>
- Fernández, B. (2010). *Técnicas de producción en el paleolítico superior: El fuego y sus aplicaciones, la pirotecnología*. Ediciones Universidad de Salamanca.
- Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica. (2014). *Textile Tecnicos*. Madrid: Gráficas Arias Montano, S. A.
- Fundacion Descubre. (S.f). *Clickmica*. Obtenido de <https://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/100-preguntas-100-respuestas/se-necesita-se-produzca-fuego/>
- García , S. (s.f). *Ensayos de comportamiento al fuego: La madera y el feugo (II)*. Obtenido de http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2786_23014.pdf
- García, H. (s.f). *Antoine Laurent Lavoisier, El Investigador del Fuego*. Mexico: Editorial Pax México, L.C.C., S.A.
- Gómez, M., & Jiménez, M. (2012). *Manipulación de equipos de protección contra incendios que empleen gases fluorados como agente extintor: temario formativo VI según RD 795/2010, Cano Pina,.* Canopina S.L : Ediciones Seysa.
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Obtenido de <http://tgrajales.net/investipos.pdf>
- Guamán , K. (2017). *Barro de arcilla proveniente de la empresa pública Santa agua de Cachimbiro como fuente térmica en camisetas algodón/poliéster*. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Tecnica del Norte.
- Guillermo, J., & Giroz, G. (1975). *Notas sobre el comportamoieinto del fuego y su aplicación en el control de incendios forestales. Bosque Vol 1 No 1, 27.*
- Hamilton, D. (1985). *Alfareria y ceramica*. Barcelona: Ediciones CEAC, S.A.
- Hammer, Ø. (1999-2019). *Paleontological Statistics*. Olso, Noruega: Universidad de Olso.
- Hispavista. (07 de 01 de 2016). *Gestiondevestuariolaboral*. Obtenido de <http://gestiondevestuariolaboral.blogspot.es/1452160295/tejidos-ignifugos/>
- Horrocks, A., & Anand, S. (2000). *Handbook of technical textile*. Canbridge: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC.
- Huerta, G. (2013). *DESARROLLO DE UN COMPUESTO QUÍMICO RETARDANTE A LA FLAMA PARA TELAS*. Zaragoza, Mexico.
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2018). *Trabajos con tensión – Ropa de protección contra los riesgos térmicos de arcos eléctricos – Parte 2: Requisitos*. Montevideo: PU UNIT-IEC 61482-2:2018.
- Intituto Tecnológico Textil [Aitex]. (s.f). *Laboratorio de comportamiento frente al fuego: Introducción a los textiles tecnicos y su aplicación de nuevos materiales textiles*. Alcoy-Esapaña: Aitex.
- ISO 15025: 2000 (E). (2016). *Ropa de protección - Protección contra el calor y las llamas - Método de prueba para la propagación limitada de la llama*. Ginebra: © ISO 2000.
- J. M. TOBIO, Dr. (Agosto - septiembre de 1972). *Materiales de construcion frente al fuego. Informes de la Construcción Vol. 25, nº 243, 18.*

- James Heal. (s.f). Obtenido de <https://www.james-heal.co.uk/instrument/flexiburn/>
- James Heal. (s.f). *OMC*. Obtenido de <https://www.james-heal.co.uk/instrument/flexiburn/>
- Kenneth, D. (1959). *Forest fire control and use*. *Mc Graw Hill Book Co. Inc.*
- La National Fire Protection Association. (2018). *Su Conexión en seguridad para Latino America*. Obtenido de <http://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/376-documentacion-y-estadisticas-de-incendios>
- La Unión General de Trabajadores [UTG]. (2015). *Portal de riesgos laborales de los trabajadores de la enseñanza*. Obtenido de <http://riesgoslaborales.feteugt-sma.es/portal-preventivo/riesgos-laborales/riesgos-relacionados-con-la-seguridad-en-el-trabajo/riesgos-de-incendios/>
- Linares, J., Huertas, F., & Capel, J. (s.f). En *LA ARCILLA COMO MATERIAL CERAMICO. CARACTERISTICAS Y COMPORTAMIENTO* (pág. 490). Granada.
- Lockuán, F. (2012). *Ennoblecimiento textil*. España.
- Manatex. (s.f). *Diferentes tipos de tejidos ignífugos para la seguridad de espacios*. Obtenido de <http://www.manatex.es/tipos-de-tejidos-ignifugos-seguridad/>
- Momentive química S.A. (septiembre de 2011). *Grecotex*. Obtenido de <http://www.ruedasnegocios.com/286/Imagesclient/ficha17217.pdf>
- MPSECOES. (30 de julio de 2014). *MPSECOES*. Obtenido de Productos Vestuario profesional: Tejido técnico ignífugo: <http://www.equipodeproteccionindividual.com/tejido-ignifugo/>
- Patel, M., & Bharambhatt, D. (s.f). *Nowovewn Technology*. Vadorara.
- Pérez , F. (2008). Estudio para el tratamiento ignífugo permanente, sólido al lavado de tejidos e hilados de poliéster 100%, para su uso en cortinas en el sector textil-hogar (UNE EN 13.773/2003): alternativas actuales al uso de poliéster “fire retardant” de productora. 29. Valencia: DITEXPA.
- Pintumex S.A. (Marzo de 2015). *Recimex*. Obtenido de <http://espaciosdinamicos.com/wp-content/uploads/2017/12/ft-resimex.pdf>
- Porta, J., Lopéz, M., & Poch, R. (2008). *Introducción a la Edafología: Uso y protección del suelo*. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
- PU UNIT-IEC 61482-2. (2018). *Trabajos con tensión – Ropa de protección contra los riesgos térmicos de arcos eléctricos – Parte 2: Requisitos*. Montevideo: PU UNIT-IEC 61482-2:2018.
- Puente, M. (2017). *Acabados textiles*. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Química Dalton. (2016). *Química Dalton*. Obtenido de <http://quimicadalton.com.ar/home/42-Desengrasantes/25-detergente-no-ionico-.html>
- Química Suiza Industrial del Ecuador-Quifatex. (2018). *Applicryl VAT-40 Ligante*. Quito: Quifatex.
- Quiminet. (2018). *Quiminet.com*. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/clasificacion-de-las-arcillas-2561507.htm>
- Rhodes, D. (1990). *Arcilla y vidriado para el ceramista*. Barcelona: Ediciones CEAC, S.A.
- Ritter, H. (1956). *Introducción a la química*. Barcelona-España: Editorial Reveré S.A. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=6i0kO3VTynEC&pg=PA382&lpg=PA382&dq=temperatura+de+ignicion+del+algodon&source=bl&ots=ChBEHeHCqR&sig=8L49Fd99TnscPC5HiiYOdVniC38&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiUitH75NTEAhWPrFMKHeyOCJ8Q6AEwEHoECAkQAQ#v=onepage&q&f=false>
- Romero, A. (2012). *Obtención y caracterización de mezclas LDPE/CERA/LDH para su aplicación en materiales de cambio de fase con propiedades ignífugas*. Madrid, Madrid, España.

- Ros i , M. (2005). *Cerámica artística*. (T. Ubach, Ed.) Barcelona: Parramón ediciones s.a.
- Ruíz, N. (2015). Diseño, Construcción y puesta en funcionamiento de un equipo para el análisis de inflamabilidad en los generos textiles. Ibarra, Imababura, Ecuador: Universidad Tecnica del Norte.
- Sanaguano, R. (2014). *Crear empresa*. Obtenido de <https://comocrearmiempresa.net/de-que-se-compone-la-pasta-madre-en-serigrafia/?fbclid=IwAR2KagH6Axkx2CoyKHza6OP16fkxgCkvta5ySKOZ6YrAXnaU43KhipX8crA>
- Scribd. (22 de Junio de 2010). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/64878183/Acabados-Textiles>
- Serrano, A. (2014). *Investigación de incendios con perros detectores de acelerantes del fuego*. Madrid: Dykinson S.L 2da edicion.
- Simon S.A. (2017). *Detailers*. Obtenido de <http://www.detailerssimon.com/materiales-ignifugos-para-espacios-contract/>
- Sittisar, P., & Farid, M. (2011). *Applied Enegy*.
- Texfire. (2018). *Texfire*. Obtenido de <https://texfire.net/blog/que-es-el-tejido-ignifugo-permanente>
- Trujillo, R. (2012). *El fuego y sus implicaciones en la industria*. Bogota: Ecoe Ediciones.
- Universidad Autonoma de Madrid. (20 de julio de 2014). *Scribd: Manual de prevencion contra incendios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/234599437/Los-Factores-Del-Fuego>
- Vásquez, E. (Febrero de 2015). Estudio de factibilidad para la creación de una Empresa productora y comercializadora de ponchos de lana en la comunidad de Peguche, cantón Otavalo, provincia de Imbabura. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Tecnica del Norte.
- Vega, Z. (Enero de 2018). Título de Ingeniería Textil. *Estudio Técnico del nivel de degradación del color a la luz*. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Tecnica del Norte.
- Woody, E. (1986). *Ceramica a mano*. Barcelona: Ediciones CEAC, S.A.

ANEXOS

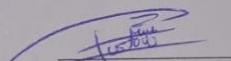
Anexo A. Autorización de uso de equipo de laboratorio para la investigación.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERIA TEXTIL**

Fecha : Ibarra, 10 de diciembre del 2018.
Dirigido a : Ing. Octavio Cevallos - COORDINADOR CITEX
Solicitante : Puma Ipiales Wilson Gustavo
Facultad : FICA
Carrera : CITEX
Asunto : Solicito muy comedidamente, se me autorice el uso de las instalaciones del laboratorio de prototipos textiles ubicada en la planta textil, en horarios de días lunes a martes de 7 am a 16 horas; así como el uso del horno de secado ubicado en el laboratorio número 1. Por otra parte, también solicitarle la utilización de la máquina de ensayos al fuego ubicada en laboratorio número 1 en horarios de días miércoles a jueves de 7 a 16 horas; en la cual se encuentra a cargo el Ingeniero Fausto Gualoto, los mismos serán con fines académicos que han de permitirme realizar con el avance de mi proyecto de Trabajo de grado II.

Si más que decirles le expreso mis más sinceros agradecimientos por tal atención prestada.


Firma Estudiante
C.I. 100382484-2

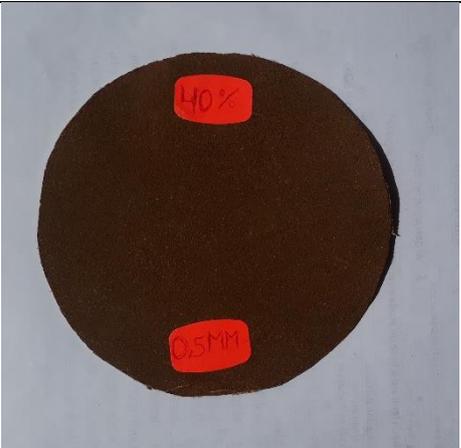


CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN: FECHA:

HORA:

FIRMA:

Anexo B. Gramaje y rendimiento obtenido en un tejido con acabado a base de arcilla al 40%.

Espesor de acabado 1 mm		Espesor de acabado 0,5 mm	
			
Area:100 cm ²	Peso:22,4544 gr	Area:100 cm ²	Peso:15,35 gr
$gr/m^2 = 2245,44$		$gr/m^2 = 1535$	
$gr/m^2 = 4154,064$		$gr/m^2 = 2839,75$	
$kg/m = 0,24$		$kg/m = 0,35$	

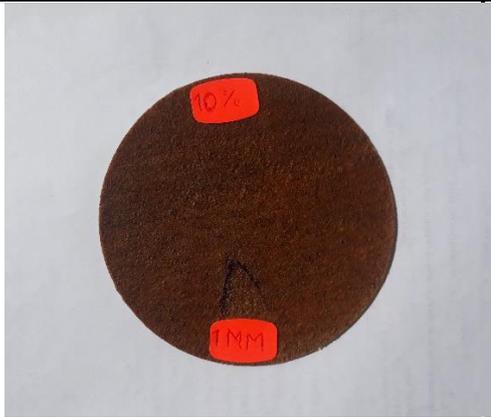
Anexo C. Gramaje y rendimiento obtenido en un tejido con acabado a base de arcilla al 30%.

Espesor de acabado 1 mm		Espesor de acabado 0,5 mm	
			
Area:100 cm ²	Peso:10,7294 gr	Area:100 cm ²	Peso:8,8272 gr
$gr/m^2 = 1072,94$		$gr/m^2 = 882,72$	
$gr/m^2 = 1984,939$		$gr/m^2 = 1633,032$	
$kg/m = 0,50$		$kg/m = 0,61$	

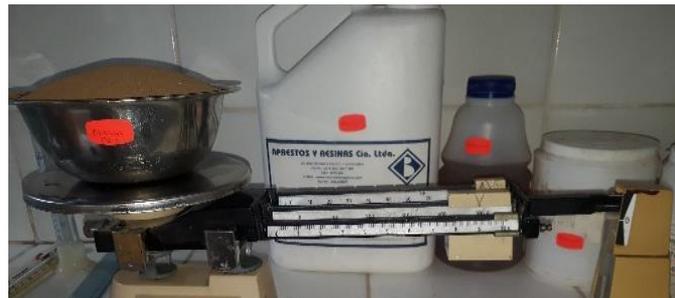
Anexo D. Gramaje y rendimiento obtenido en un tejido con acabado a base de arcilla al 20%.

Espesor de acabado 1 mm		Espesor de acabado 0,5 mm	
			
Area:100 cm ²	Peso:9,7986 gr	Area:100 cm ²	Peso:7,2412 gr
$gr/m^2 = 979,86$		$gr/m^2 = 724,12$	
$gr/m^2 = 1812,74$		$gr/m^2 =$	
$kg/m = 0,55$		$kg/m = 1,38$	

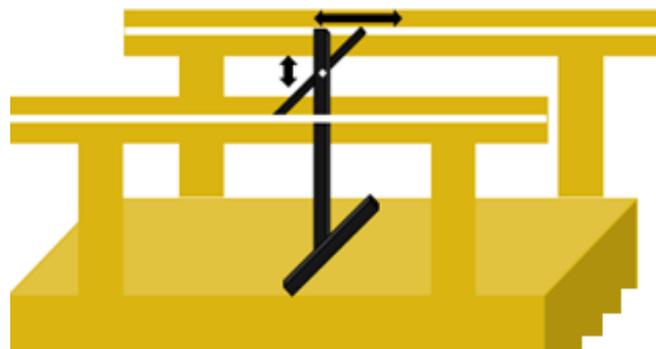
Anexo E. Gramaje y rendimiento obtenido en un tejido con acabado a base de arcilla al 10%.

Espesor de acabado 1 mm		Espesor de acabado 0,5 mm	
			
Area:100 cm ²	Peso:12,044 gr	Area:100 cm ²	Peso:7,8817 gr
$gr/m^2 = 1204,4$		$gr/m^2 = 788,17$	
$gr/m^2 = 2228,14$		$gr/m^2 = 2839,75$	
$kg/m = 0,44$		$kg/m = 1,27$	

Anexo F. Recolección y obtención de la arcilla roja para el acabado.**Anexo G.** Materiales de laboratorio para el proceso de realización del acabado.**Anexo H.** Equipos de laboratorio utilizados.



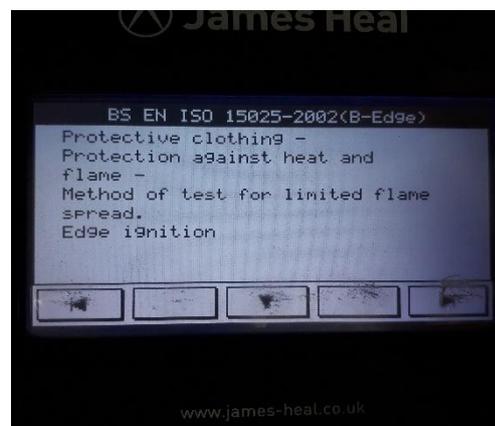
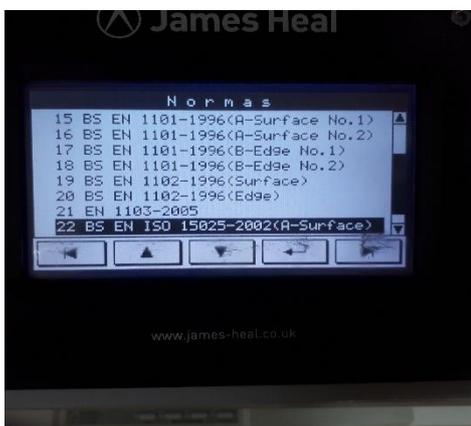
Anexo I. Diseño y construcción de equipo semi-industrial para acabado.



Anexo J. Productos utilizados en el acabado.**Anexo K. Proceso de acabado textil a base de arcilla por recubrimiento.**

Anexo L. Medición de parámetros utilizado en el acabado textil a base de arcilla.**Condiciones del ambiente: Termometro digital****Ph: Papel Ph****Viscosidad: Viscosímetro**

Anexo M. Configuración de los parámetros para los ensayos al fuego.



Anexo N. Proceso de pruebas de resistencia al fuego.

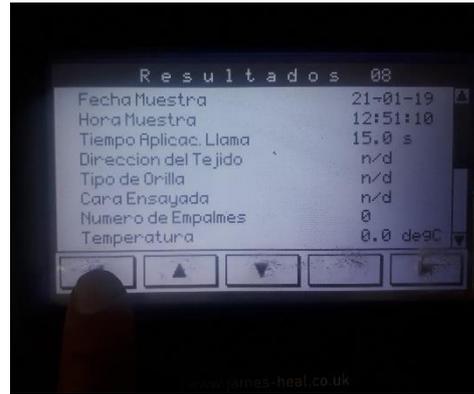


Anexo O. Pruebas de resistencia al fuego al 40% de arcilla.



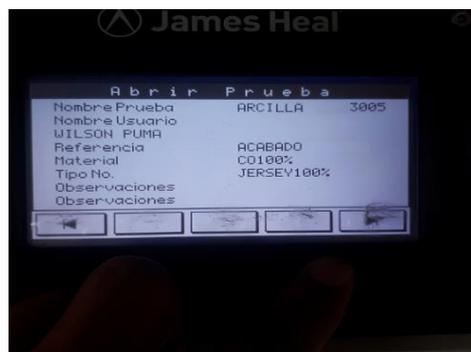
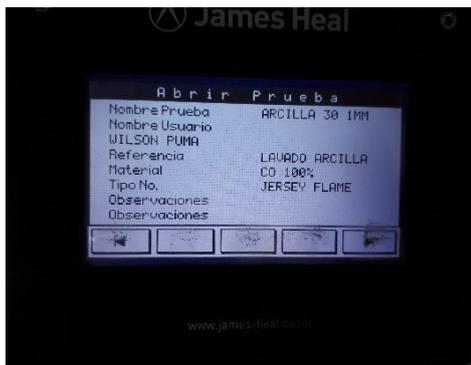
Fuente: Equipo Flexiburn Lab. Textil Universidad Técnica del Norte

Anexo

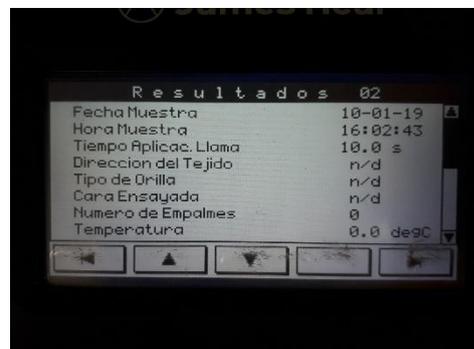
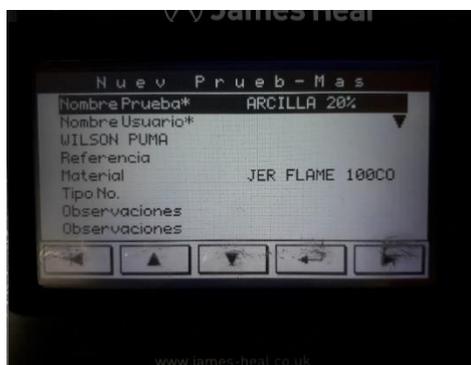


P.

Pruebas de resistencia al fuego al 30% de arcilla.



Anexo Q. Pruebas de resistencia al fuego al 20% de arcilla.

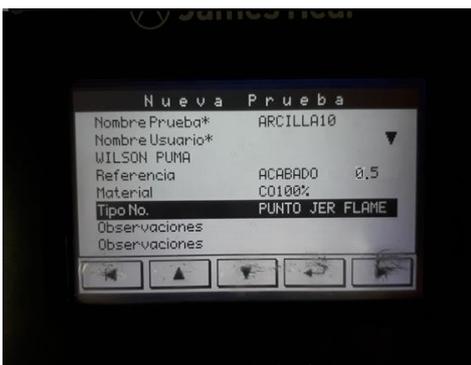
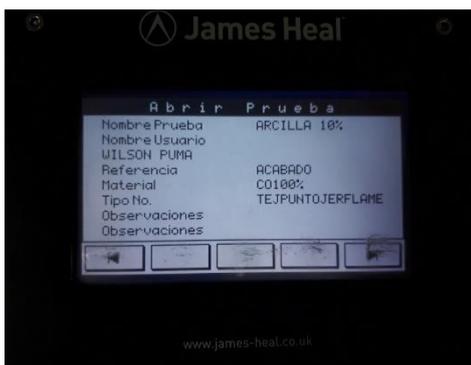


Fuente: Equipo Flexiburn Lab. Textil Universidad Técnica del Norte.

Anexo

R.

Pruebas de resistencia al fuego al 10% de arcilla.



Anexo S. Proceso de pruebas de lavado.



Fuente: Equipo Flexiburn Lab. Textil Universidad Técnica del Norte.

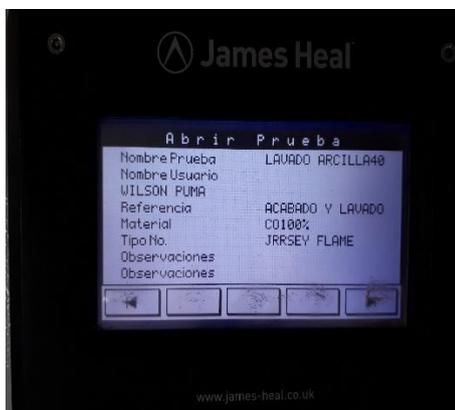


Anexo



T.

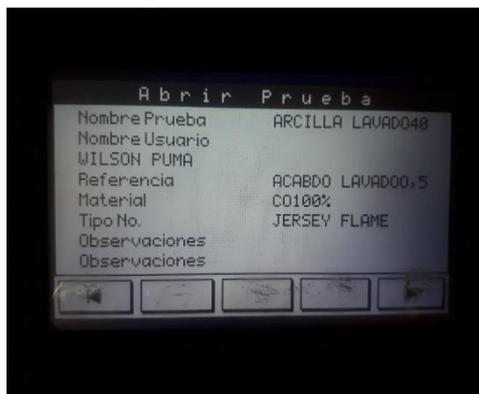
Pruebas de resistencia al fuego en muestras lavadas y porcentaje de arcilla al 40%.



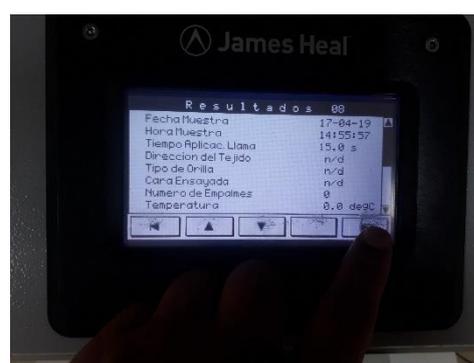
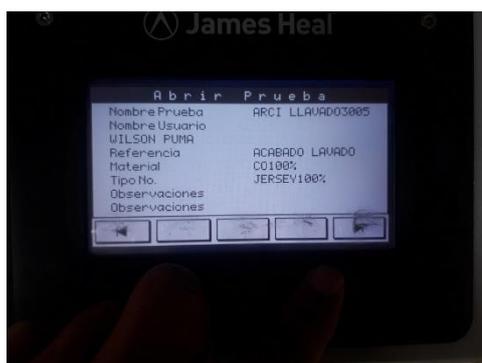
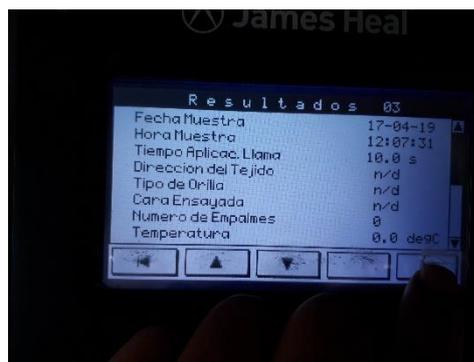
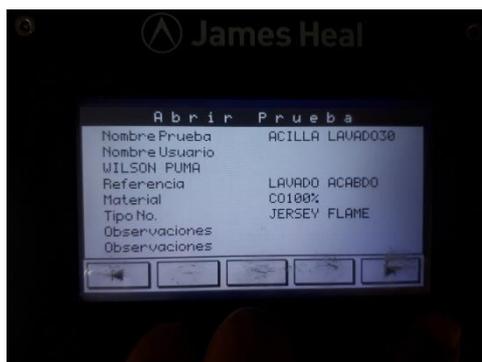
Anexo

U.

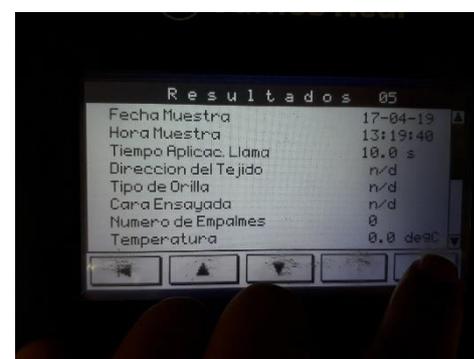
Fuente: Equipo Flexiburn Lab. Textil Universidad Técnica del Norte.



Pruebas de resistencia al fuego en muestras lavadas y porcentaje de arcilla al 30%.



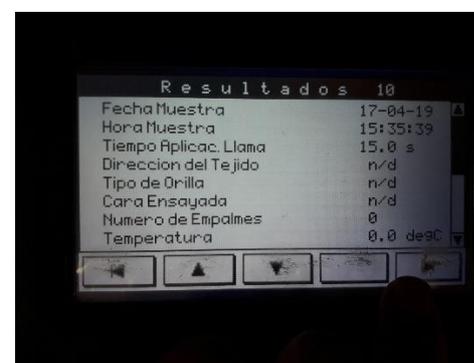
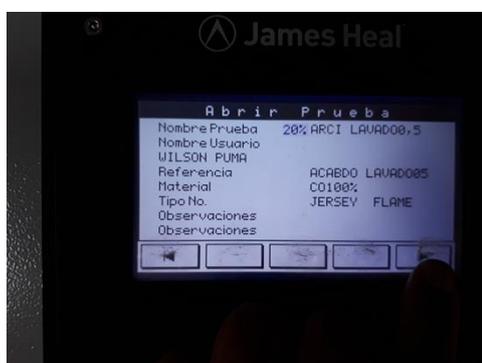
Anexo V. Pruebas de resistencia al fuego en muestras lavadas y porcentaje de arcilla al 20%.



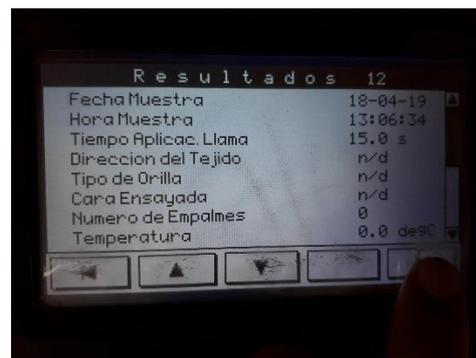
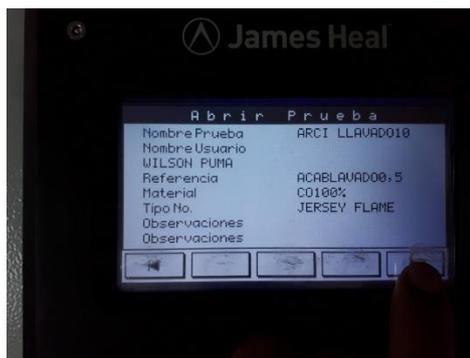
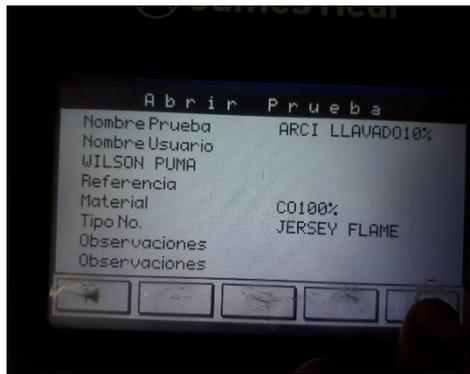
Fuente: Equipo Flexiburn Lab. Textil Universidad Técnica del Norte.

Anexo

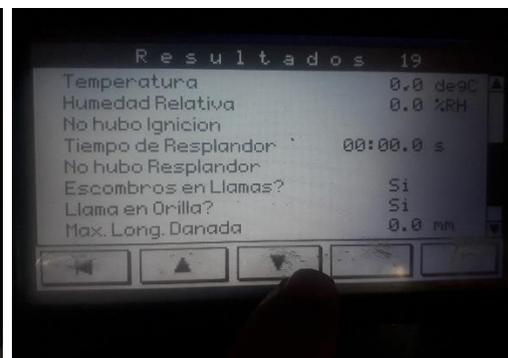
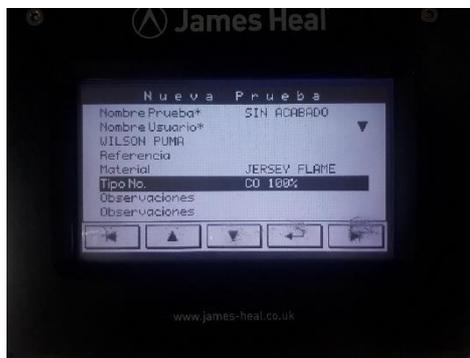
W.



Pruebas de resistencia al fuego en muestras lavadas y porcentaje de arcilla al 10%.



Anexo X. Pruebas de resistencia al fuego en muestras sin ningún acabado textil.



Fuente: Equipo Flexiburn Lab. Textil Universidad Técnica del Norte.

Anexo Y. Ficha técnica Resina emulsión Vinil Acrílica Apresto CW.

APRESTOS Y RESINAS Cía. Ltda.

Av. Maldonado S20-277 y Ayapamba • Telfs.: 2676 555 / 2671 659
 Fax: 2678 264 • P.O. Box: 17 - 02 - 5269
 E-mail: aprestosyresinas@gmail.com
 Quito - Ecuador



Dr. Böhme
 Chemie & service

Información Técnica

APRESTO CW

Aplicación:	Resina sintética para dar cuerpo a las telas.
Composición:	Resina sintética.
Ionogenicidad:	no iónico
Apariencia:	Solución de alta viscosidad.
Solubilidad:	Fácilmente soluble en agua fría o caliente
Estabilidad:	Resistente al agua dura Resistente a los álcalis y a los ácido orgánicos débiles
Bodegaje:	Se puede almacenar indefinidamente
Propiedades:	APRESTO CW es una resina sintética, con la cual se obtiene cuerpo en toda clase de artículos textiles y dependiendo de la cantidad que se aplique se obtiene cuerpo o un apresto fuerte.
Aplicación:	Su aplicación en toda clase de telas es casi ilimitado y se extiende para tejidos de rayón, forros, telas para overoles, vestidos, cortinajes casimires etc. Con especiales ventajas se emplea para dar cuerpo a artículos mercerizados, tenidos o estampados, debido a que no afecta el brillo ni los colores. Los géneros aprestados con APRESTO CW se mantienen bien nitidos, al contrario de otros resinas que en muchos casos producen un efecto encubridor. Debido a su carácter completamente neutro del APRESTO CW se puede emplear el producto en combinación con aprestos inarrugables o impermeabilizantes, sin afectar la estabilidad es estos y

APRESTOS Y RESINAS Cía. Ltda.

Av. Maldonado S20-277 y Ayupamba • Telfs.: 2676 555 / 2671 659

Fax: 2678 264 • P.O. Box: 17 - 02 - 5269

E-mail: aprestosyresinas@gmail.com

Quito - Ecuador



Dr. Böhme
Chemie & service

sin tener que tomar precauciones especiales. También puede emplearse con otros productos para el apresto como por ej. almidones etc.

- Preparación de baños:** Se diluye con agua caliente o fría. Al producto se agrega primeramente un poco de agua revolviendo, para agregar luego la cantidad de agua necesaria para llegar al volumen previsto.
- Cantidades a emplear:** Depende del efecto deseado y del carácter del artículo.
- 20 g/l para la mayoría de los artículos.
- 20 g/l en combinación con aprestos inarrugables o impermeabilizantes
- 100 g/l para obtener un apresto fuerte.
- Aplicación:** Su aplicación es muy sencilla y se reduce a la aplicación en foulard a la temperatura normal.
- Secado:** La mercadería tratada con APRESTO CW se seca a la temperatura normalmente acostumbrada o sea 90 - 100°C.

* Las recomendaciones mencionadas anteriormente han sido probadas en la práctica pero no se pueden garantizar los resultados ya que las condiciones del uso de dichas recetas están más allá de nuestro control.
Si desea información o asistencia técnica favor llamar a estos números: 676-555 / 671-659.

Rev.09.96 KFW

Anexo Z. Ficha técnica Ligante Applicryl VAT-40.



APPLICRYL VAT-40

Dispersión acuosa de un copolímero a base de esteres acrílicos/vinílicos. Contenido <10 ppm de formaldehído. APEO free. Se utiliza en la industria de la estampación textil con pigmentos.

CARACTERISTICAS TECNICAS.-

ASPECTO	Líquido blanco
SOLIDOS	40 ± 1
IONICIDAD	Aniónico.
pH	5 – 7,5
TMFF	0° C.
Tg	+ 5° C.
PESO ESPECIFICO 20 °C	1,06.
VISCOSIDAD BROOKFIELD 23°C	100 cps (Brookfield, S 1 /50 rpm)

APLICACIONES.-

El **APPLICRYL VAT-40** es una emulsión con muy buena solidez al lavado y buena resistencia a la fricción tanto en seco como en húmedo.

El **APPLICRYL VAT-40** está especialmente indicado para la estampación sobre tejidos de algodón, mezclas con poliéster, y viscosa. Tiene un tacto muy suave.

El **APPLICRYL VAT-40** presenta buenas propiedades de formulación y aceptación de pigmentos favoreciendo un excelente desarrollo del color.

SUMINISTRO.-

El **APPLICRYL VAT-40** se suministra en contenedores de 1.000 Kg. y en sistemas

ALMACENAMIENTO.-

El **APPLICRYL VAT-40** debe almacenarse a temperaturas comprendidas entre 5 y 40°C; en los recipientes originales preservándolos del frío intenso y alejados de fuentes de calor. Los envases deben mantenerse herméticamente cerrados para evitar la formación de una película superficial, debido a la evaporación de agua. Si se mantienen estas condiciones, el producto conserva sus propiedades por un periodo aproximado de seis meses.



APPLICRYL VAT-40

SEGURIDAD E HIGIENE.-

El **APPLICRYL VAT-40** no es tóxico, peligroso ni inflamable, en condiciones normales de manipulación. Este producto no contiene ninguna sustancia dañina que conlleve, bajo la actual regulación, a tomar ningún tipo de medida adicional en cuanto a su etiquetado.

Se recomienda su uso sin medidas especiales de seguridad, sólo las normas legales de salud e higiene laboral y las medidas adicionales derivadas del uso racional de la manipulación de sustancias químicas.

Existen hojas de seguridad del producto a disposición del cliente.

La información contenida en esta hoja se basa en el estado actual de nuestros conocimientos y no implica responsabilidad por nuestra parte.

Anexo AA. Ficha técnica Espesante Applicable PC.



APPLICLEAR PC

Espesante sintético para la estampación textil con colorantes pigmentarios.

CARACTERISTICAS

ASPECTO	Líquido viscoso de color blanco
IONICIDAD	Aniónico
pH	8,0-9,0 (Al 1%)
DENSIDAD	1,1 Aprox
VISCOSIDAD	< 3500 cps

El **APPLICLEAR PC** es un espesante sintético de alta concentración desarrollado para los procesos de estampación textil.

No requiere adición de álcalis.

Se trata de una fina dispersión de un copolímero acrílico en aceites minerales puros que se dispersa fácil y rápidamente en agua para obtener pastas de estampación a la viscosidad deseada.

Se recomienda su uso en la preparación de pastas de estampación con colorantes pigmentarios para su aplicación sobre tejidos de algodón, así como sobre tejidos sintéticos.

PROPIEDADES.

La aplicación del **APPLICLEAR PC** asegura estampaciones más intensas y perfiladas.

Solideces en seco y húmedo.

Mejor rendimiento y colores brillantes.

Fácil manipulación.

Puede añadirse directamente a las pastas para aumentar su viscosidad

APLICACION.

Colorante pigmentario	x gr/kg
Agua permutada	y gr/kg
LIGANTE APPLICRYL	120 gr/kg
APPLILINK MF	10 gr/kg
APPLICLEAR PC	13-15 gr/kg

El pH final ha de estar sobre 8,5-9, si es necesario añadir 2-3 gr/kg de amoníaco.

ALMACENAMIENTO.

El **APPLICLEAR PC** debería ser almacenado a temperaturas comprendidas entre 5°C y 40 °C.

Si el producto se congela, introducir el contenedor en agua templada y agitar.

Anexo BB. Ficha técnica Perenin gns.

APRESTOS Y RESINAS Cía. Ltda.

Av. Maldonado S20-277 y Ayapamba • Telfs.: 2676 555 / 2671 659

Fax: 2678 264 • P.O. Box: 17 - 02 - 5269

E-mail: aprestosyresinas@gmail.com

Quito - Ecuador



Dr. Böhme
Chemie & service

INFORMACIÓN TÉCNICA

PERENIN GNS

Campos de aplicación:	Humectante universal, especialmente indicado para el carbonizado de lana y para el desengomado enzimático
Composición:	Éter alquilpoliglicólico
Aspecto:	Líquido incoloro, claro
Carácter ionógeno:	No iónico
Densidad (a 20° C):	Aprox 1,0 g/cm ³
Viscosidad (a 20° C):	Aprox. 70 mPa.s
Solubilidad:	Soluble en agua fría
Estabilidad:	Estable frente al agua dura y frente a los ácidos y álcalis en las concentraciones habituales.
Estabilidad al almacenamiento:	Un año desde el momento de la entrega en los envases originales y bajo las condiciones indicadas.
Condiciones de almacenamiento:	Temperatura de almacenamiento recomendada entre +3° C y +35° C
Embalaje:	Barril, contenedor

APRESTOS Y RESINAS Cía. Ltda.

Av. Maldonado S20-277 y Ayapamba • Telfs.: 2676 555 / 2671 659
 Fax: 2678 264 • P.O. Box: 17 - 02 - 5269
 E-mail: aprestosresinas@gmail.com
 Quito - Ecuador



Dr. Böhme
 Chemie & service

Propiedades:

El PERENIN GNS tiene las siguientes características:

- Buena humectabilidad
- No influye sobre la actividad de las alfa amilasas

Utilización:

El PERENIN GNS puede utilizarse:

- para la prehumectación de material crudo
- para procesos de desengomado enzimático
- en procesos de blanqueo
- en tinturas
- para el carbonizado de lana

Aplicación:

Las cantidades a utilizar son:

Relación de baño larga: 0,5 - 3,0 g/l PERENIN GNS
 Relación de baño corta: 2,0 - 4,0 g/l PERENIN GNS

Ejemplos de aplicación:

Blanqueo discontinuo con peróxido

2,0 - 5,0 ml/l	Peróxido de hidrógeno al 35 %
0,5 - 1,0 g/l	STABILISATOR 9188
1,0 - 2,0 g/l	PERENIN GNS
1,0 - 2,0 g/l	Soda cáustica sólida

Relación de baño:	1:10 - 1:20
Temperatura de blanqueo:	90 - 95° C.
Tiempo:	30 - 45 minutos

Blanqueo por Pad-Batch

30,0 - 50,0 ml/l	Peróxido de hidrógeno al 35 %
5,0 - 8,0 g/l	STABILISATOR 9188
3,0 g/l	PERENIN GNS
3,0 - 5,0 g/l	EFFEKTOL DIP
10,0 - 20,0 g/l	Soda cáustica sólida

Absorción del baño:	100 %
Temperatura de impregnación:	20 - 40° C.
Tiempo de reposo:	16 - 24 hs.

APRESTOS Y RESINAS Cía. Ltda.

Av. Maldonado S20-277 y Ayapamba • Telfs.: 2676 555 / 2671 659

Fax: 2678 264 • P.O. Box: 17 - 02 - 5269

E-mail: aprestosyresinas@gmail.com

Quito - Ecuador



Dr. Böhme
Chemie & service

Blanqueo con clorito

2,0 - 5,0 g/l
1,0 - 2,0 g/l
1,0 - 3,0 g/l
1,0 - 2,0 ml/l

Clorito de sodio al 80 %
ATB-Chloritstabilisator K
PERENIN GNS
Ácido fórmico o sulfúrico concentrado

Valor de pH: 3,5 - 3,8
Relación de baño: 1:20 - 1:30
Temperatura: 90° C.
Tiempo: 45 minutos

Carbonizado de lana

3,0 - 5,0 g/l
en 5 - 7° Bé

PERENIN GNS
Ácido sulfúrico

En la hoja de seguridad puede Ud. encontrar indicaciones complementarias relativas a las propiedades del producto en cuanto a la seguridad en el trabajo y la protección ambiental.

Como nuestras informaciones estriban en experiencias prácticas y puesto que hay grandes diferencias en las respectivas condiciones de producción, las indicaciones de este folleto son solamente de carácter orientativo y sin compromiso de nuestra parte. Deben respetarse los derechos vigentes de marca registrada.

Rev. 01.2017

Anexo CC. Costos de los materiales de aplicación utilizados.

CLIENTE: WILSON PUMA
 DIRECCIÓN: IBARRA
 RUC/CED: 1003824842
 ATENCIÓN:

FACTURA N°001-023-000057213
 Fecha: 28/11/2018
 Pág. 1 de 1

QSI
 QSI ECUADOR S.A.
 AV. GALO PLAZA LASSO 10640 Y MANUEL ZAMBRANO QUITO - ECUADOR
 Teléfono: 398 1908

Establecimiento:
 AV. GALO PLAZA LASSO 10 640 Y MANUEL ZAMBRANO - QUITO

AUTORIZACIÓN S.R.L. N°
 2811201801179237325500120010230000572120005721218

RUC: 1792373255001
 CONTRIBUYENTE ESPECIAL
 Resolución No. 162 961 Q2-04-2013
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

CLAVE DE ACCESO
 2811201801179237325500120010230000572120005721218

CODIGO	LOTE	F. VCTO.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNI	PVP	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL	% DCTO	DCTO/DONF	VALOR NETO	IVA
246024	1804209		APPLICLEAR PC	1.000	KG		7.200000	7.20	0%	0.00	7.20	12%
246025	1804236		APPLICRYL VAT-40	1.000	KG		3.300000	3.30	0%	0.00	3.30	12%

DECLARO HABER RECIBIDO A MI ENTERA SATISFACCIÓN LA(S) MERCADERÍA(S) QUE SE ME ENTREGA A MI NOMBRE YO EL DE MI REPRESENTADA RECONOZCO LA EXISTENCIA DEL VALOR DE ESTA FACTURA EN FAVOR DE LA EMISORA DE LA MISMA ASÍ COMO ME OBLIGO A CANCELARLO EN LA FORMA ESTABLECIDA EN ESTE DOCUMENTO. EN CASO DE MORA EN EL PAGO, ME SOMETO AL TRÁMITE VERBAL SUMARIO ANTE LOS JUECES COMPETENTES DE LAS CIUDADES DE QUITO, GUAYAQUIL, O CUECA, A LA ELECCIÓN DEL DEMANDANTE, PARA LO CUAL RENUNCIO A MI DOMICILIO, ME COMPROMETO A REALIZAR LOS RECLAMOS ACERCA DE LA MERCADERÍA DETALLADA EN ESTA FACTURA, ÚNICAMENTE HASTA 72 HORAS DESPUÉS DE HABER RECIBIDO LA MISMA.

Forma Pago: SIN UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO
 Valor: 11,76
 Plazo: 0
 Tiempo: (Días)

Subtotal: 10,50
 Descuento: 0,00
 Total Sin Impuestos: 10,50
 Subtotal tarifa 0%: 0
 Subtotal tarifa 12%: 10,50
 IVA 12%: 1,26
 Total: 11,76

PARA DESCARGAR SU COMPROBANTE DE FACTURA, DEBE INGRESAR AL SITIO <http://facturas2.qsiindustrial.biz>

CLIENTE: WILSON PUMA
 DIRECCIÓN: IBARRA
 RUC/CED: 1003824842
 ATENCIÓN:

FACTURA N°001-023-000057213
 Fecha: 28/11/2018
 Pág. 1 de 1

QSI
 QSI ECUADOR S.A.
 AV. GALO PLAZA LASSO 10640 Y MANUEL ZAMBRANO QUITO - ECUADOR
 Teléfono: 398 1908

Establecimiento:
 AV. GALO PLAZA LASSO 10 640 Y MANUEL ZAMBRANO - QUITO

AUTORIZACIÓN S.R.L. N°
 2811201801179237325500120010230000572120005721218

RUC: 1792373255001
 CONTRIBUYENTE ESPECIAL
 Resolución No. 162 961 Q2-04-2013
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

CLAVE DE ACCESO
 2811201801179237325500120010230000572120005721218

OFICINA QUITO:
 Av. Galo Plaza Lasso N. 10640 y Manuel Zambrano
 PBX: (593) - 2 398 1200

OFICINA GUAYAQUIL:
 Edificio QSI Km 14 1/2 vía a Daule
 PBX: (593) - 4 748 5078

OFICINA CUECA:
 Av. George Diego 1178 y Av. Unidad Nacional
 Tel: (593) 4 499 190

QUÍMICA SUIZA INDUSTRIAL DEL ECUADOR QSI S.A.

RECIBO DE COBRO No. 0153279

DIGITO DE VENDEDOR	FECHA DE COBRO	CÓDIGO DEL CLIENTE	NOMBRE CLIENTE
20360	DIA: 28 MES: 11 AÑO: 2018	14006	Wilson Puma

NUMERO DE FACTURA	PAGO	No. COMP RET FTE	VALOR RET FTE	# N/C APLICADA	VALOR N/C APLICADA	VALOR N/C P. PAGO	%
57212	11,76						

TOTAL PAGADO: 11,76

EFFECTIVO	No. CHEQUE	VALOR	BANCO	CTA. CTE.	FECHA DEL CHEQUE	No. Depósito	Banco	Fecha	VALOR	DEPOSITO POR CLIENTE	OT.
11,76											

DECLARO HABER RECIBIDO A MI ENTERA SATISFACCIÓN LA(S) MERCADERÍA(S) QUE SE ME ENTREGA A MI NOMBRE YO EL DE MI REPRESENTADA RECONOZCO LA EXISTENCIA DEL VALOR DE ESTA FACTURA EN FAVOR DE LA EMISORA DE LA MISMA ASÍ COMO ME OBLIGO A CANCELARLO EN LA FORMA ESTABLECIDA EN ESTE DOCUMENTO. EN CASO DE MORA EN EL PAGO, ME SOMETO AL TRÁMITE VERBAL SUMARIO ANTE LOS JUECES COMPETENTES DE LAS CIUDADES DE QUITO, GUAYAQUIL, O CUECA, A LA ELECCIÓN DEL DEMANDANTE, PARA LO CUAL RENUNCIO A MI DOMICILIO, ME COMPROMETO A REALIZAR LOS RECLAMOS ACERCA DE LA MERCADERÍA DETALLADA EN ESTA FACTURA, ÚNICAMENTE HASTA 72 HORAS DESPUÉS DE HABER RECIBIDO LA MISMA.

Forma Pago: SIN UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO
 Valor: 11,76
 Plazo: 0
 Tiempo: (Días)

Subtotal: 10,50
 Descuento: 0,00
 Total Sin Impuestos: 10,50
 Subtotal tarifa 0%: 0
 Subtotal tarifa 12%: 10,50
 IVA 12%: 1,26
 Total: 11,76

PARA DESCARGAR SU COMPROBANTE DE FACTURA, DEBE INGRESAR AL SITIO <http://facturas2.qsiindustrial.biz>

TESTOS Y RESINAS Cía. Ltda.
 PRODUCTOS QUÍMICOS INDUSTRIALES

Av. Malecón 9-26-771 y Arapece
 Quito, Ecuador
 Tel: (593) 2 2475 333 2411 639
 Fax: (593) 2 2475 344
 P.O. Box: 17 92 - 7369
 Email: aprobosyresinas@guil.com
 Quito - Ecuador

R.U.C. 17960668001
 GUIA DE REMISION 3.985-001 000013777
 AUTORIZACION S.R.L. 112415793
 FECHA DE AUTORIZACION: 11 Septiembre 2018
 FECHA DE CADUCIDAD: 11 Septiembre 2019

FECHA DE INICIACION DEL TRASLADO: Noviembre 28 de 2018 - COMPROBANTE DE VENTA
 FECHA DE TERMINACION DEL TRASLADO: Noviembre 28 de 2018 FECHA DE EMISION: Noviembre 28 de 2018

MOTIVO DEL TRASLADO
 VENTA TRaslado ENTRE ESTABLECIMIENTOS DE UNA MISMA EMPRESA IMPORTACION DEVOLUCION
 COMPRA TRANSFORMACION CONSIGNACION OTROS

FECHA DE EMISION: Quito, Noviembre 28 de 2018 PUNTO DE PARTIDA: _____
 DESTINATARIO: _____ ENCARGADA DE LA PERSONA: _____
 NOMBRE O RAZON SOCIAL: PUMA WILSON GUSTAVO NOMBRE O RAZON SOCIAL: _____
 RUC / CI: 1003624842 RUC / CI: _____
 DIRECCION: IBARRA LOS CRIBOS DIRECCION: _____

BIENES TRANSPORTADOS:		DESCRIPCION
CANTIDAD	UNIDAD	
4.00	KLS	APRESTO CM-L
		1PLASX6LX4KG
1.00	KLS	PERENIN GNS
		1PLASX1KG

JEFE SECCION PROVEEDURIA
 Jefe Elba Jaramillo
 aprobosyresinas.p@gmail.com

RIZZO COLOR CIA LIDA
 Contribuyente Especial Nro
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD SI
 RUC/CI: 1792107091001
 PANAMERICANA SUR N1-115 JUNTO A LA REMONTA POLICIA NACIONAL

FACTURA Nro. 001-057-000003010
 NUMERO DE AUTORIZACION:
 15122015011792107091001200105700000301000000049317

FECHA Y HORA DE AUTORIZACION: 2018-12-18T16:27:07-05:00
 CLAVE DE ACCESO:
 15122015011792107091001200105700000301000000049317

Razon Social y Nombres y Apellidos:
 CONSUMIDOR FINAL ATUNTAOLA
 RUC/CI: 5999889963993
 FECHA EMISION: 13/12/2018
 DIRECCION:
 TELEFONO:
 EMAIL:

CANT.	DESCRIPCION	V UNITARIO	V TOTAL
0.50	JERSEY 100% CO FLAME -11003 HACAR INTENSO	12.69	12.66
	SUBTOTAL:		12.66
	IVA 12%:		1.45
	VALOR TOTAL:		13.51

Anexo DD. Certificado de uso de equipos de laboratorio.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA TEXTIL



Ibarra, 24 de julio del 2019

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, Ingeniero **Gualoto Fausto M.** en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Ingeniería Textil:

CERTIFICO

Que la señorita **PUMA IPIALES WILSON GUSTAVO** portadora de la cedula de ciudadanía N° 100400525-0, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado “**ACABADO IGNIFUGO A BASE DE ARCILLA EN UN GÈNERO DE PUNTO 100% ALGODÒN**”, los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **FLEXIBURN JAMES HEAL - ISO 15025 2000 (E), 2016** Normas de ropas de protección contra el calor y las llamas- Método de prueba para la propagación limitada de llamas.
- **VISCOSÌMETRO BROOKFIELD-** Test de viscosidad.
- **BALANZA**

Además, se le ayudo con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en cada una de las normas.

Atentamente:


 ING. GUALOTO FAUSTO

RESPONSABLE DE PROCESOS TEXTILES – CITEX.

