UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

TEMA:

"Caracterización del material de referencia del ensayo de flamabilidad según Norma ISO 3795:1989 para el cumplimiento del requisito 6.6.2 de Norma NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018 en el LIM – UTA"

Trabajo de titulación, modalidad Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Autores: Alexander Ismael Flores Calapiña

Edwin Alexander Herrera Araujo

Tutor: Ing. Cristian Fabian Pérez Salinas Mg.

Ambato – Ecuador

Junio – 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **"CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DE REFERENCIA DEL ENSAYO DE FLAMABILIDAD SEGÚN NORMA ISO 3795:1989 PARA EL CUMPLIMIENTO DEL REQUISITO 6.6.2 DE NORMA NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018 EN EL LIM – UTA"**, elaborado por los Sres. Alexander Ismael Flores Calapiña, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1850742519 y Edwin Alexander Herrera Araujo, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804981718, estudiantes de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, junio 2026



.....

Ing. Cristian Fabian Pérez Salinas Mg.

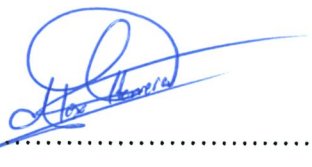
TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Alexander Ismael Flores Calapiña**, con C.I. 1850742519 y **Herrera Araujo Edwin Alexander,** con C.I. 1804981718, declaramos que todos los contenidos y actividades expuestas en el desarrollo del presente Trabajo Experimental con el Tema: **"CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DE REFERENCIA DEL ENSAYO DE FLAMABILIDAD SEGÚN NORMA ISO 3795:1989 PARA EL CUMPLIMIENTO DEL REQUISITO 6.6.2 DE NORMA NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018 EN EL LIM – UTA"**, como también los análisis estadísticos, tablas, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto a excepción de las referencias bibliografías citadas en el mismo.

Ambato, junio 2026





.....	.....
Alexander Ismael Flores Calapiña	Edwin Alexander Herrera Araujo
C.I. 1850742519	C.I. 1804981718
AUTOR	**AUTOR**

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedemos los Derechos en línea patrimoniales de nuestro Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autores

Ambato, junio 2026





.....	.....
Flores Calapiña Alexander Ismael	Herrera Araujo Edwin Alexander
C.I. 1850742519	C.I. 1804981718
AUTOR	**AUTOR**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del Trabajo Experimental realizado por los estudiantes Alexander Ismael Flores Calapiña y Edwin Alexander Herrera Araujo de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **"CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DE REFERENCIA DEL ENSAYO DE FLAMABILIDAD SEGÚN NORMA ISO 3795:1989 PARA EL CUMPLIMIENTO DEL REQUISITO 6.6.2 DE NORMA NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018 EN EL LIM – UTA"**.

Ambato, junio 2026

Para constancia firman:

.....	.....
Ing. Víctor Rodrigo Espín Guerrero Mg.	Ing. Christian Byron Castro Miniguano Mg.
C.I. 1803046109	C.I. 1803441128
MIEMBRO CALIFICADOR	**MIEMBRO CALIFICADOR**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por haber sido un guía y darme fortaleza durante todo este proceso. En momentos de cansancio, duda e incertidumbre este logro no habría sido posible sin su presencia en mi vida, sin las oportunidades que me brindó y sin la sabiduría que me permitió avanzar hasta alcanzar esta meta.

Dedico este logro a mis padres. Han sido mi mayor apoyo en los momentos difíciles. Gracias por estar siempre conmigo, por confiar en mí incluso cuando yo no lo hacía, por sus sacrificios silenciosos y por sus sabios consejos. Todo lo que he conseguido lleva una parte de ustedes. Este también es suyo, porque en cada paso estuvo su amor, su confianza y su apoyo incondicional.

A mi grupo de amigos, les dedico también una parte especial de este logro. Gracias por haber estado presentes. Gracias por las palabras de ánimo, por la compañía, por las experiencias compartidas y por demostrarme que la amistad verdadera no se mide por la cantidad de personas, sino por la lealtad, el apoyo que se brinda.

Finalmente, dedico este trabajo a toda mi familia, por acompañarme de una u otra forma durante este largo camino. A quienes estuvieron pendientes de mí, a quienes me brindaron una palabra de aliento, un consejo o simplemente su cariño, gracias por ser parte de este proceso.

Ismael Flores

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, lleno de fortaleza pese a los obstáculos que se me han presentado en la vida, por darme fuerza cuando quise rendirme.

A mi padre Patricio Herrera quien ha sabido guiar mi camino siempre de la mejor manera, quien se convirtió en mi mejor amigo al nunca dejarme solo y siempre motivarme a alcanzar todas mis metas sin importar qué tan difícil sea el camino, por darme su mano en todo momento para continuar con mis objetivos y hacerme saber que siempre cuento contigo.

A mi madre Ruth por siempre estar a mi lado con sus abrazos y sus besos en mi mejilla haciendo que nunca deje de ser fuerte frente a cualquier adversidad de la vida.

A mis hermanos mayores Karen y Andrés por siempre estar presentes y siempre querer lo mejor para mí, por nunca dejarme solo y hacerme saber que siempre podremos contar con nosotros para cualquier cosa.

A mi enamorada quien ha sido un pilar fundamental en este proceso de mi carrera y de mi vida por motivarme a nunca rendirme y darme calma cuando mi cabeza se volvía un caos, ayudándome a continuar aprendiendo a respirar y siempre dando lo mejor de mí en todo lo que haga.

Por último y no menos importante a mis tías Mayra y Jacky por estar presentes para mí siempre y apoyarme de cualquier forma a continuar cumpliendo mis metas.

Los amo.

Edwin Herrera

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por haberme dado la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta importante etapa en mi vida.

A mis padres, quienes han sido mi mayor apoyo en todo momento. Gracias por estar siempre a mi lado, por su amor incondicional, sus consejos, su paciencia y por enseñarme que con esfuerzo y humildad todo es posible puede alcanzarse. Gracias por su confianza, sacrificio y apoyo constante.

Agradezco de manera especial a los docentes Ing. Víctor Espín, Ing. Christian Castro, Ing. Gonzalo Naranjo e Ing. Cristian Pérez, quienes estuvieron presentes durante la etapa final de este proceso de titulación. Su orientación, paciencia, compromiso y apoyo fue fundamental para el desarrollo y culminación de este trabajo. Gracias por sus observaciones y por compartir sus conocimientos,

A mi grupo de amigos, que ha sido inmenso en apoyo, compañía y sinceridad. Gracias por estar presentes en los momentos buenos y malos, por las palabras de ánimo, por las experiencias compartidas.

Finalmente, agradezco a toda mi familia, por acompañarme en este recorrido, brindándome su cariño, confianza y motivación constante para seguir adelante.

Ismael Fores

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta aquí gozando de salud para poder realizar todo de la mejor manera ya que solo él sabe cuánto me he esforzado por cumplirlo. A Patricio Herrera mi padre quien fue mi pilar para llegar a lograr esta meta en mi vida, la persona que siempre confió en mí, resolviendo todo en mi proceso para que yo pueda llegar a esta etapa de mi vida, por el esfuerzo de el en su trabajo para apoyarme en todo te agradeceré toda mi vida. A mi madre por apoyarme y con su amor incondicional nunca dejarme rendirme y siempre hacerme acuerdo que soy un buen hombre criado bajo sus brazos y los de mi papá.

A mis hermanos por siempre estar para mí y darme calma para cuando la vida se ha vuelto un caos, por hacerme sonreír incluso cuando no tenía ganas de hacerlo, por ser mi mejor compañía en todo momento. Al resto de mi familia por ayudarme de cierta manera a llegar hasta aquí con su apoyo incondicional y motivándome siempre a que yo puedo lograr todo con esfuerzo y dedicación. A mi novia por amarme incluso cuando he tenido días en que es difícil de entenderme, por siempre darme su mano y su amor incondicional en todo momento para nunca dejar de dar mi mejor versión en todo momento.

A mis amigos por siempre ser la alegría en momentos en que he querido despejar mi mente por regalarme su apoyo y motivación a ser el mejor siempre.

A los ingenieros del laboratorio LIM: Ing. Víctor Espín, Ing. Christian Castro e Ing. Gonzalo Naranjo, así como al Ing. Cristian Pérez, por su valiosa guía y apoyo constante a lo largo del desarrollo de este proyecto, permitiendo la culminación exitosa del mismo

Edwin Herrera

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii

DERECHOS DE AUTOR iv

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO viii

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS x

ÍNDICE DE TABLAS xiii

ÍNDICE DE FIGURAS xiv

ÍNDICE DE ANEXOS xv

RESUMEN EJECUTIVO xvi

ABSTRACT xvii

CAPÍTULO I 1

1 MARCO TEÓRICO 1

1.1. Antecedentes investigativos 1

1.1.1. Antecedentes 1

1.1.2. Justificación 4

1.2. Fundamentación teórica 5

1.2.1. Normativa aplicable a los ensayos de flamabilidad 5

1.2.2. Importancia de la caracterización del material 7

1.2.3. Propiedades físicas y comportamiento del material ante la llama 7

1.2.4. Ensayos mecánicos y su relación con la flamabilidad 9

1.2.5. Validación interlaboratorio y trazabilidad metrológica 9

1.2.6. Impacto en la calidad y acreditación del laboratorio 10
1.3. Objetivos 11
1.3.1. Objetivo general 11
1.3.2. Objetivos específicos 11
CAPÍTULO II 12
2 METODOLOGÍA 12
2.1 Ubicación 12
2.2 Materiales, equipos y herramientas 12
2.2.1 Materiales 12
2.2.2 Equipos 13
2.2.3 Herramientas 14
2.3 Tipo de investigación 14
2.4 Hipótesis 15
2.4.1 Variables de operación 15
2.4.2 Operacionalización de variables 16
2.5 Población y muestra 16
2.5.1 Características de las muestras 17
2.6 Recolección de información 19
2.6.1 Análisis normativo y familiarización con el proceso 19
2.6.2 Ensayos de aptitud interlaboratorios 19
2.6.2.1 Parámetros del ensayo de flamabilidad 19
2.6.2.2 Condiciones para el ensayo de flamabilidad 19
2.6.2.3 Instrucción para la ejecución de los ensayos de flamabilidad 21
2.6.3 Proceso de validación metrológica y confiabilidad estadística 24
2.6.3.1 Corrección metrológica de datos 25

2.6.3.2 Repetibilidad y confiabilidad 26
2.6.4 Validación interlaboratorios 32
2.7 Procesamiento y análisis estadístico 33
2.8 Resultados esperados 33
CAPÍTULO III 35
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 35
3.1 Validación metrológica y confiabilidad 35
3.1.1 Corrección metrológica de datos 35
3.1.2 Repetibilidad, confiabilidad y estudio ANOVA anidado 35
3.1.2.1 Evaluación R&R 41
3.1.2.2 Evaluación de la precisión 41
3.1.2.3 Evaluación de incertidumbre expandida 42
3.1.2.4 Evaluación valor p – reproducibilidad 43
3.1.2.5 Evaluación de la exactitud 44
3.1.2.6 Comprobación estadística de la homogeneidad 45
3.2 Validación interlaboratorios 48
3.3 Discusión general 49
CAPÍTULO IV 51
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 51
4.1 Conclusiones 51
4.2 Recomendaciones 53
ANEXOS 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I LISTA DE MATERIALES 12

Tabla III LISTA DE HERRAMIENTAS 14

Tabla IV OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 16

Tabla V CARACTERÍSTICAS DE LAS PROBETAS 17

Tabla VI IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL Y REPRESENTACIÓN VISUAL DE LAS PROBETAS DE ENSAYO – TEJIDO NAVALEADO 18

Tabla VII IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL Y REPRESENTACIÓN VISUAL DE LAS PROBETAS DE ENSAYO – GABARDINA RETARDANTE 18

Tabla VIII FICHA DE REGISTRO DE DATOS POSTERIORES AL ENSAYO 24

Tabla IX FICHA DE REGISTRO DE DATOS PARA ANÁLISIS ANOVA 26

Tabla X FICHA DE REGISTRO DE RESULTADOS – TEJIDO NAVALEADO (EXTRACTO) 36

Tabla XI FICHA DE REGISTRO DE RESULTADOS – GABARDINA RETARDANTE TRANSVERSAL 37

Tabla XII FICHA DE REGISTRO DE RESULTADOS – GABARDINA RETARDANTE LONGITUDINAL 38

Tabla XIII FICHA DE REGISTRO ANOVA – TEJIDO NAVALEADO (EXTRACTO) 39

Tabla XIV FICHA DE REGISTRO ANOVA - GABARDINA RETARDANTE TRANSVERSAL 40

Tabla XV FICHA DE REGISTRO ANOVA - GABARDINA RETARDANTE LONGITUDINAL 40

Tabla XVI RESULTADOS DEL R&R DEL SISTEMA 41

Tabla XVII RESULTADOS DE PRECISIÓN DEL SISTEMA 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Distribución de las perforaciones y dimensiones de las probetas 17

Fig. 2: Medidas de la cámara de combustión 20

Fig. 3: Medidas del portamuestras 21

Fig. 4: Ubicación de la probeta en el portamuestras 21

Fig. 5: Calibración de la altura de llama 22

Fig. 6: Exposición del extremo de la muestra de llama 22

Fig. 7: Primer punto de medición del tiempo de combustión 23

Fig. 8: Último punto de medición del tiempo de combustión 23

Fig. 9: Resultados de reproducibilidad mediante análisis ANOVA anidado: a) Tejido Navaleado – Longitudinal, b) Gabardina Retardante – Transversal, c) Gabardina Retardante – Longitudinal 44

Fig. 10: Gráficas de componentes de variación del sistema: a) Tejido Navaleado - Longitudinal, b) Gabardina Retardante – Transversal, c) Gabardina Retardante – Longitudinal 46

Fig. 11: Gráficas de medias por operador: a) Tejido Navaleado – Longitudinal, b) Gabardina Retardante – Transversal, c) Gabardina Retardante – Longitudinal 47

Fig. 12: Gráfica de rangos por operador: a) Tejido Navaleado – Longitudinal, b) Gabardina Retardante – Transversal, c) Gabardina Retardante – Longitudinal 48

Fig. 13: Evaluación internacional 49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Fotografías 57

Anexo N° 2: Norma ISO 3795:1989 60

Anexo N° 3: Norma NTE – INEN – ISO/IEC – 17025:2018 67

Anexo N° 4: Norma NTE INEN – ISO/IEC 17043:2010 73

Anexo N° 5: Informe Final – ILT Interlaboratory Test 78

Anexo N° 6: Certificado de Calibración de Regla 86

Anexo N° 7: Certificado de Calibración del Cronómetro 90

RESUMEN EJECUTIVO

Este Trabajo Experimental presenta la validación del método de ensayo de inflamabilidad para materiales interiores, conforme a la Norma ISO 3795:2989, con el objetivo de fortalecer las capacidades metrológicas del Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. Con el objetivo de asegurar la confiabilidad de los resultados y promover el cumplimiento de la Norma NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018, se implementó un proceso riguroso de aseguramiento de la calidad. La metodología empleada consistió en la ejecución de pruebas físicas realizadas exitosamente en las instalaciones del laboratorio universitario. Para asegurar la trazabilidad y la precisión del método, el alcance del estudio se centró en el uso exclusivo de Materiales de Referencia (MR) y de Materiales de Referencia Certificados (MRC). Los ensayos experimentales se realizaron en probetas de tejido navaleado y de gabardina retardante. Tras la finalización de las pruebas, la validación del método requirió una evaluación externa, para lo cual se estableció una colaboración formal con un laboratorio en Argentina, proveedor del Ensayo de Aptitud conforme a la Norma NTE INEN – ISO/IEC 17043:2010. Actualmente, la investigación se encuentra en la fase de análisis de datos y de redacción del informe final. El análisis estadístico compara los resultados internos obtenidos en el laboratorio local con los parámetros metrológicos proporcionados por el laboratorio argentino. Esta intercomparación con los MR y los MRC resulta esencial para evaluar la precisión y la reproducibilidad del método local. Los resultados buscan confirmar la competencia técnica del laboratorio y garantizar la entrega de informes de ensayo confiables.

Palabras clave: NORMAS ISO, INFLAMABILIDAD, VALIDACIÓN DEL MÉTODO, METROLOGÍA, ENSAYO DE APTITUD

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
FICM
BIBLIOTECA
U.T.A.
Revisado V. Guevara 02/06/2026

ABSTRACT

This experimental study presents the validation of the flammability testing method for interior materials, in accordance with ISO 3795:1989, with the aim of strengthening the metrological capabilities of the Mechanical Engineering Laboratory at the Technical University of Ambato. To ensure the reliability of the results and promote compliance with the NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018 standard, a rigorous quality assurance process was implemented. The methodology involved conducting physical tests, which were successfully carried out at the university laboratory's facilities. The methodology was based on physical testing, which was successfully conducted at the university laboratory facilities. To ensure the traceability and accuracy of the method, the scope of the study focused exclusively on the use of Reference Materials (RM) and Certified Reference Materials (CRM). The experimental tests were conducted on samples of twill fabric and flame-retardant gabardine. Following the completion of the tests, validation of the method required an external evaluation, for which a formal collaboration was established with a laboratory in Argentina that provides proficiency testing in accordance with the NTE INEN – ISO/IEC 17043:2010 standard. The research is currently in the data analysis and final report drafting phase. The statistical analysis compares the internal results obtained at the local laboratory with the metrological parameters provided by the Argentine laboratory. This intercomparison with the MRs and MRCs is essential for evaluating the accuracy and reproducibility of the local method. The results aim to confirm the laboratory's technical competence and ensure the delivery of reliable test reports.

Keywords: ISO STANDARDS, FLAMMABILITY, METHOD VALIDATION, METROLOGY, PROFICIENCY TESTING

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
FICM
BIBLIOTECA
U.T.A.
Revisado
02/06/2026

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Antecedentes

A nivel internacional, verificar que los laboratorios de ensayo entreguen resultados confiables y consistentes ha llevado a la creación de normas técnicas con criterios claros y comunes para su funcionamiento. Bajo este enfoque, la Norma ISO/IEC 17025:2018 actualmente es el estándar principal para demostrar que un laboratorio es técnicamente competente: define criterios sobre gestión de calidad, trazabilidad de las mediciones y validación de métodos de ensayo. La aplicación de esta norma permite organizar los procesos internos, lo que reduce errores y permite obtener resultados repetibles y confiables. Así, los laboratorios fortalecen su confiabilidad frente a entidades regulatorias y quienes dependen de sus datos [1], [2].

Implementar un sistema de gestión de calidad no es solo llenar papeles o cumplir con documentación. Va mucho más allá, porque obliga a tener un control estricto sobre todo lo que puede afectar los resultados experimentales. Esto incluye desde la calibración de los equipos, el nivel de preparación del personal, la validación de los métodos, hasta el manejo de las condiciones ambientales. Gestionar bien todos estos factores previene errores y permite que los resultados se mantengan consistentes en cualquier situación de ensayo. Por esto, implementar la Norma ISO/IEC 17025:2018 ayuda no solo a cumplir con lo básico, sino a mejorar de forma constante y a garantizar la calidad en cada resultado generado en el laboratorio [1], [2].

Dentro del aseguramiento de la calidad, un factor relevante es calcular la incertidumbre de medición que acompaña cada resultado. Este valor ayuda a saber cuánta confianza se puede tener en una medición concreta: la incertidumbre muestra cuán dispersos o cercanos están los posibles valores que podrían darse en una misma medición, y se vuelve esencial al interpretar resultados experimentales. Saber determinarla bien marca los límites de aceptación y facilita comparar resultados entre distintos

laboratorios, algo clave cuando pequeñas diferencias pueden cambiar la decisión sobre el comportamiento de ciertos materiales [3].

En el mundo de la seguridad industrial y automotriz, las pruebas de inflamabilidad han adquirido gran importancia porque es vital medir cómo reaccionan los materiales ante el fuego. Lo que se usa dentro de un vehículo tiene que pasar estándares rigurosos, ya que una simple propagación rápida de la llama representa un riesgo a quienes van dentro. Por eso existen métodos de ensayo para determinar la velocidad a la que arde un material, cuánto tarda en prenderse o qué tan rápido se propaga la llama; datos relevantes para clasificar si un material es o no seguro frente a incendios [4].

En el contexto ecuatoriano, esta necesidad se volvió obligatoria en 2020, cuando la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) estableció el ensayo de inflamabilidad de los componentes internos de las carrocerías como requisito normativo previo para la operación y la homologación de los buses en el país. En respuesta, investigaciones locales han destacado la importancia de validar métodos analíticos basados en la normativa ISO 3795:1989 para determinar con precisión la velocidad de combustión de estos materiales, lo que contribuye a mitigar riesgos y a asegurar la estandarización de los procesos de control de calidad a nivel nacional [5].

Las propiedades físicas, químicas y estructurales de un material afectan la forma en que se comporta cuando se quema. Entre las características que influyen en la velocidad de quemado se encuentran la densidad, el grosor, la composición química y la presencia o ausencia de aditivos retardantes de llama. Estas variables pueden cambiar de forma importante la forma en que un material se enciende y se consume, haciendo que algunos materiales se quemen con mayor rapidez e intensidad que otros. Al respecto, investigaciones recientes en el área automotriz han demostrado que la aplicación de recubrimientos de gel termoestables con aditivos basados en fósforo, como la polifosfato de amonio (APP) y el difosfato de resorcinol (RDP) en espesores delgados de 0.5 mm, actúan como una barrera térmica eficiente. Estos aditivos no solo logran clasificaciones de autoextinción máximas (V-0), sino que reducen significativamente la tasa de liberación de calor en polímeros de uso común como el polipropileno y el poliuretano, retrasando los picos críticos de combustión en más de siete minutos [6]. En general, los materiales con mayor densidad tienden a presentar

una combustión más lenta y, en ciertos casos, más controlada. Por esta razón, es necesario caracterizar previamente el material antes de realizar ensayos de inflamabilidad, buscando mantener la confiabilidad y sensibilidad de las mediciones obtenidas [7].

La reproducibilidad y comparabilidad de los resultados se logra realizando ensayos de inflamabilidad en condiciones controladas y siguiendo procedimientos estandarizados. Usar normas internacionales reduce la variabilidad y facilita comparar resultados entre laboratorios. Los métodos de ensayo normalizados son clave para evaluar el comportamiento de los materiales en condiciones específicas y asegurar la confiabilidad de los resultados [8]. Sin embargo, la correcta aplicación de procedimientos estandarizados no es suficiente para garantizar la validez de los resultados, ya que es necesario verificar el desempeño del laboratorio mediante evaluaciones externas. Debido a esto, los ensayos de aptitud y las comparaciones interlaboratorio son utilizados actualmente como herramientas fundamentales para evaluar la competencia técnica de los laboratorios y asegurar la calidad de los resultados. Estas prácticas permiten identificar desviaciones, detectar posibles errores y establecer acciones correctivas que contribuyan a mejorar el desempeño del laboratorio [9], [10].

Participar en programas de intercomparación permite a los laboratorios comparar sus resultados bajo condiciones similares y evaluar objetivamente su desempeño. Estos programas también ayudan a validar los métodos de ensayo y asegurar la trazabilidad de los resultados, lo cual es esencial para cumplir con las normas internacionales de calidad. Además, estas evaluaciones fortalecen los sistemas de gestión de calidad y mejoran continuamente los procesos de ensayo [9], [10]. Por eso, integrar las Normas ISO/IEC 17025, ISO/IEC 17043 y los métodos de ensayo de inflamabilidad es un enfoque completo para asegurar la calidad en los laboratorios. Esta integración garantiza la correcta realización de los ensayos, valida los resultados y asegura su comparabilidad a nivel nacional e internacional. también, facilita el cumplimiento de los requisitos técnicos y normativos necesarios para la acreditación de los laboratorios, lo cual constituye un objetivo fundamental en el ámbito de la investigación y la industria.

El uso de materiales de referencia caracterizados es clave para que los ensayos de laboratorio sean confiables y arrojen resultados consistentes. Estos materiales ayudan a evaluar la repetibilidad y la reproducibilidad de los resultados y permiten comprobar la exactitud de los métodos de ensayo. En los ensayos de inflamabilidad, caracterizar los materiales de referencia no solo ayuda a cumplir la Norma ISO/IEC 17025:2018, sino que también facilita su uso en programas de intercomparación conforme a la Norma ISO/IEC 17043:2010. Esto mejora la trazabilidad metrológica y la validez de los resultados.

1.1.2. Justificación

La seguridad en la industria automotriz es fundamental y depende en gran parte del desempeño de los materiales usados en la fabricación de vehículos. Uno de los factores más importantes es cómo reaccionan al fuego, ya que una propagación rápida de la llama puede poner en peligro a los ocupantes. Para disminuir este riesgo, la Norma ISO 3795:1989 (Anexo N° 2) define procedimientos estandarizados para ensayos de flamabilidad, que ayudan a medir la velocidad de combustión y comprobar si se cumplen los niveles mínimos de seguridad [1].

Sin embargo, la validez de los resultados en estos ensayos depende de que las mediciones sean trazables y confiables, lo cual se logra usando materiales de referencia (MR) y materiales de referencia certificados (MRC) que estén bien caracterizados y documentados. Si no existe una caracterización experimental estandarizada, se genera incertidumbre, se dificulta la comparación entre laboratorios y se reduce la credibilidad de las pruebas.

En este contexto, el Laboratorio de Investigación Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato (LIM-UTA) enfrenta el desafío de cumplir con el requisito 6.6.2 de la Norma NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018 (Anexo N° 3), que exige el uso de materiales de referencia técnicamente competentes [2]. La ausencia de una caracterización metrológica verificable en los materiales utilizados para los ensayos de flamabilidad afecta la validez de los resultados obtenidos y restringe la posibilidad de acreditación del laboratorio. Esta restricción evidencia la necesidad de adoptar metodologías de evaluación y planes de mejora continua que hayan demostrado

efectividad en el ámbito local, donde el fortalecimiento documental y el análisis riguroso de riesgos son pasos indispensables para transformar las deficiencias técnicas en competencias verificables aptas para auditorías de acreditación [11].

Este requerimiento técnico es importante para la academia y el sector productivo de Tungurahua, ya que la industria carrocera necesita evaluar constantemente los componentes de los vehículos. Investigaciones anteriores en la Universidad Técnica de Ambato comenzaron a estudiar los índices de inflamabilidad y el comportamiento ante el goteo en materiales interiores isotrópicos, lo que evidencia la necesidad de centralizar y estandarizar estas pruebas en los laboratorios locales [12].

Se identifica un problema general debido a la falta de caracterización y validación metrológica de los materiales de referencia utilizados en los ensayos de flamabilidad, lo que afecta la trazabilidad y comparabilidad de los resultados. Ante ello, se plantea realizar un proceso de caracterización experimental que genere datos confiables y validados, con la posibilidad de ser utilizados en ejercicios Interlaboratoriales. En consecuencia, este estudio tiene como propósito caracterizar experimentalmente el material de referencia para ensayos de flamabilidad, estableciendo parámetros de combustión y validando su trazabilidad, estabilidad y repetibilidad de acuerdo con los lineamientos del requisito 6.6.2, con miras a su aplicación en procesos de validación interna y comparaciones Interlaboratoriales con la Norma NTE INEN – ISO/IEC 17043:2010 (Anexo N° 4).

1.2. Fundamentación teórica

1.2.1. Normativa aplicable a los ensayos de flamabilidad

La evaluación del comportamiento de los materiales frente al fuego constituye un aspecto crítico dentro de la ingeniería aplicada a la seguridad, especialmente en sectores como el automotriz, donde los materiales empleados en el interior de los vehículos deben cumplir estrictos requisitos de resistencia a la inflamación. En este contexto, los ensayos de flamabilidad permiten determinar la capacidad de un material para resistir la ignición y limitar la propagación de la llama bajo condiciones controladas, proporcionando información fundamental para la selección y validación de materiales [4].

Dentro de la Norma ISO 3795:1989 se define un método para medir la velocidad de combustión en sentido horizontal de los materiales empleados en el interior de vehículos. El procedimiento implica exponer una probeta a una fuente de ignición durante un tiempo específico y registrar la distancia recorrida por la llama, lo que permite calcular la velocidad de propagación en mm/min. Este parámetro resulta esencial para evaluar el comportamiento del material frente a la combustión y comprobar el cumplimiento de los límites normativos establecidos [8].

La estandarización de este procedimiento permite reducir la variabilidad experimental y asegurar la reproducibilidad de los resultados, lo cual es fundamental para garantizar la comparabilidad entre diferentes laboratorios. Además, facilita la validación de los ensayos y su reconocimiento en el ámbito industrial, contribuyendo a la implementación de procesos de control de calidad más rigurosos [4], [8].

La correcta aplicación de los métodos de ensayo no garantiza resultados confiables. Es fundamental que los laboratorios implementen sistemas de gestión de calidad que certifiquen su competencia técnica. La Norma NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018 define los requisitos generales para laboratorios de ensayo y calibración, tales como la validación de métodos, la trazabilidad de las mediciones, el control de equipos y la gestión de recursos [1], [2].

Dentro de esta normativa, el requisito 6.6.2 establece la necesidad de utilizar materiales de referencia adecuados, los cuales deben ser técnicamente competentes y trazables, con el fin de garantizar la validez de los resultados obtenidos. Este aspecto es particularmente relevante en ensayos de flamabilidad, donde pequeñas variaciones en las condiciones experimentales pueden generar diferencias significativas en los resultados [3].

La Norma NTE INEN – ISO/IEC 17043:2010 regula los ensayos de aptitud y las comparaciones interlaboratorio, herramientas clave para evaluar la competencia técnica de los laboratorios. Su implementación facilita la validación de resultados, la detección de errores en los análisis estadísticos y el establecimiento de acciones correctivas para mejorar las mediciones y la calidad de los procesos de ensayo [9], [10].

1.2.2. Importancia de la caracterización del material

Los materiales de referencia son clave para asegurar la calidad en los ensayos de laboratorio, ya que ayudan a comprobar la exactitud de los métodos de medición y la confiabilidad de los resultados. Estos materiales se caracterizan por tener propiedades homogéneas y estables, que se pueden determinar mediante procesos experimentales controlados, y se usan como patrón en los procesos de medición [1].

El proceso de caracterización de estos materiales evalúa parámetros como la homogeneidad, la estabilidad y la incertidumbre asociada a sus propiedades. Para evitar las variaciones que afectan la reproducibilidad de resultados, se requiere que las propiedades de las probetas sean homogéneas durante todo el ensayo. La estabilidad asegura que estas propiedades permanezcan constantes en el tiempo o bajo condiciones específicas de almacenamiento y uso [3].

Desde el punto de vista metrológico, la caracterización de materiales de referencia permite establecer la trazabilidad de los resultados, lo cual es un requisito fundamental dentro de la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2018. La trazabilidad asegura que los resultados de las mediciones estén vinculados a estándares reconocidos mediante una cadena ininterrumpida de calibraciones, lo que permite su comparación a nivel nacional e internacional [2].

En los ensayos de inflamabilidad, usar materiales de referencia correctamente caracterizadas ayuda a validar los métodos de ensayo, comprobar la repetibilidad de los resultados y detectar posibles desviaciones en los procesos experimentales. Además, este método facilita la participación en programas de intercomparación, donde se requiere que los materiales tengan propiedades consistentes y reproducibles [9].

1.2.3. Propiedades físicas y comportamiento del material ante la llama

El comportamiento de los materiales frente al fuego está determinado por una combinación de propiedades físicas, químicas y estructurales que influyen en su capacidad para resistir la ignición y limitar la propagación de la llama. Entre las propiedades más relevantes se encuentran la densidad, el espesor, la porosidad y la

composición química del material [7]. Desde una perspectiva termodinámica, el potencial de crecimiento y propagación del fuego en sólidos combustibles está gobernado por el balance entre el flujo de calor radiante recibido y la capacidad de la superficie para acumular energía térmica, lo que desencadena la pirólisis del material y define la velocidad cinética con la que el frente de llama avanzará a lo largo de la estructura sólida [13].

La densidad influye directamente en la cantidad de material disponible para la combustión, mientras que la porosidad determina la facilidad con la que el oxígeno puede penetrar en la estructura del material. Los materiales con alta porosidad tienden a presentar una mayor velocidad de combustión debido a la mayor disponibilidad de oxígeno, mientras que aquellos con menor porosidad presentan una combustión más lenta y controlada [7].

La composición química del material también juega un papel fundamental en su comportamiento frente al fuego. Los materiales poliméricos, por ejemplo, pueden presentar diferentes niveles de inflamabilidad dependiendo de su estructura molecular y de la presencia de aditivos retardantes de llama. Estos aditivos actúan reduciendo la velocidad de combustión y limitando la liberación de gases inflamables, lo que contribuye a mejorar la seguridad del material [4]. El comportamiento se confirma por estudios encargados de evaluar componentes automotrices según la Norma ISO 3795:1989. Los estudios muestran que factores como el espesor de la probeta y la orientación del material afectan de manera importante los tiempos de ignición y la velocidad de propagación de la llama. Por eso, los laboratorios de ensayo deben estandarizar los parámetros operativos para obtener resultados consistentes y repetibles [14].

La naturaleza de la fibra, la forma en que se entrelazan los hilos y los tratamientos aplicados a la superficie son factores que determinaran la reacción del material ante el fuego. Al respecto, se ha evaluado que las fibras procedentes de procesos de reciclaje ampliamente utilizadas en paneles de aislamiento y tapicería vehicular presentan una alta vulnerabilidad térmica debido a la heterogeneidad de su composición. Para mitigar esto, la aplicación de aditivos basados en fósforo, nitrógeno o boro resulta fundamental, ya que actúan tanto en la fase condensada mediante la formación de una

capa protectora de carbón de aislamiento como en la fase de gas diluyendo los componentes combustibles, logrando elevar el Índice de Oxígeno Limitante (LOI) y reducir la tasa de liberación de calor [15] . Bajo este mismo enfoque experimental, se ha constatado que la modificación de las características técnicas frente al fuego en textiles reciclados automotrices no solo disminuye significativamente la velocidad de combustión horizontal prescrita en normativas como la ISO 3795:1989, sino que exige una dispersión homogénea del agente ignífugo dentro de la matriz fibrosa para suprimir la aparición de zonas críticas de propagación térmica acelerada [16] . La evaluación de estas propiedades mediante ensayos de flamabilidad permite identificar los parámetros críticos que determinan la velocidad de combustión y la propagación de la llama, proporcionando información esencial para su caracterización como material de referencia [4], [7].

1.2.4. Ensayos mecánicos y su relación con la flamabilidad

El análisis del comportamiento de los materiales frente al fuego debe ser junto con sus propiedades mecánicas, debido a la estrecha relación entre ambos aspectos. Durante el proceso de combustión, los materiales están expuestos a altas temperaturas que pueden afectar su integridad estructural, lo que influye directamente en la propagación de la llama.

Existen materiales con alta resistencia mecánica que pueden mantener su estructura por más tiempo en condiciones térmicas extremas, esto creo un retraso en la propagación del fuego. En cambio, los materiales con baja resistencia o pueden colapsar rápido, por exponer nuevas superficies al calor y acelera la combustión [7].

Evaluar juntas las propiedades mecánicas y térmicas ayuda a entender mejor cómo se comporta un material en un incendio. Este método es importante para caracterizar materiales de referencia, ya que permite definir parámetros confiables para validar métodos de ensayo [3].

1.2.5. Validación interlaboratorio y trazabilidad metrológica

Las comparaciones interlaboratorio son esenciales para evaluar la competencia técnica de los laboratorios y asegurar la confiabilidad de los resultados. Estos ensayos

comparan resultados de distintos laboratorios bajo condiciones similares, lo que permite identificar desviaciones y evaluar el desempeño de cada participante [9].

La Norma ISO/IEC 17043:2010 define los lineamientos para estos ensayos, mencionado la planificación, ejecución y análisis de resultados. Participar en programas de interlaboratorios valida los métodos de ensayo y mejora la precisión de las mediciones fortaleciendo los sistemas de gestión de calidad [10].

Participar en comparaciones interlaboratorio permite verificar la reproducibilidad y asegurar la comparabilidad internacional de los resultados. Esto es fundamental para garantizar la validez de los ensayos y su aceptación en los ámbitos industriales [9], [10].

1.2.6. Impacto en la calidad y acreditación del laboratorio

Implementar procesos para caracterizar materiales de referencia y participar en ensayos interlaboratorio ayuda a fortalecer los sistemas de gestión de calidad en los laboratorios. Estas acciones mejoran la confiabilidad de los resultados, disminuyen la incertidumbre en las mediciones y aseguran que los ensayos sean reproducibles [1], [2].

La implementación de procesos de caracterización de materiales de referencia y la participación en ensayos interlaboratorio tienen un impacto directo en el fortalecimiento de los sistemas de gestión de calidad de los laboratorios. Estas actividades permiten mejorar la confiabilidad de los resultados, reducir la incertidumbre de las mediciones y garantizar la reproducibilidad de los ensayos [1], [2].

Para la acreditación, cumplir con los requisitos de la Norma ISO/IEC 17025:2018 es clave para demostrar la competencia técnica del laboratorio. Usar materiales de referencia caracterizados ayuda a cumplir estos requisitos, facilita la validación de métodos de ensayo y asegura la trazabilidad de los resultados [3].

Participar en ensayos interlaboratorios conforme a la Norma ISO/IEC 17043:2010 permite validar el desempeño del laboratorio y demostrar su capacidad para generar resultados confiables dentro de un ámbito internacional. Esto fortalece su posición

técnica y aumenta su competitividad y su reconocimiento tanto a nivel nacional como internacional [9], [10].

El desarrollo de investigaciones sobre la caracterización de materiales de referencia en ensayos de inflamabilidad contribuye a avanzar el conocimiento en ingeniería mecánica. Estas investigaciones ofrecen herramientas para mejorar los procesos de ensayo, optimizar la selección de materiales y aumentar la seguridad en aplicaciones industriales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar la caracterización experimental del material de referencia y material de referencia candidato en los ensayos de flamabilidad conforme a la ISO 3795:1989, determinando parámetros críticos de combustión y validando su trazabilidad metrológica, repetibilidad y confiabilidad, para el cumplimiento del requisito 6.6.2 de la NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018 en el LIM-UTA.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar los parámetros establecidos en la Norma NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018 en el requisito 6.6.2, con el propósito de definir los criterios técnicos y documentales necesarios para la caracterización del material de referencia.
- Desarrollar los ensayos de flamabilidad del material de referencia (MR y MRC según los procedimientos normalizados de la ISO 3795:1989, determinando parámetros críticos como velocidad de combustión, con el fin de validar la trazabilidad metrológica, la repetibilidad de las mediciones y la confiabilidad de los resultados obtenidos en el laboratorio.
- Validar los resultados de los ensayos Interlaboratorios de inflamabilidad realizado con el material de referencia, conforme a los lineamientos de la Norma NTE INEN – ISO/IEC 17043:2010, para garantizar la aptitud del LIM – UTA en la ejecución de ensayos de inflamabilidad.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Este capítulo detalla el marco metodológico y los procedimientos técnicos aplicados para la validación del método de ensayo en el Laboratorio de Investigación Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. Este proceso busca garantizar un servicio metrológico confiable para la industria carrocera nacional, mediante el cumplimiento de la Norma NTE INEN-ISO 3795:1989. Con el fin de asegurar la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados, se desarrolla un Ensayo de Aptitud Interlaboratorios bajo los criterios de la Norma NTE INEN – ISO/IEC 17043:2010.

2.1 Ubicación

La investigación se desarrolla en el Laboratorio de Investigación Mecánica (LIM) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA), el cual dispone del equipamiento necesario para la ejecución de ensayos de flamabilidad conforme a la Norma ISO 3795:1989.

2.2 Materiales, equipos y herramientas

2.2.1 Materiales

La Tabla I presenta los materiales empleados durante el desarrollo de los ensayos experimentales, los cuales fueron considerados de acuerdo con los requerimientos técnicos.

Tabla I
LISTA DE MATERIALES

Material	Descripción	Imagen
Gabardina RETARDANTE de llama CERTIFICADA CEDRO - 100% algodón	Seleccionado como material de referencia certificado por su alta densidad y comportamiento térmico estable, lo que garantiza la repetibilidad en las mediciones del ensayo de flamabilidad	
Tejido Navaleado	Usado como material de referencia debido a que es un textil seleccionado para ensayos de inflamabilidad debido a su uso en recubrimientos y componentes interiores expuestos a requisitos de seguridad contra propagación de llama.	

2.2.2 Equipos

A continuación, en la Tabla II se muestra los equipos necesarios para la ejecución de los ensayos, los cuales son importantes para mantener bajo control las condiciones de cada probeta y garantizar la confiabilidad de los resultados.

Tabla II
LISTA DE EQUIPOS

Equipos	Descripción	Imagen
Cámara de acondicionamiento	Utilizado para el acondicionamiento estandarizado de las probetas previo al ensayo, garantiza una estabilidad térmica y de absorción de humedad del material.	
Cámara de ensayos de combustión horizontal	Se usa para aislar las corrientes de aire en el momento de ensayo y que no haya inconvenientes con la llama.	
Cabina extractora de gases	Asegura la purga del ambiente de prueba posterior a cada ensayo.	
Porta probetas	Bastidor metálico compuesto por dos placas en forma de "U", fabricado en material resistente a la corrosión y a altas temperaturas.	

2.2.3 Herramientas En la Tabla III se detalla las herramientas que se usan para la preparación de las probetas y se controla la ejecución del ensayo, las cuales permitieron desarrollar cada actividad de manera ordenada.

Tabla III
LISTA DE HERRAMIENTAS

Herramientas	Descripción	Imagen
Cronometro	Instrumento calibrado para el control del tiempo de la llama.	
Marcadores permanentes	Utilizados para marcar las medidas de cada probeta	
Encendedor	Utilizado para aplicar una llama y sobre el borde libre de la probeta.	
Escuadra	Instrumento empleado para realizar el trazado y la verificación geométrica de las probetas.	

2.3 Tipo de investigación

El trabajo se enmarca en una metodología mixta debido a su alcance, esto debido a que se realizan ensayos para obtener datos e interpretarlos analíticamente acorde a las normas establecidas. Por ello se establecen que los siguientes tipos de investigación son importantes:

Aplicada: La presente investigación es de tipo aplicada porque busca dar solución a una necesidad específica del LIM – UTA. Su propósito principal no es únicamente generar conocimiento teórico, sino obtener resultados prácticos que permitan el cumplimiento directo del requisito técnico establecido en el numeral 6.6.2 de la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018 para las operaciones diarias del laboratorio.

Experimental: El diseño del estudio se clasifica como experimental, ya que describe lo que será mediante la realización de ensayos con variables en condiciones controladas buscando definir comportamientos precisos. Este enfoque se aplica al ejecutar las pruebas físicas en el laboratorio bajo un ambiente rigurosamente controlado, midiendo la reacción sistemática de las probetas del material de referencia ante una fuente de ignición, todo ello guiado por el procedimiento normalizado de la ISO 3795:1989.

Descriptiva: Tiene enfoque descriptivo con el propósito de documentar, registrar y analizar características térmicas y métricas observadas durante los ensayos. la realidad mediante la descripción, el registro y el análisis de hechos concretos. Mediante el procesamiento de los datos de la velocidad media de propagación de llama, se conocerán características como repetibilidad, exactitud e incertidumbre. Permitiendo conocer el comportamiento del sistema de medición y establecer estándares estadísticos confiables.

2.4 Hipótesis

La caracterización del material de referencia incide en el cumplimiento del requisito técnico establecido en el numeral 6.6.2 de la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018.

2.4.1 Variables de operación

Para garantizar la solidez metodológica del trabajo experimental y permitir que el procesamiento de los datos sea de forma balanceada, las variables se clasifican y definen operacionalmente de la siguiente manera:

- Variables Independientes: Representan una evaluación y comparación de los datos obtenidos en el laboratorio interno. Propiedades como la velocidad promedio en cada lote de probetas y análisis estadísticos dentro de los rangos

preestablecidos demuestra que la variabilidad del ensayo interno este bajo control, evitando cualquier error operativo.

- Variable Dependiente: El numeral establecido requiere de evidencia que pruebe el cumplimiento de lineamientos externos, en este caso la velocidad de combustión. El cálculo de la diferencia porcentual por parte del laboratorio de Argentina, en base a la norma establecida, actúa como indicador satisfactorio del servicio solicitado.

2.4.2 Operacionalización de variables

A continuación, en la Tabla IV se presenta el cuadro de operacionalización mediante el cual se definen variables y criterios de estudio necesarios para la medición y comprobación experimental del trabajo.

Tabla IV
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente	**Indicadores**	**Valores Finales**	**Tipo de variable**
Caracterización del material	Velocidad de combustión de Tejido Navaleado y Gabardina Retardante Dispersión y precisión de las mediciones experimentales	Milímetros por minuto R&R ≤ 10 % Precisión ≤ 10 m/min Incertidumbre ≤ 10 m/min $Valor_p > \alpha$ (siendo $\alpha = 0.05$) Exactitud ≤ 10%	Cuantitativa continua
Variable Dependiente	**Indicadores**	**Valores finales**	**Tipo de variable**
Cumplimiento requisito 6.6.2 de la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018	Verifica la conformidad del servicio interlaboratorios y datos suministrados externamente Registro del desempeño estadístico del laboratorio	Diferencia porcentual ≤ 30% Satisfactorio/Cuestionable/ Insatisfactorio	Cuantitativa continua Cualitativa dicotómica

2.5 Población y muestra

Para la validación del método, se utiliza un diseño estadístico de 16 muestras homogéneas del material certificado en sentido transversal a las fibras de la tela, 16 muestras del material certificado en sentido longitudinal a las fibras de la tela y 32 muestras del material interno del laboratorio, trabajando con un total de 64 muestras finales.

2.5.1 Características de las muestras

En este punto se describe las condiciones como también los parámetros para la debida preparación de las probetas de los materiales, en base a los requerimientos de la norma ISO 3795:1989. Las muestras deben cumplir con las medidas ya establecidas y recomendadas por la normativa, de este modo, se toma como muestra cortada a las dimensiones que se presentan en la Tabla V. Por otro lado, la composición de las perforaciones de las muestras se observa en la Fig.1.

Tabla V
CARACTERÍSTICAS DE LAS PROBETAS

Dimensión (milímetros)	**Tejido Navaleado** 	**Gabardina RETARDANTE** 
Largo	356	356
Ancho	100	100
Grosor	8	8

Es fundamental que el grosor de cada una de las probetas no sea mayor a los 13mm, igualmente, cada probeta debe tener las distancias de las perforaciones presentadas en la Fig. 1, con el objetivo que puedan ser colocadas correctamente en el portamuestras.

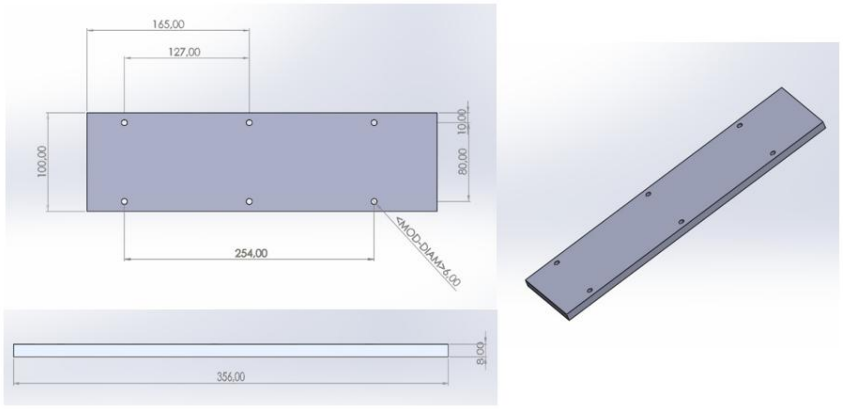


Fig. 1: Distribución de las perforaciones y dimensiones de las probetas

En conformidad con los criterios previamente definidos, se lleva a cabo la preparación de las probetas mediante el corte de los distintos materiales considerados para el ensayo de inflamabilidad, cuyos detalles se presentan en la Tabla VI y VII.

Posteriormente, se inspecciona cada probeta para garantizar la ausencia de deformaciones a lo largo de su geometría, a fin de prevenir posibles irregularidades que puedan afectar la validez y correcta ejecución del ensayo.

Tabla VI
IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL Y REPRESENTACIÓN VISUAL DE LAS PROBETAS DE ENSAYO – TEJIDO NAVALEADO

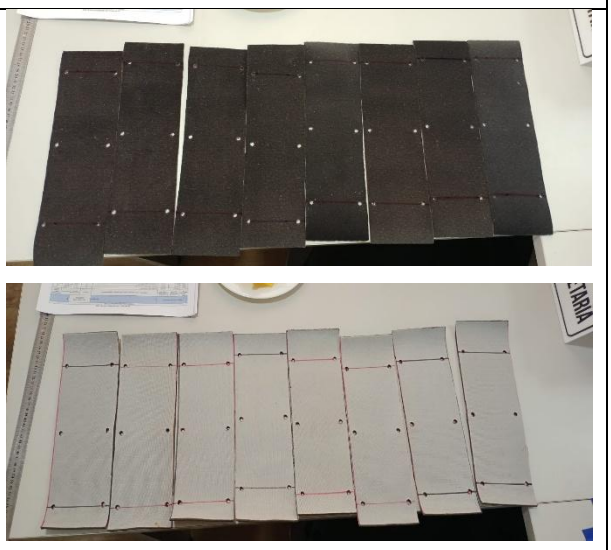
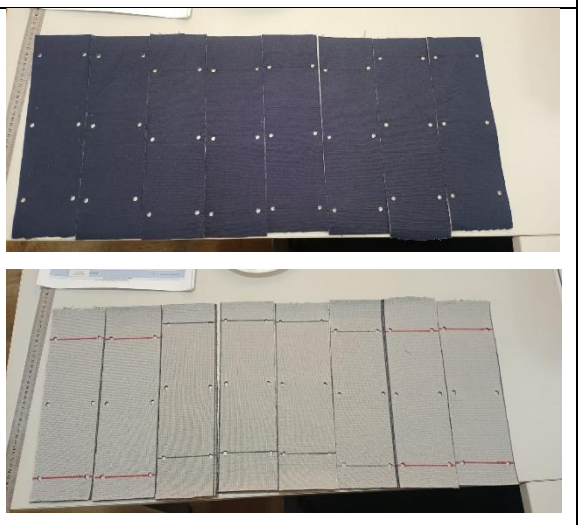
Ítem	Material	Captura
TN – L	Tejido Navaleado	

Tabla VII
2.1IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL Y REPRESENTACIÓN VISUAL DE LAS PROBETAS DE ENSAYO – GABARDINA RETARDANTE

Ítem	Material	Captura
GA – T GA – L	Gabardina Retardante	

2.6 Recolección de información

La recopilación de información de este proyecto se ejecuta mediante procesos normalizados que permitirán asegurar resultados confiables y reproducibles, evitando depender solamente de observaciones empíricas. Con el propósito de asegurar que cada actividad cumpla directamente con las metas del proyecto, la recolección de datos se realiza de la siguiente manera.

2.6.1 Análisis normativo y familiarización con el proceso

Se inicia con una revisión detallada y crítica de los documentos técnicos. En primer lugar, analizando la Norma ISO 3795:1989 para conocer las exigencias físicas de la preparación, el montaje y la exposición a la llama. Simultáneamente, se integran lineamientos del laboratorio y de la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2018. Esta etapa permitirá definir los criterios de aceptación metrológica antes de inicias con los ensayos, estableciendo que la variación entre probeta por operador debe ser de ≤10% y una exactitud que supere el 90% de recuperación.

2.6.2 Ensayos de aptitud interlaboratorios

2.6.2.1 Parámetros del ensayo de flamabilidad

Se siguieron los siguientes pasos para la debida revisión de los parámetros del ensayo de inflamabilidad

- Propiedades y especificaciones de las probetas evaluadas
- Parámetros y requisitos establecidos para realizar el ensayo de inflamabilidad
- Procedimiento y lineamientos para realizar los ensayos de inflamabilidad

2.6.2.2 Condiciones para el ensayo de flamabilidad

Las condiciones de la cámara de combustión mostrada en la Fig. 2, de acuerdo con lo establecido en la Norma ISO 3795:1989 para la realización de los ensayos de inflamabilidad.

- La cámara de combustión está fabricada en acero inoxidable y presenta dimensiones similares a las indicadas en la Fig. 2. Asimismo, dispone de orificios de ventilación en la parte inferior y una abertura de ventilación en la parte superior.
- El portamuestras, cuyas dimensiones son semejantes a las mostradas en la Fig. 3, posee una configuración en forma de U y se sitúa a 22 mm del extremo de la cámara, así como a una distancia de 50 mm de los lados longitudinales de esta.
- La fuente de ignición corresponde a un mechero Bunsen de 9,5 mm de diámetro interno, el cual se posiciona a 19 mm por debajo del centro inferior abierto de la probeta.
- El combustible utilizado corresponde a un gas con un poder calorífico de 38 MJ/m³.
- La velocidad vertical del flujo de aire en la campana extractora se encuentra dentro del intervalo de 0,1 m/s a 0,3 m/s.
- La llama presenta una altura de 38 mm, la cual es estabilizada durante un período previo de un minuto.
- La probeta y la llama van a estar en contacto durando un tiempo corto de 15 segundos.
- Previo a la ejecución de un nuevo ensayo, se requiere que la cámara de combustión y el portamuestras presenten una temperatura no mayor a 30 °C.

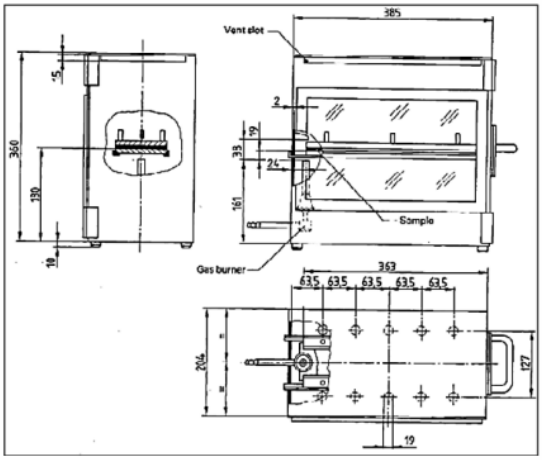


Fig. 2: Medidas de la cámara de combustión

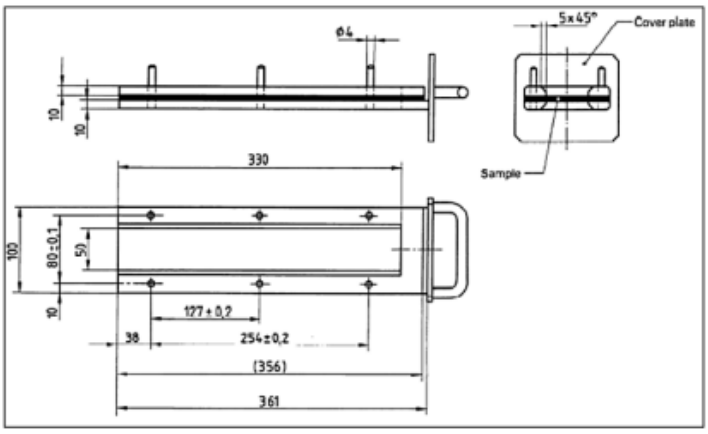


Fig. 3: Medidas del portamuestras

2.6.2.3 Instrucción para la ejecución de los ensayos de flamabilidad

La metodología para la correcta realización de los ensayos de inflamabilidad en probetas, utilizando la cámara de inflamabilidad horizontal, se detalla en la sección 3.10 del documento de investigación asociado al diseño y construcción de esta [13].

1. Cuando la muestra dispone de superficies con presencia de mechones, se ubica sobre una superficie plana y se realiza el peinado en dos pasadas en dirección opuesta a la disposición de estos.
2. La probeta debe posicionarse en el portamuestras de forma que la superficie expuesta quede dirigida hacia la llama, garantizando su contacto directo, conforme se ilustra en la Fig. 4.



Fig. 4: Ubicación de la probeta en el portamuestras

2. La altura de la llama se calibra a 38 mm con el uso de la galga de medición de la cámara, mediante la regulación de la entrada de aire del mechero Bunsen. Antes de iniciar la primera prueba, la llama debe estabilizarse dejándola en combustión por un período mínimo de un minuto, conforme se ilustra en la Fig. 5.



Fig. 5: Calibración de la altura de llama

3. El portamuestras se inserta en la cámara de inflamabilidad, asegurando que el extremo de la probeta permanezca en contacto con la llama durante 15 segundos, conforme se ilustra en la Fig. 6.



Fig. 6: Exposición del extremo de la muestra de llama

4. El registro del tiempo de combustión comienza cuando la base de la llama entra en contacto con el primer punto de medición, conforme se ilustra en la Fig. 7. Se

debe tomar en cuenta la propagación de la llama en el lado donde la combustión ocurra con mayor rapidez, ya sea en la zona superior o inferior de la probeta.



Fig. 7: Primer punto de medición del tiempo de combustión

5. El tiempo de combustión finaliza cuando la llama alcanza el último punto de medición o, en su defecto, cuando se extingue antes de llegar a este, tal como se muestra en la Fig. 8. En caso de que la llama no alcance dicho punto, se debe registrar la distancia efectivamente quemada hasta el lugar donde se produjo su extinción. Cabe señalar que la zona quemada corresponde a la descomposición del material, ya sea en la superficie o en el interior de la probeta.



Fig. 8: Último punto de medición del tiempo de combustión

6. En caso de que la llama no alcance el primer punto de medición, se extinga tras la exposición a la fuente de ignición o no se produzca ignición, se debe registrar en el informe una velocidad de combustión igual a 0 mm/min.

7. Para la ejecución de ensayos consecutivos, se requiere que la cámara de inflamabilidad y el portamuestras se encuentren a una temperatura no superior a 30 °C previo al inicio de cada nuevo ensayo.

2.6.3 Proceso de validación metrológica y confiabilidad estadística

Una vez obtenidos los datos posteriores al ensayo, estos no se consideran definitivos de manera inmediata, debido a que se deberán someter a análisis estadísticos y evaluaciones correctivas para que se permita la validación del método.

A continuación, la Tabla VIII presenta el modelo de ficha de registro de datos del ensayo, en la cual se deberá incluir las correcciones metrológicas derivadas de los certificados de calibración de los instrumentos (Anexo N° 6 y Anexo N° 7), mismos que serán detallados en el siguiente apartado.

Tabla VIII
FICHA DE REGISTRO DE DATOS POSTERIORES AL ENSAYO

Carrera de Ingeniería Mecánica **Ficha de registro de resultados de ensayo**								
Información del registro								
Ambato – Ecuador								
Lugar		Laboratorio de Investigación Mecánica			**Máquina**		Camara de Combustión Horizontal	
Ejecutores					**Revisor**		Ing. Mg. Christian Castro	
Parámetros de Ensayo								
Normativa		ISO 3795						
Tipo de Ensayo		Prueba de Flamabilidad			**Tipo de Material**			
Dimensiones		356 mm x 100 mm x 13 mm			**N° ítem**			
Resultados de Ensayo según la Norma ISO 3795								
N° Probeta	**Distancia (mm)**	**Error de medición**	**Distancia corregida (mm)**	**Tiempo (s)**	**Error de medición**	**Tiempo corregido (s)**	**Velocidad (mm/s)**	**Velocidad corregida (mm/s)**
1								
2								
3								
4								
5								
Fotografía								

2.6.3.1 Corrección metrológica de datos

Se estructura una ficha de registro en donde se ingresan las mediciones de tiempos y mediciones tomadas por los ejecutores del ensayo. A los valores recolectados se les aplica las ecuaciones de medición con valores oficiales de los certificados oficiales de calibración de los instrumentos.

- **Tiempo corregido**

Esto permite trabajar con datos que no tengan posibles deviaciones asociadas al instrumento de medición, obteniendo valores mas cercanos al tiempo real del ensayo.

$$t_{corr} = t - Error_{cron} \quad (1)$$

Donde:

t: Tiempo obtenido posterior al ensayo (s).

$Error_{cron}$: Error de medición obtenido del certificado de calibración (s).

- **Distancia corregida**

La corrección de la distancia ayuda a compensar la desviación del instrumento y mejora la exactitud del calculo de velocidad.

$$d_{corr} = d - Error_{reg} \quad (2)$$

Donde:

d: Distancia obtenida posterior al ensayo (mm).

$Error_{cron}$: Error de medición obtenido del certificado de calibración (mm).

Una vez efectuadas las correcciones correspondientes, se procederá al cálculo de la velocidad de propagación de llama tanto con los valores originales como con los valores corregidos, en cumplimiento de los lineamientos metodológicos establecidos y como parte del proceso formal de trazabilidad y validación del ensayo.

- **Velocidad de combustión**

Los tiempos y distancias de cada prueba registrada se ingresan en la ecuación normalizada para determinar la velocidad de propagación de la llama:

$$B = \frac{s}{t} \cdot 60 \quad (3)$$

Donde:

B: Velocidad de combustión (mm/min).

s: Distancia recorrida por la llama (mm).

t: Tiempo que recorre la llama (s).

2.6.3.2 Repetibilidad y confiabilidad

Las velocidades corregidas se someterán a un análisis de varianza anidado (ANOVA) mediante la versión estudiante que nos brinda el software Minitab. En el Anexo N° 1 su muestra evidencia de la obtención de esa versión del software. La organización de los datos se realiza mediante la siguiente ficha para facilitar el manejo de los resultados mostrada en la Tabla IX.

Tabla IX
FICHA DE REGISTRO DE DATOS PARA ANÁLISIS ANOVA

Operador	Intento	Parte	Medición (mm/min)
1	1	1	
1	2	1	
2	1	1	
2	2	1	
1	1	2	
1	2	2	
2	1	2	
2	2	2	

- Columna Operador: Se coloca el número correspondiente al ejecutor del ensayo.
- Columna Intento: 1 y 2 correspondientes a los intentos diarios.
- Columna Parte: Números correspondientes a los días de ensayo.
- Columna Medición: Valores correspondientes a las velocidades corregidas.

La tabla se deberá crear con los resultados de las probetas ensayadas, debe ser independiente de cada caso. Este análisis ayuda a separar matemáticamente la variabilidad causada por el factor humano.

- **R&R**

Para evaluar esta característica, el valor R&R del sistema deberá ser menor o igual a 10% en los rangos que se analicen. Al trabajarse con materiales con los cuales la variación entre probetas se considera mínima al presentar condiciones controlada y homogéneas, se enfoca en un análisis de error real asociado al sistema de medición sin considerar la variabilidad como fuente significativa de dispersión

Para ello, el R&R se expresa como Coeficiente de Variación Relativo (%CV), calculado mediante la siguiente ecuación

$$R\&R = \frac{SD}{V_{Promedio}} \cdot 100 \qquad (4)$$

Donde:

SD: Valor de la Precisión absoluta extraída del ANOVA.

$V_{promedio}$: Velocidad media de propagación de las muestras ensayadas.

- **Precisión**

Para evaluar esta característica, se establecerá que el valor más alto obtenido entre la repetibilidad y la reproducibilidad será elegido. Este valor deberá ser menor o igual a 10 m/min para que el método dentro del laboratorio sea aceptado.

- **Incertidumbre expandida**

Para la valoración de esta característica, se calcula la estimación de incertidumbre combinando los factores estadísticos del ensayo. El cumplimiento de este parámetro demuestra que el nivel de duda de las mediciones se encuentra bajo control metrológico, por ello debe cumplir con un valor menor o igual a 10 m/min.

$$U = k \cdot u_C \tag{5}$$

Donde:

U: Incertidumbre Expandida

K: Factor de cobertura.

u_C: Incertidumbre Típica Combinada

Las variables requeridas para la aplicación de la Ecuación 2.4 serán definidos y obtenidos como se indica a continuación:

Incertidumbre típica combinada

La incertidumbre típica combinada integra diferentes fuentes de incertidumbre que permiten estimar la variabilidad del resultado

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \tag{6}$$

Donde:

u_C: Incertidumbre Típica Combinada

u_A: Incertidumbre Tipo A

u_B: Incertidumbre Tipo B

Incertidumbre tipo A

Obtenida de la tabla correspondiente a la evaluación del sistema de medición luego de haber realizado el análisis en el software Minitab. Valor más alto entre Repetibilidad y Reproducibilidad.

Incertidumbre tipo B

Este tipo de incertidumbre asocia diversas fuentes de variación que se puede deber a instrumentos o especificaciones técnicas, permite estimar su influencia en el resultado.

$$u_B = \sqrt{u^2_{cal(reg)} + u^2_{cal(cro)} + u^2_{res(reg)} + u^2_{res(cro)} + u^2_{der(reg)} + u^2_{der(cro)} + u^2_{op(cro)}} \quad (7)$$

Donde:

$u^2_{cal(reg)}$: Incertidumbre de Calibración de la regla.

$u^2_{cal(cro)}$: Incertidumbre de Calibración del cronómetro.

$u^2_{res(reg)}$: Incertidumbre de Resolución de Instrumentos de la regla.

$u^2_{res(cro)}$: Incertidumbre de Resolución de Instrumentos del cronómetro.

$u^2_{der(reg)}$: Incertidumbre por Deriva del Equipo de la regla.

$u^2_{der(cro)}$: Incertidumbre por Deriva del Equipo del cronómetro.

$u^2_{op(cro)}$: Incertidumbre por Error del Operador del cronómetro.

Incertidumbre de calibración

Representa la variabilidad de los valores indicados en los certificados de calibración, permite la confiabilidad metrológica de los equipos.

$$u_{cal} = \frac{U}{k} \quad (8)$$

Donde:

u_{cal}: Incertidumbre de Calibración.

U: Incertidumbre de Calibración proveniente del certificado.

k: Factor de Cobertura.

Incertidumbre de resolución de instrumentos

Se relaciona con la mínima variación de un instrumento empleado en el ensayo, permite estimar la influencia de la capacidad de lectura sobre el equipo.

$$u_{res} = \frac{R}{2\sqrt{3}} \tag{9}$$

Donde:

u_{res}: Incertidumbre de Resolución.

R: Resolución del Equipo. Cronometro de 0.01s [17]. Regla de 1mm [18].

Incertidumbre por deriva del equipo

Se consideran cambios que se pueden generan en las indicaciones del equipo con el paso del tiempo.

$$u_{der} = \frac{\Delta E}{\sqrt{3}} \tag{10}$$

Donde:

u_{der}: Incertidumbre por Deriva del Equipo.

ΔE: Diferencia de errores de calibración.

Incertidumbre por error de operador

Este tipo de incertidumbre toma en cuenta la variabilidad en el resultado que se genera debido a la intervención de una persona al momento de ejecutar los ensayos.

$$u_{op} = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (11)$$

Donde:

u_{op}: Incertidumbre por Error del operador.

a: Tiempo de reacción del Operador. Se usa con α = 0.2s [19].

El resultado será consolidado usando un factor de cobertura, para la Incertidumbre Expandida, de k = 2 [19], [20]. Esto permitirá declarar los resultados con un 95% de nivel de confianza, respaldando la validez técnica de las mediciones emitidas por el laboratorio.

- **Valor p – reproducibilidad**

La evaluación de esta característica se realiza extrayendo el estadístico p directamente de la tabla R&R del modelo ANOVA. El laboratorio establece que si este valor supera el nivel de significancia α= 0.05, la diferencia entre las mediciones no es estadísticamente significativa. Su cumplimiento impedirá el rechazo de la hipótesis nula y certifica metrológicamente que los resultados del ensayo son independientes del operador.

- **Exactitud**

Se emplea un Material de Referencia Certificado, junto con su valor de referencia, y un Material de Referencia con su respectivo valor medido, con el propósito de evaluar el desempeño del ensayo. El valor obtenido deberá ser menor o igual al 10%.

$$\%E = \frac{v_{med} - v_{ref}}{v_{ref}} \cdot 100 \quad (12)$$

Donde:

%E: Porcentaje de Recuperación.

Vmed: Resultados del laboratorio.

Vref: Valor obtenidos por el laboratorio externo.

2.6.4 Validación interlaboratorios

Se ejecuta un ensayo de aptitud para garantizar la veracidad del proceso. Para ello se establecerá contacto técnico con un laboratorio acreditado en Argentina para conocer más sobre el proceso y los lineamientos que se deben seguir y coordinar el envío del Material de Referencia.

Se prepararon lotes de probetas MRC idénticas, cortadas del mismo lote y sometidas al mismo acondicionamiento térmico en Ecuador, enviando posteriormente una hoja de resultados al laboratorio. Una vez que la entidad en Argentina ejecutó los ensayos bajo la misma norma, remitirá sus informes de resultados. Este valor externo será utilizado como el "Valor Referencial" en la ecuación de exactitud, demostrando matemáticamente la precisión del laboratorio universitario.

La validación se considera aprobada una vez que el valor diferencial entre los resultados se encuentra en los rangos dispuestos en los lineamientos respectivos de la Norma ISO/IEC 17043:2023. De acuerdo con la norma, los criterios de interpretación son los siguientes.

- Si $D_{\%} \leq 30$, se obtiene un resultado satisfactorio.
- Si $30 < D_{\%} < 40$, se obtiene un resultado cuestionable.
- Si $D_{\%} \geq 40$, se obtiene un resultado insatisfactorio.

Los valores correspondientes serán calculados a partir de la diferencia porcentual mediante la siguiente ecuación:

- **Diferencia porcentual**

Permite compara los resultados obtenidos en los dos laboratorios y expresa la desviación relativa en términos porcentuales.

$$D_{\%} = \frac{x_i - x_{ref}}{x_{ref}} \cdot 100 \qquad (13)$$

Donde:

X_{ref}: Es el valor reportado por el laboratorio de referencia.

X_i: Es el valor reportado por el laboratorio participante.

2.7 Procesamiento y análisis estadístico

La información verificada en las fases previas se procesa mediante las siguientes directrices matemáticas:

- Velocidad de Propagación (V): Evaluada mediante la Ecuación 2.1, expresada netamente en mm/ min.
- Valor P y Aceptación R&R: Se verifica que el valor p del ANOVA fuese > 0.05 para asegurar la ausencia de diferencias significativas entre los ejecutores del ensayo. El porcentaje total de variación del Gage R&R deberá mantenerse ≤10%.
- Incertidumbre Expandida (U): Consolidada mediante la Ecuación 2.4, buscando un límite ≤10 mm/min.
- Porcentaje de Recuperación (%E): Se calculó el error absoluto entre el promedio validado en el LIM-UTA y el promedio enviado por el laboratorio en Argentina, verificando un cumplimiento ≤10%.

2.8 Resultados esperados

Al finalizar el procesamiento estadístico y el cálculo metrológico analítico, se proyecta alcanzar los siguientes puntos que certifiquen el éxito de la validación del método bajo la Norma ISO 3795:1989:

- Validación de Repetibilidad y Reproducibilidad: Demostrar mediante el Análisis de Varianza en Minitab que la variación total del sistema de medición introducida por los ejecutores del ensayo y los factores temporales es aceptable.
- Estimación de Incertidumbre Controlada: Desarrollar un modelo metrológico confiable donde la Incertidumbre Expandida vinculada a la velocidad de combustión se mantenga dentro de los criterios de aceptación establecidos por el laboratorio.
- Comprobación de Exactitud Internacional: Obtener un porcentaje que se maneje dentro del rango preestablecido al contrastar las tendencias centrales

obtenidas frente al valor referencial proporcionado por el ensayo de aptitud Interlaboratorios coordinado con la entidad internacional.

- Aseguramiento de la Calidad Normativa: Implementar un sistema de respaldo documental y evidencia técnica que permita cumplir de manera íntegra con el requisito de trazabilidad especificado en la Norma NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018, asegurando la confiabilidad y validez industrial de los reportes de flamabilidad emitidos por el laboratorio.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo detalla los resultados experimentales obtenidos durante la validación metrológica de los materiales empleados en la cámara de combustión horizontal del Laboratorio de Investigación Mecánica (LIM) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA). El desarrollo de esta fase investigativa responde a la necesidad imperativa de dar cumplimiento al requisito 6.6.2 de la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018, el cual exige a los laboratorios de ensayo certificar que los materiales utilizados para calibración o validación de métodos sean estables, homogéneos y adecuados para el uso previsto.

3.1 Validación metrológica y confiabilidad

Los datos sin procesar obtenidos en la cámara de combustión no se consideran definitivos debido a la presencia de errores sistemáticos instrumentales. Para garantizar la precisión metrológica, e implementaron dos fases analíticas asociadas al procesamiento de datos y a la evaluación estadística del comportamiento experimental.

3.1.1 Corrección metrológica de datos

Se estructuró una ficha de registro de control, este método permitió organizar de mejor forma las variables de distancia, tiempo de combustión y el cálculo de la velocidad de propagación de la llama para cada una de las probetas correspondientes al Material de Referencia y al Material de Referencia Certificado. Cada medición incluyó la corrección por los errores inherentes a la calibración de los instrumentos, registrando valores de distancia corregida (en milímetros) y tiempo corregido (en segundos).

- Distancia Corregida: La regla industrial presentó un error de -0.16 mm. A partir de la relación matemática descrita en la metodología, se determinó una distancia corregida $d_{corr} = 254.16$ mm, valor que permaneció constante en todas las variantes del ensayo debido a los lineamientos establecidos.
- Tiempo Corregido: El cronómetro digital evidenció un error de +0.0053 s, el cual fue considerado en el ajuste de cada medición experimental obtenida por los ejecutores del ensayo.

Corregidas las variables, se procedió a determinar la velocidad de combustión de cada lote de probetas, obteniendo como resultados una consistencia entre probetas. A continuación, en las Tablas X, XI y XII se presentan las fichas de registro con los datos experimentales obtenidos.

Tabla X
FICHA DE REGISTRO DE RESULTADOS – TEJIDO NAVALEADO (EXTRACTO)

Carrera de Ingeniería Mecánica
Ficha de registro de resultados de ensayo

Información del registro								
Ambato – Ecuador								
Lugar	Laboratorio de Investigación Mecánica			**Máquina**		Camara de Combustión Horizontal		
Ejecutores	Ismael Flores Edwin Herrera			**Revisor**		Ing. Mg. Christian Castro		
Parámetros de Ensayo								
Normativa	ISO 3795							
Tipo de Ensayo	Prueba de Flamabilidad			**Tipo de Material**		Tejido Navaleado		
Dimensiones	356 mm x 100 mm x 13 mm			**N° ítem**		TN – L		
Resultados de Ensayo según la Norma ISO 3795								
N° Probeta	Distancia (mm)	Error de medición	Distancia corregida (mm)	Tiempo (s)	Error de medición	Tiempo corregido (s)	Velocidad (mm/s)	Velocidad corregida (mm/s)
1	254	-0.16	254.16	200.14	0.0053	200.13	76.15	76.20
2	254	-0.16	254.16	214.13	0.0053	214.12	71.17	71.22
3	254	-0.16	254.16	232.07	0.0053	232.06	65.67	65.71
4	254	-0.16	254.16	208.66	0.0053	208.65	73.04	73.09
5	254	-0.16	254.16	205.57	0.0053	205.56	74.14	74.18
6	254	-0.16	254.16	238.97	0.0053	238.96	63.77	63.82
7	254	-0.16	254.16	266.27	0.0053	266.26	57.24	57.27
8	254	-0.16	254.16	230.07	0.0053	230.06	66.24	66.28
9	254	-0.16	254.16	218.18	0.0053	218.17	69.85	69.90
10	254	-0.16	254.16	209.08	0.0053	209.07	72.89	72.94
11	254	-0.16	254.16	197.94	0.0053	197.93	76.99	77.04
12	254	-0.16	254.16	276.76	0.0053	276.75	55.07	55.10



Tabla XI
FICHA DE REGISTRO DE RESULTADOS – GABARDINA RETARDANTE TRANSVERSAL

Carrera de Ingeniería Mecánica
Ficha de registro de resultados de ensayo

Información del registro			
Ambato – Ecuador			
Lugar	Laboratorio de Investigación Mecánica	**Máquina**	Camara de Combustión Horizontal
Ejecutores	Ismael Flores Edwin Herrera	**Revisor**	Ing. Mg. Christian Castro
Parámetros de Ensayo			
Normativa	ISO 3795		
Tipo de Ensayo	Prueba de Flamabilidad	**Tipo de Material**	Tejido Navaleado
Dimensiones	356 mm x 100 mm x 13 mm	**N° ítem**	GA – T

Resultados de Ensayo según la Norma ISO 3795

N° Probeta	Distancia (mm)	Error de medición	Distancia corregida (mm)	Tiempo (s)	Error de medición	Tiempo corregido (s)	Velocidad (mm/s)	Velocidad corregida (mm/s)
1	254	-0.16	254.16	251.04	0.0053	251.03	60.71	60.75
2	254	-0.16	254.16	258.76	0.0053	258.75	58.90	58.93
3	254	-0.16	254.16	254.71	0.0053	254.70	59.83	59.87
4	254	-0.16	254.16	256.77	0.0053	256.76	59.35	59.39
5	254	-0.16	254.16	252.86	0.0053	252.85	60.27	60.31
6	254	-0.16	254.16	250.12	0.0053	250.11	60.93	60.97
7	254	-0.16	254.16	257.02	0.0053	257.01	59.29	59.33
8	254	-0.16	254.16	251.52	0.0053	251.51	60.59	60.63
9	254	-0.16	254.16	251.62	0.0053	251.61	60.57	60.61
10	254	-0.16	254.16	250.71	0.0053	250.70	60.79	60.83
11	254	-0.16	254.16	249.91	0.0053	249.90	60.98	61.02
12	254	-0.16	254.16	256.16	0.0053	256.15	59.49	59.53
13	254	-0.16	254.16	257.13	0.0053	257.12	59.27	59.31
14	254	-0.16	254.16	248.05	0.0053	248.04	61.44	61.48
15	254	-0.16	254.16	251.92	0.0053	251.91	60.50	60.53
16	254	-0.16	254.16	249.31	0.0053	249.30	61.13	61.16

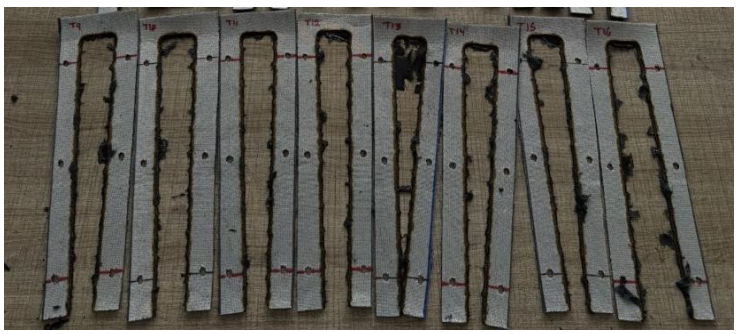


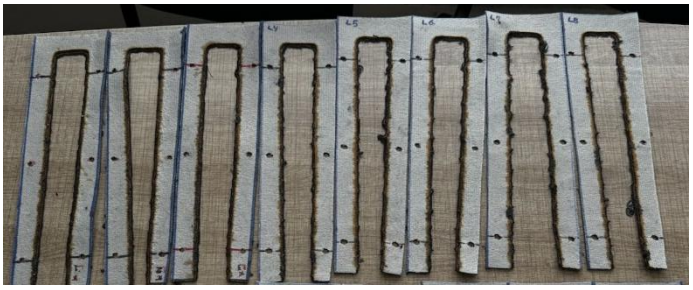
Tabla XII
FICHA DE REGISTRO DE RESULTADOS – GABARDINA RETARDANTE LONGITUDINAL

Carrera de Ingeniería Mecánica
Ficha de registro de resultados de ensayo

Información del registro			
Ambato – Ecuador			
Lugar	Laboratorio de Investigación Mecánica	**Máquina**	Camara de Combustión Horizontal
Ejecutores	Ismael Flores Edwin Herrera	**Revisor**	Ing. Mg. Christian Castro
Parámetros de Ensayo			
Normativa	ISO 3795		
Tipo de Ensayo	Prueba de Flamabilidad	**Tipo de Material**	Tejido Navaleado
Dimensiones	356 mm x 100 mm x 13 mm	**N° ítem**	GA – L

Resultados de Ensayo según la Norma ISO 3795

N° Probeta	Distancia (mm)	Error de medición	Distancia corregida (mm)	Tiempo (s)	Error de medición	Tiempo corregido (s)	Velocidad (mm/s)	Velocidad corregida (mm/s)
1	254	-0.16	254.16	230.92	0.0053	230.91	66.00	66.04
2	254	-0.16	254.16	229.60	0.0053	229.59	66.38	66.42
3	254	-0.16	254.16	225.07	0.0053	225.06	67.71	67.76
4	254	-0.16	254.16	233.48	0.0053	233.47	65.27	65.32
5	254	-0.16	254.16	231.58	0.0053	231.57	65.81	65.85
6	254	-0.16	254.16	230.48	0.0053	230.47	66.12	66.17
7	254	-0.16	254.16	233.30	0.0053	233.29	65.32	65.37
8	254	-0.16	254.16	230.23	0.0053	230.22	66.19	66.24
9	254	-0.16	254.16	232.06	0.0053	232.05	65.67	65.72
10	254	-0.16	254.16	232.30	0.0053	232.29	65.60	65.65
11	254	-0.16	254.16	232.64	0.0053	232.63	65.51	65.55
12	254	-0.16	254.16	228.68	0.0053	228.67	66.64	66.69
13	254	-0.16	254.16	232.82	0.0053	232.81	65.46	65.50
14	254	-0.16	254.16	229.45	0.0053	229.44	66.42	66.46
15	254	-0.16	254.16	230.12	0.0053	230.11	66.23	66.27
16	254	-0.16	254.16	228.67	0.0053	228.66	66.65	66.69



El punto principal de esta etapa consistió en garantizar la trazabilidad de las mediciones hacia patrones nacionales, fortaleciendo la confiabilidad de los resultados obtenidos. Mediante la compensación de las variaciones sistemáticas asociadas a la regla y al cronómetro permitió que las velocidades de combustión calculadas reflejen la respuesta térmica propia del material evaluado, minimizando la influencia de errores instrumentales. Esto permitió disponer de una base de datos corregida y estadísticamente consistente para el análisis.

3.1.2 Repetibilidad, confiabilidad y estudio ANOVA anidado

Dado el carácter destructivo del ensayo, se configuró un Análisis de Varianza Anidado (ANOVA) en Minitab para evaluar las 16 réplicas de cada material certificado y 32 de material de referencia. Este modelo permitió separar la variabilidad de la tela frente a la dispersión introducida por los dos ejecutores.

Para la que la ejecución del análisis sea correcta, fue indispensable estructurar de manera sistemática los datos. A continuación, las Tablas XIII, XIV y XV presentan las fichas de registro metrológico, estas matrices forman las bases de datos principales donde se identificaron las fuentes de variación y se validaron los criterios de repetibilidad y reproducibilidad del método.

Tabla XIII
FICHA DE REGISTRO ANOVA – TEJIDO NAVALEADO (EXTRACTO)

Operador	Intento	Parte	Medición mm/min
1	1	1	76.19
1	2	1	71.21
2	1	1	65.71
2	2	1	73.08
1	1	2	74.18
1	2	2	63.81
2	1	2	57.27
2	2	2	66.28
1	1	3	69.89
1	2	3	72.93
2	1	3	77.04
2	2	3	55.10

Tabla XIV
FICHA DE REGISTRO ANOVA - GABARDINA RETARDANTE TRANSVERSAL

Operador	Intento	Parte	Medición mm/min
1	1	1	60.74
1	2	1	58.93
2	1	1	59.87
2	2	1	59.39
1	1	2	60.30
1	2	2	60.97
2	1	2	59.33
2	2	2	60.63
1	1	3	60.60
1	2	3	60.82
2	1	3	61.02
2	2	3	59.53
1	1	4	59.30
1	2	4	61.47
2	1	4	60.53
2	2	4	61.16

Tabla XV
FICHA DE REGISTRO ANOVA - GABARDINA RETARDANTE LONGITUDINAL

Operador	Intento	Parte	Medición mm/min
1	1	1	66.03
1	2	1	66.41
2	1	1	67.75
2	2	1	65.31
1	1	2	65.85
1	2	2	66.16
2	1	2	65.36
2	2	2	66.23
1	1	3	65.71
1	2	3	65.64
2	1	3	65.55
2	2	3	66.68
1	1	4	65.50
1	2	4	66.46
2	1	4	66.26
2	2	4	66.68

3.1.2.1 Evaluación R&R

La validación del indicador R&R requiere que el error relativo del sistema de medición sea ≤ a 10% en todos los rangos evaluados. Debido a la homogeneidad de los materiales, la variación de Parte a Parte se considera despreciable, por ello, el R&R se determinó con los siguientes cálculos porcentuales correspondientes.

Tabla XVI
RESULTADOS DEL R&R DEL SISTEMA

Código de Ítem	Velocidad Media	Precisión (SD)	R&R Estimado (%CV)
TN – L	66.95 mm/min	6.82 mm/min	10.19%
GA - T	60.29 mm/min	0.90 mm/min	1.50%
GA – L	60.10 mm/min	0.77 mm/min	1.17%

El análisis porcentual del R&R evidenció que el sistema de medición presentó un desempeño adecuado para los rangos evaluados. Como se observa en la Tabla XVI, en los ítems correspondientes a las gabardinas certificadas, se obtuvieron valores de 1.50% y 1,27%, respectivamente, los cuáles se encuentran muy por debajo del límite de aceptación demostrando una baja variabilidad asociada al sistema.

Para el caso del tejido navaleado se obtuvo un valor ligeramente superior al criterio de aceptación, el cual fue 10.19%. No obstante, esta mínima diferencia puede atribuirse a la mayor velocidad de propagación del material, lo que reduce el tiempo de medición y aumenta la influencia tanto del cronometraje o del comportamiento de la llama con el tejido navaleado. Es por lo cual el sistema se puede llegar a considerar confiable y apto para emisión de resultados.

3.1.2.2 Evaluación de la precisión

Para comprobar la precisión del método, conforme con el procedimiento interno del laboratorio, se analizó la dispersión absoluta a partir de la desviación estándar obtenida mediate el modelo de ANOVA. El criterio institucional establece que el valor debe ser ≤ 10 m/min.

A continuación, la Tabla XVII presenta los valores obtenidos:

Tabla XVII
RESULTADOS DE PRECISIÓN DEL SISTEMA

Ítem	Precisión Absoluta Obtenida (SD)
TN – L	6.82 mm/min
GA – T	0.90 mm/min
GA – L	0.77 mm/min

Los resultados obtenidos evidencian el cumplimiento adecuado de las tolerancias establecidas para el método. El valor correspondiente para el tejido navaleado registro un valor equivalente a 0.00682 m/min, cifra dentro del límite permitido.

De igual manera los ítems correspondientes a la gabardina presento valores de 0.90 mm/min y 0.77 mm/min, respectivamente, demostrando la baja dispersión de los resultados. En conjunto, estos datos confirman la estabilidad, la robustez y la confiabilidad del sistema de medición que se emplea dentro del laboratorio.

3.1.2.3 Evaluación de incertidumbre expandida

Al evaluar la incertidumbre permitió cuantificar el nivel de confiabilidad metrológica asociado a los resultados obtenidos en la cámara de combustión horizontal del LIM – UTA.

- Tejido Navaleado – Longitudinal

Se obtuvo una incertidumbre expandida de $U = \pm 13.67$ mm/min evidenciando una dispersión experimental mayor que se asocia con el comportamiento térmico propio del material.

- Gabardina Retardante – Transversal

El análisis determinó una incertidumbre expandida de $U = \pm 1.99$ mm/min reflejando un comportamiento estable y una baja influencia externa, como la de los instrumentos o personas que realizaron el ensayo.

- Gabardina Retardante – Longitudinal

Se observó la menor incertidumbre expandida, correspondiente a $U = \pm 1.74$ mm/min resultado que demuestra una elevada estabilidad metrológica y un excelente control de las variables involucradas en el ensayo.

Los resultados de la estimación de la incertidumbre muestran que el sistema de medición del LIM – UTA controla bien los instrumentos, factores operacionales y humanos durante los ensayos. Se destaca la gabardina retardante longitudinal, ya que su bajo valor de incertidumbre indica la alta repetibilidad y estabilidad en los ensayos.

En resumen, el laboratorio tiene la capacidad metrológica para entrega resultados confiables y que cumplen con los requisitos de la Norma NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018.

3.1.2.4 Evaluación valor p – reproducibilidad

Se evaluó la reproducibilidad del método mediante un análisis ANOVA Anidado en Minitab, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. La hipótesis nula (H_0) estableció que las velocidades de combustión registradas por los diferentes operadores son estadísticamente equivalentes. Como criterio metrológico de aceptación, se requirió obtener valores $Valor_p > \alpha$ (siendo $\alpha = 0.05$), condición que impide el rechazo de H_0 y muestra que la variabilidad relacionada con el factor humano no introduce diferencias significativas en los resultados. Obteniendo así lo valores mostrados en la Fig. 9:

- Tejido Navaleado – Longitudinal: Se obtuvo un Valor p = 0.871, evidenciando una elevada consistencia entre los ejecutores del ensayo.
- Gabardina Retardante – Transversal: El análisis determinó un Valor p = 0.779, manteniéndose por encima del nivel de significancia establecido.
- Gabardina Retardante – Longitudinal: El procesamiento de datos arrojó un Valor p = 0.927, confirmando una mínima variabilidad proveniente de los ejecutores del ensayo.

Gage R&R (Nested) for Medicion mm/min

Source	DF	SS	MS	F	P
Operador	1	0.20	0.1964	0.007761	0.931
Parte (Operador)	14	354.33	25.3090	0.543712	0.871
Repeatability	16	744.78	46.5485		
Total	31	1099.30			

a)

Gage R&R (Nested) for Medicion

Source	DF	SS	MS	F	P
Operador	1	0.18013	0.180129	0.425102	0.539
Parte (Operador)	6	2.54239	0.423732	0.520884	0.779
Repeatability	8	6.50788	0.813486		
Total	15	9.23040			

b)

Gage R&R (Nested) for Medicion

Source	DF	SS	MS	F	P
Operador	1	0.18013	0.180129	0.425102	0.539
Parte (Operador)	6	2.54239	0.423732	0.520884	0.779
Repeatability	8	6.50788	0.813486		
Total	15	9.23040			

c)

Fig. 9: Resultados de reproducibilidad mediante análisis ANOVA anidado: a) Tejido Navaleado – Longitudinal, b) Gabardina Retardante – Transversal, c) Gabardina Retardante – Longitudinal

En vista que todos los valores calculados fueron mayores al punto de referencia de 0.05, se acepta la hipótesis nula (H_0) para todas las muestras analizadas. En consecuencia, se demuestra que la variabilidad asociada al factor humano es estadísticamente despreciable y que las instrucciones aplicadas en los ensayos se encuentran correctamente estandarizadas.

3.1.2.5 Evaluación de la exactitud

La evaluación de exactitud permitió determinar el grado de aproximación de los resultados obtenidos experimentalmente en función de los valores de referencia asignados para cada material. Como criterio metrológico de aceptación, se estableció un Porcentaje de Error Relativo (%E) menor o igual al 10%, límite definido por el manual de control de calidad del laboratorio para validar el desempeño analítico del método.

- Tejido Navaleado – Longitudinal:

El análisis estadístico determinó un porcentaje de error relativo de $\%E = 1.55\%$ resultado que evidencia elevada coincidencia entre el valor experimental y el valor de referencia, confirmando un error analítico mínimo.

- Gabardina Retardante – Transversal:

Se registró un porcentaje de error relativo de $\%E = 8.75\%$ valor que, aunque representa la mayor desviación, permanece dentro del límite máximo permisible del estudio que es del 10%. Este comportamiento puede asociarse a aspectos como la disposición de las fibras, la cual puede generar irregularidades térmicas durante la propagación de la llama.

- Gabardina Retardante – Longitudinal:

El método alcanzó un porcentaje de error relativo de $\%E = 2.80\%$ demostrando un elevado nivel de exactitud y una respuesta térmica altamente estable del material en dirección longitudinal.

Los resultados obtenidos se situaron satisfactoriamente por debajo del límite de aceptación del 10% con el que trabaja el laboratorio, validando la exactitud del método implementado en el LIM-UTA. Los bajos porcentajes de error obtenidos demuestran que el sistema experimental mantiene controlado el error sistemático y posee la capacidad de generar resultados confiables para procesos de evaluación y validación metrológica.

3.1.2.6 Comprobación estadística de la homogeneidad

- **Análisis grafica de componentes de variación**

El análisis de Componentes de Variación permitió determinar la distribución de la variabilidad presente en el sistema de medición aplicado a los ítems estudiados: TN – L, GA – T y GA – L. En los tres reportes generados por el software, la contribución correspondiente al Total Gage R&R concentró prácticamente el 100% de la varianza total, mientras que la variación Part – to – Part fue nula o cercana a 0%.

Este resultado evidencia la homogeneidad del material textil evaluado, ya que demuestra que las probetas obtenidas de un mismo lote presentan un comportamiento térmico prácticamente idéntico. La Fig. 10 muestra que, técnicamente, la ausencia de variabilidad entre probetas confirma que los materiales usados tienen suficiente estabilidad estructural y uniformidad superficial suficientes para ser considerados aptos en la validación interna y control metrológico bajo los criterios de la Norma NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018.

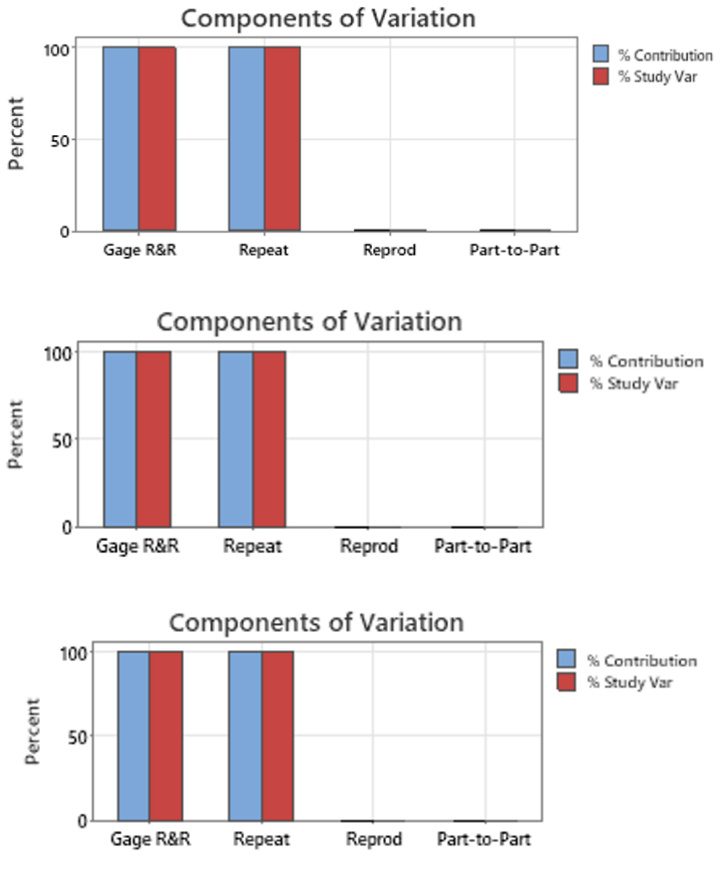
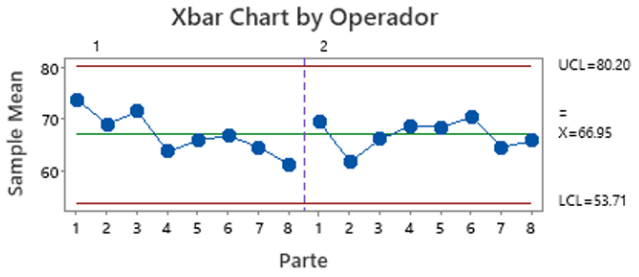


Fig. 10: Gráficas de componentes de variación del sistema: a) Tejido Navaleado - Longitudinal, b) Gabardina Retardante – Transversal, c) Gabardina Retardante – Longitudinal

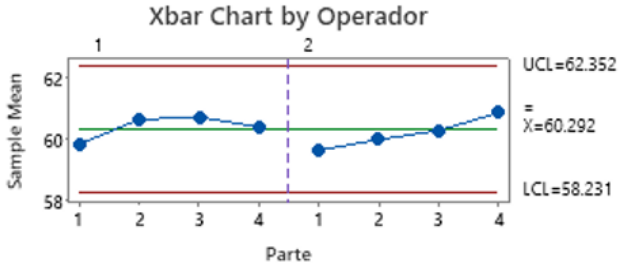
- **Análisis grafica xbarra por operador**

Para conocer el comportamiento promedio de las velocidades de combustión registradas en cada probeta evaluada, se analizaron las gráficas Xbarra. En los tres modelos procesados, todos los puntos se mantuvieron dentro de los Límites de Control Superior e Inferior (UCL y LCL), y no se detectaron tendencias anómalas ni puntos fuera de control.

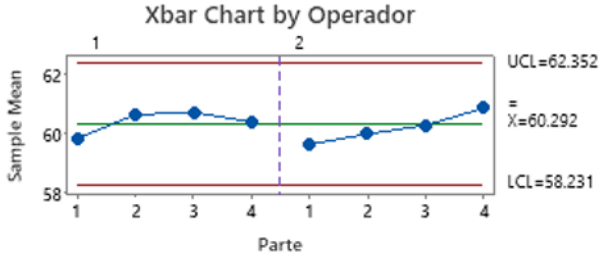
La permanencia de todos los puntos dentro de las bandas de control, como se logra observar en la Fig. 11, confirma la estabilidad térmica del material frente a la acción de la llama. Ninguna probeta presentó aceleraciones abruptas ni retardos significativos durante la propagación de combustión, evidenciando que el comportamiento termo – físico del tejido se mantiene uniforme a lo largo del ensayo. Este resultado respalda la consistencia experimental requerida para la validación de Materiales de Referencia conforme al numeral 6.6.2 de la Norma NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018.



a)



b)



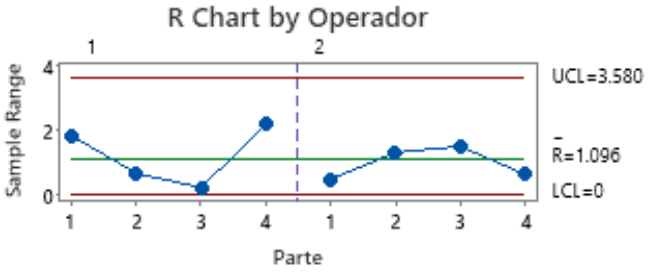
c)

Fig. 11: Gráficas de medias por operador: a) Tejido Navaleado – Longitudinal, b) Gabardina Retardante – Transversal, c) Gabardina Retardante – Longitudinal

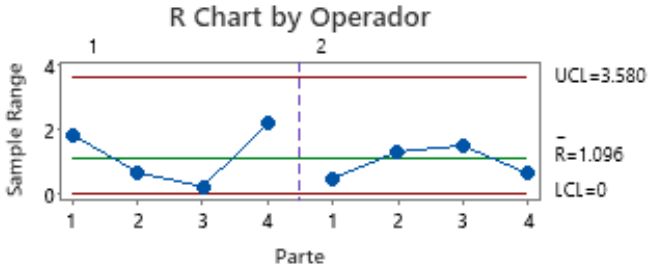
- **Análisis de la gráfica de rangos por operador**

En la Fig.12, las gráficas R mostraron la dispersión individual de cada ejecutor en los ensayos replicados. En los tres estudios, los rangos estuvieron siempre por debajo del Límite de Control Superior (UCL), y no se detectaron puntos fuera de control ni patrones erráticos.

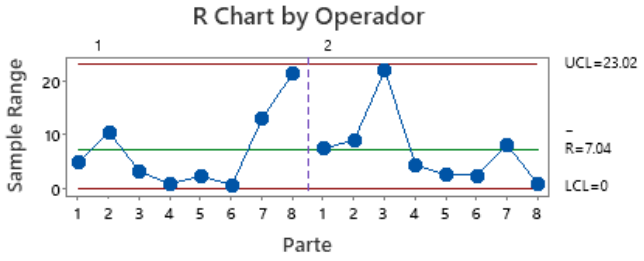
Los resultados evidencian que la variabilidad atribuible al factor humano sigue siendo mínima y despreciable. Esto confirma que las actividades operativas asociadas al seguimiento visual del frente de llama y al accionamiento del cronómetro fueron ejecutadas bajo condiciones estandarizadas, garantizando la repetibilidad y reproducibilidad del método de ensayo. En consecuencia, el factor operador no constituye una fuente significativa de incertidumbre en la determinación metrológica del laboratorio.



a)



b)



c)

Fig. 12: Gráfica de rangos por operador: a) Tejido Navaleado – Longitudinal, b) Gabardina Retardante – Transversal, c) Gabardina Retardante – Longitudinal

3.2 Validación interlaboratorios

Con el fin de verificar la veracidad del proceso dentro del LIM – UTA, se realizó una evaluación externa de aptitud técnica. Se participó en el programa bilateral internacional de código ILT-U-651 (Anexo N°5), coordinado por el organismo acreditado Interlaboratory Test (ILT) de Argentina.

Bajo los lineamientos metrológicos establecidos por la entidad internacional, la validación se ejecutó exclusivamente utilizando la Gabardina Retardante en sentido transversal. Esta orientación representa la condición más exigente de propagación de llama. Las probetas idénticas fueron enviadas físicamente a Argentina, donde se ensayaron bajo la Norma ISO 3795:1989.

El desempeño se calculó empleando la ecuación de Diferencia Porcentual (D%), comparando el valor oficial del LIM-UTA y el referencial determinado por el ILT:

$$D_{\%} = \left|\frac{60.111 - 55.44}{55.44}\right| \times 100$$

$$D_{\%} = 8.43\%$$

ISO 3795				
DETERMINACIÓN	**RESULTADO DEL PARTICIPANTE**	**RESULTADO DE REFERENCIA**	**% DIFERENCIA**	**VEREDICTO**
Inflamabilidad (Promedio)	60.111	55,44	8,43 %	SATISFACTORIO

Fig. 13: Evaluación internacional

Después de obtener los resultados finales se estableció el cumplimiento del límite de diferencia porcentual definido por la Norma ISO/IEC 17043:2023, correspondiente a $D_{\%} \leq 30.0\%$. El resultado obtenido para el ensayo fue de 8.43%, valor inferior al límite máximo permisible. Por lo tanto, el informe emitido por el organismo internacional ILT, mostrado en la Fig. 13, concluyó un desempeño "SATISFACTORIO", confirmando que el método desarrollado por el LIM – UTA presenta un nivel de precisión y confiabilidad equivalente a estándares internacionales.

3.3 Discusión general

La integración coherente de todos los resultados empíricos obtenidos durante la investigación conforma el soporte técnico – documental necesario parar demostrar el cumplimiento de los criterios de trazabilidad y control requeridos dentro del sistema de ensayos con los que trabaja el laboratorio.

Las evidencias experimentales permiten dar cumplimiento integral a las exigencias establecidas por los organismos de control:

- Trazabilidad metrológica: Las correcciones de errores en los instrumentos a los datos eliminó cualquier fallo asociado al equipo, con ellos se garantizó la fiabilidad desde el principio del ensayo.
- Precisión y capacidad del sistema (R&R): El sistema de medición presentó un rendimiento dentro de los rangos establecidos, con una precisión de 0,00682 m/min, que es inferior al límite reglamentario de 10 m/min. Asimismo, la repetibilidad y reproducibilidad relativa se encontraron dentro del límite de aceptación del 10 %, lo que confirma un control estricto de la variabilidad.
- Precisión y reproducibilidad analíticas: El modelo estadístico ANOVA anidado determino porcentajes confiables, con errores de hasta 1,55 %. Además, la independencia de la prueba respecto de los factores humanos se confirmó con un valor de $p > 0,05$, lo que respalda la estandarización operativa del personal técnico.
- Adecuación estructural y homogeneidad: El análisis del componente de variación y la interpretación de los gráficos de Minitab confirmaron la uniformidad y la estabilidad térmica de los lotes de probetas evaluados.
- Validación externa: La calificación de «SATISFACTORIO» otorgada por el laboratorio asociado en Argentina respalda la competencia técnica y el rendimiento de la cámara de combustión en condiciones críticas de propagación transversal de la llama.

Como resultado de la trazabilidad metrológica demostrada, el Laboratorio de Investigación Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato certifica que el tejido Navaleado (MR) y la Gabardina Retardante (MRC) cumplen con los criterios de adecuación y homogeneidad requeridos para su uso como patrones de calibración. De este modo, se satisface el requisito 6.6.2 de la norma NTE INEN – ISO/IEC 17025:2018, lo que refuerza la solidez técnica del laboratorio.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se determinó que los criterios requeridos para la caracterización de materiales de referencia en ensayos de flamabilidad son la trazabilidad metrológica, la homogeneidad, la exactitud, la repetibilidad, la reproducibilidad y la aptitud del material para el uso previsto, conforme al requisito 6.6.2 de la Norma NTE INEN–ISO/IEC 17025:2018. Asimismo, se estableció como soporte documental necesario la utilización de certificados de calibración de la regla y el cronómetro, registros de resultados de ensayo, fichas de control metrológico, análisis estadísticos ANOVA y R&R, así como los procedimientos normalizados basados en la Norma ISO 3795:1989, permitiendo demostrar la confiabilidad y validez técnica del material de referencia utilizado en el LIM-UTA.
- Los ensayos de flamabilidad realizados conforme a la Norma ISO 3795:1989 permitieron caracterizar el tejido navaleado y la gabardina retardante como material de referencia y material de referencia candidato, obteniéndose velocidades medias de combustión de 66,95 mm/min para el tejido navaleado, 60,29 mm/min para la gabardina retardante transversal y 66,10 mm/min para la gabardina retardante longitudinal. La trazabilidad metrológica fue garantizada mediante la aplicación de correcciones de -0,16 mm en distancia y +0,0053 s en tiempo, mientras que la confiabilidad del método se validó a través de porcentajes de error relativo de 1,55 %, 8,75 % y 2,80 %, todos inferiores al límite de aceptación del 10 %. Adicionalmente, el análisis ANOVA, el estudio R&R y las evaluaciones de homogeneidad demostraron una adecuada repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medición, confirmando la estabilidad y uniformidad de los materiales evaluados para su utilización en el control metrológico del LIM-UTA.
- La validación interlaboratorios realizada mediante el programa internacional ILT-U-651 confirmó la aptitud técnica del LIM-UTA para la ejecución de ensayos de inflamabilidad, al obtener una diferencia porcentual de 8,43 %,

valor inferior al límite de aceptación del 30 % establecido para la evaluación. El veredicto "SATISFACTORIO" emitido por el organismo acreditado Interlaboratory Test evidenció que los resultados generados por el laboratorio son comparables con estándares internacionales y cumplen los requisitos de confiabilidad exigidos para este tipo de ensayos.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda mantener y actualizar periódicamente la documentación técnica y metrológica asociada a los ensayos de inflamabilidad, incluyendo procedimientos normalizados, registros de control, certificados de calibración y análisis estadísticos, con el fin de asegurar el cumplimiento continuo de los requisitos establecidos en la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018 y fortalecer la trazabilidad de los resultados generados en el LIM-UTA.
- Es importante ampliar la caracterización de materiales de referencia mediante la evaluación de nuevos materiales textiles utilizados en la industria automotriz, aplicando la misma metodología de validación metrológica, análisis de homogeneidad y estudios de repetibilidad y reproducibilidad, con el propósito de incrementar la disponibilidad de materiales de referencia para el control de calidad y la verificación periódica del sistema de medición.
- Es oportuno que el LIM-UTA participe de manera periódica en programas de comparación interlaboratorios y ensayos de aptitud nacionales e internacionales, con el fin de monitorear continuamente su desempeño técnico, fortalecer la confiabilidad de sus resultados y mantener evidencia objetiva de su competencia técnica frente a estándares internacionales.

BIBLIOGRAFÍA

[1] J. López, M. Andrade, y P. Villacís, “Evaluación del sistema de gestión en un laboratorio de ensayos conforme a ISO/IEC 17025:2018”, *Revista Conectividad*, vol. 6, núm. 3, pp. 45–58, 2023.

[2] R. Pérez, L. Gómez, y F. Castillo, “Implementación de la calidad en laboratorios de ensayo bajo la norma ISO/IEC 17025”, *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, vol. 8, núm. 2, pp. 112–125, 2022.

[3] D. Morales y P. Cárdenas, “Evaluación de la incertidumbre de medición en laboratorios de ensayo”, *Revista Politécnica*, vol. 45, núm. 1, pp. 67–75, 2023.

[4] A. Torres y C. Mendoza, “Inflamabilidad de materiales utilizados en vehículos de transporte”, *Revista Técnica Automotriz*, 2020.

[5] J. D. Guanoluisa Guamán y D. F. Jara Pérez, “Validación de método analítico para el ensayo de inflamabilidad en componentes de carrocerías de buses bajo la normativa ISO 3795”, Cuenca, Ecuador, 2021. [En línea]. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20282

[6] Y. Wang, H. Li, y Z. Chen, “Development of Multifunctional Flame-Retardant Gel Coatings for Automotive Applications”, *Coatings*, vol. 13, núm. 2, p. 345, 2023, doi: 10.3390/coatings13020345.

[7] L. Herrera y J. Castro, “Ensayos de inflamabilidad y comportamiento térmico de materiales poliméricos”, *Revista de Ingeniería de Materiales*, vol. 12, núm. 1, pp. 25–34, 2021.

[8] S. Martínez, “Flammability Testing of Materials: Principles and Methods”, *Materials Science Journal*, 2022.

[9] A. Softić, N. Zaimović-Uzunović, y H. Bašić, “Proficiency Testing and Interlaboratory Comparisons in Laboratory for Dimensional Measurement”, *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, vol. 16, núm. 1, pp. 115–118, 2012, [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/236017678_Proficiency_Testing_an

d_Interlaboratory_Comparisons_in_Laboratory_for_Dimensional_Measurement

[10] H. G. Liedberg, “Interlaboratory Comparisons (Proficiency Testing) among Calibration Laboratories - Compliance with ISO/IEC 17043”, 2026, [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/404845066_Interlaboratory_comparisons_Proficiency_Testing_among_calibration_laboratories_-_compliance_with_ISOIEC_17043

[11] D. Villacís y M. Cedeño, “Evaluación del sistema de gestión en un laboratorio de ensayos de cables eléctricos conforme a la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018”, *Revista Conectividad*, vol. 6, núm. 1, pp. 45–58, 2025.

[12] A. P. Morales y J. L. Sánchez, “Estudio de los índices de inflamabilidad en materiales interiores isotrópicos utilizados en vehículos para transporte de pasajeros”, 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/items/d74f9b36-5b2a-4c9b-8bed-8528ed24cb97

[13] R. E. Lyon, “Measuring the Fire Growth Potential of Combustible Solids Using a Cone Calorimeter”, *J. Fire Sci.*, vol. 42, núm. 6, 2024, doi: 10.1177/07349041241263507.

[14] P. Kaczmarzyk, P. Lesiak, Ł. Warguła, y K. Waluś, “Flammability Tests of Materials Used Inside Automotive Vehicles According to PN-ISO 3795 Requirements”, *AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, vol. 23, núm. 6, pp. 1–10, 2021.

[15] M. Kovářová, P. Martinka, y R. Kačíková, “The Effect of Flame Retardants on the Fire Technical Characteristics of Recycled Textiles”, *J. Eng. Fiber. Fabr.*, vol. 18, 2023, doi: 10.1177/15280837231202526.

[16] A. Danihelová, “The Effect of Flame Retardants on the Fire Technical Characteristics of Recycled Textiles”, *J. Eng. Fiber. Fabr.*, vol. 18, 2023, doi: 10.1177/15280837231202526.

[17] J. C. Gust, R. M. Graham, y M. A. Lombardi, “Stopwatch and Timer Calibrations”, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg,

MD, USA, 2009. [En línea]. Disponible en: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication960-12e1.pdf

[18] U. of Mississippi, “Appendix A: Measurement and Uncertainty”, Department of Physics and Astronomy, Oxford, MS, USA. [En línea]. Disponible en: https://www.phy.olemiss.edu/~thomas/weblab/215_lab_items/35_215_APPENDIX__A.pdf

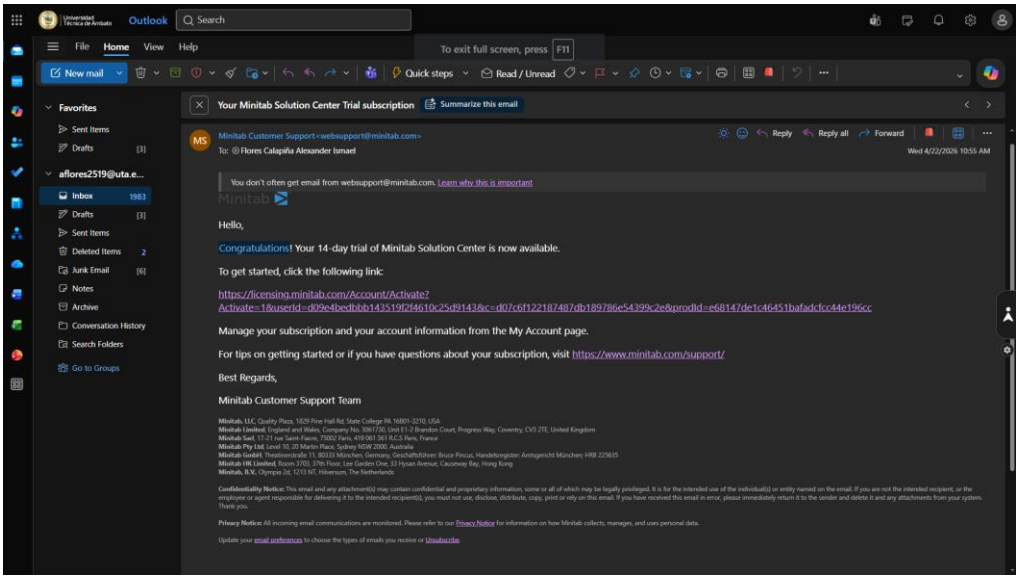
[19] N. I. of S. and Technology, “NIST Handbook 105-5: Specifications and Tolerances for Field Standard Stopwatches”, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA. [En línea]. Disponible en: https://www.nist.gov/document/105-5pdf

[20] J. C. for G. in Metrology, “Evaluation of Measurement Data—Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement”, JCGM, Sèvres, France, 2008. [En línea]. Disponible en: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_100_2008_E.pdf

[21] L. L. C. Minitab, “Minitab Statistical Software”, *Minitab, LLC, State College, PA, USA*. [En línea]. Disponible en: https://www.minitab.com/

ANEXOS

Anexo N° 1: Fotografías





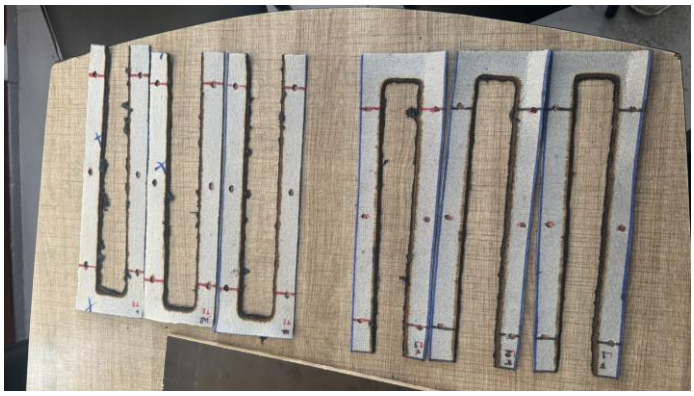


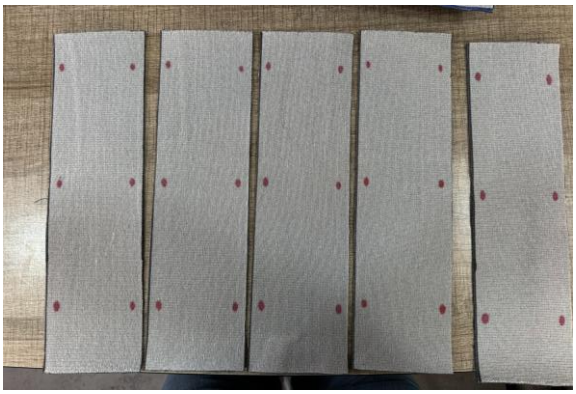

ATLAS
FIRE SCIENCE PRODUCTS
HORIZONTAL FLAME CHAMBER




ADEUCARPI
ADEUCARPI







Anexo N° 2: Norma ISO 3795:1989

INTERNATIONAL STANDARD

ISO 3795

Second edition
1989-10-15

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

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

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

ISO 3795:1989
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0ee076fc-4dea-4c92-be59-1f51f006471e/iso-3795-1989

Reference number
ISO 3795 : 1989 (E)

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

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

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

International Standard ISO 3795 was prepared jointly by Technical Committees ISO/TC 22, *Road vehicles*, and ISO/TC 23, *Tractors and machinery for agriculture and forestry*.

ISO 3795:1989
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0ec0766b-4dca-4c92-bc59-1f51f006471e/iso-3795-1989

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

© ISO 1989
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Organization for Standardization
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Switzerland
Printed in Switzerland

Introduction

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

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

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

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

ISO 3795:1989
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0ad7f5fe-41ae-4c92-be59-1f51f006471e/iso-3795-1989

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

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

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

1 Scope

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

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

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

2 Normative reference

The following standard contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the edition indicated was valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the standard indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

ISO 2768-1: 1989, *General tolerances — Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications.*

3 Definitions

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

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

It is expressed in millimetres per minute.

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

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

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

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 3795:1989
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0ec076fe-4dea-4c92-be59-05a8b9b7e6ae/iso-3795-1989

4 Principle

A sample is held horizontally in a U-shaped holder and is exposed to the action of a defined low energy flame for 15 s in a combustion chamber, the flame acting on the free end of the sample. The test determines if and when the flame extinguishes or the time in which the flame passes a measured distance.

5 Apparatus

5.1 Combustion chamber (see figure 1), preferably of stainless steel and having the dimensions given in figure 2. The front of the chamber contains a flame-resistant observation window, which may cover the front and which can be constructed as an access panel.

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

The chamber may have a hole at one end for the introduction of the sample holder containing the sample; in the opposite end, a hole is provided for the gas line. Melted material is caught in a pan (see figure 3) which is placed on the bottom of the chamber between vent holes without covering any vent hole area.

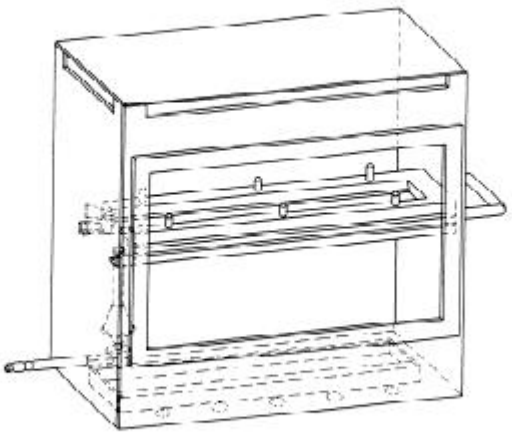


Figure 1 — Example of combustion chamber with sample holder and drip pan

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Dimensions in millimetres
Tolerances according to ISO 2768-1

ISO 3795:1989
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0ee076fc-4dca-4c92-be59-1451f006471a/iso-3795-1989

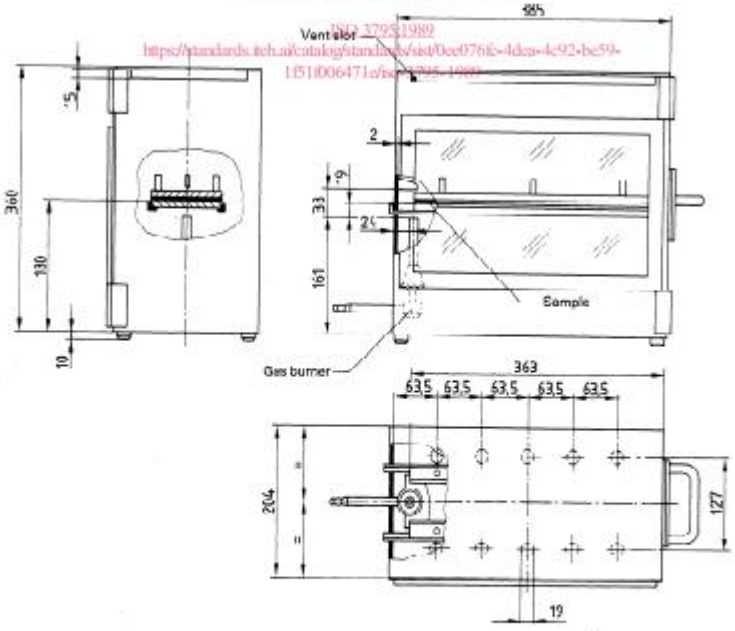


Figure 2 — Example of combustion chamber

Dimensions in millimetres
Tolerances according to ISO 2768-1

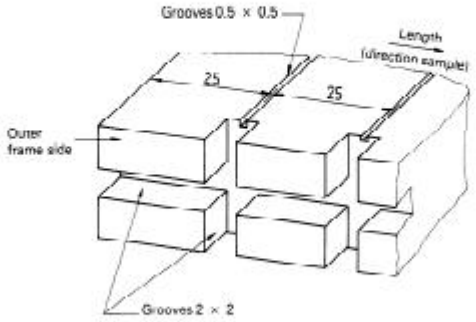


Figure 5 — Example of section of lower U-frame design for wire support facility

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

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

5.7 Fume cupboard. The combustion chamber may be placed in a fume cupboard assembly provided that the internal volume is at least 20 times, but not more than 110 times, greater than the volume of the combustion chamber and provided that no single height, width, or length dimension of the fume cupboard is greater than 2,5 times either of the other two dimensions.

Before the test, the vertical velocity of the air through the fume cupboard shall be measured 100 mm in front of and behind the final position where the combustion chamber will be located. It shall be between 0,1 m/s and 0,3 m/s in order to avoid possible discomfort, by combustion products, to the operator. It is possible to use a fume cupboard with natural ventilation and an appropriate air velocity.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 3795:1989
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0ee076fc-4dea-4c92-be59-
bf4f0f8471e/iso-3795-1989

6 Samples

6.1 Shape and dimensions

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

Dimensions in millimetres

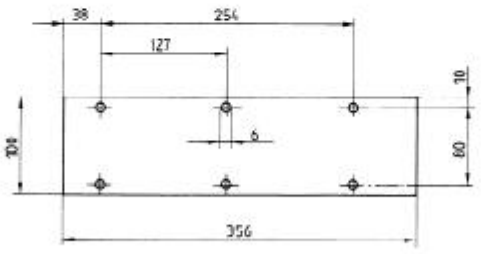


Figure 6 — Sample

Dimensions in millimetres
Tolerances according to ISO 2768-1

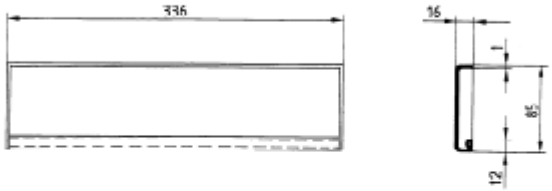


Figure 3 — Typical drip pan

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

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

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

The plane of the lower side of samples shall be 178 mm above the floor plate. The distance of the front edge of the sample holder from the end of the chamber shall be 22 mm; the distance of the longitudinal sides of the sample holder from the sides of the chamber shall be 50 mm (all inside dimensions). (See figures 1 and 2.)

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

5.4 Test gas. The gas supplied to the burner shall have a calorific value of approximately 38 MJ/m^3 (for example natural gas).

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 3795:1989
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0ee076fc-4dea-4c92-be59-1f51f006471e/iso-3795-1989

Dimensions in millimetres
Tolerances according to ISO 2768-1 if not otherwise indicated

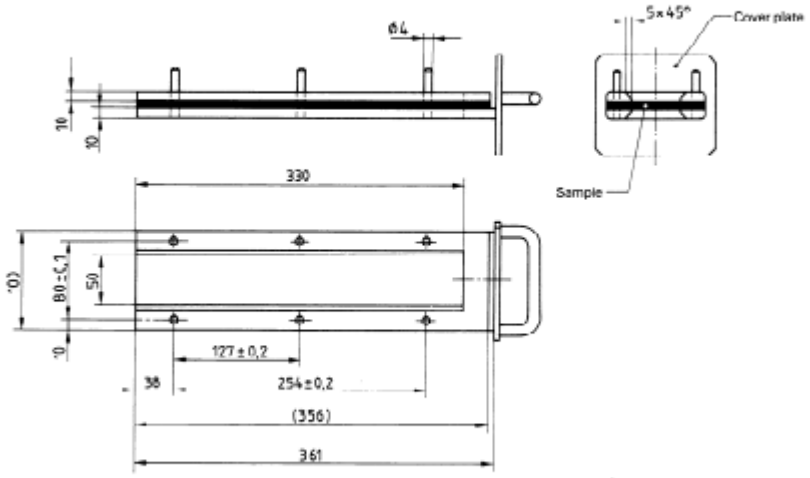


Figure 4 — Example of sample holder

Anexo N° 3: Norma NTE – INEN – ISO/IEC – 17025:2018

Servicio Ecuatoriano de Normalización

Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN-ISO/IEC 17025

Tercera edición
2018-04

REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN (ISO/IEC 17025:2017, IDT)

GENERAL REQUIREMENTS FOR THE COMPETENCE OF TESTING AND CALIBRATION LABORATORIES (ISO/IEC 17025:2017, IDT)

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adopción idéntica de la traducción oficial de la Norma Internacional ISO/IEC 17025:2017.

ICS: 03.120.20

33
Páginas

© ISO/IEC 2017 – Todos los derechos reservados
© INEN 2018 para la adopción nacional

Prólogo nacional

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración* es una adopción idéntica de la traducción oficial al español de la Norma Internacional ISO/IEC 17025:2017, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. El comité nacional responsable de la adopción idéntica de esta Norma Internacional es el Comité Técnico de Normalización, *Evaluación de la conformidad*.

Esta NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018 (Tercera edición) reemplaza a la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 (Segunda edición)

A continuación, se enlista los documentos normativos internacionales que se referencian en la Norma Técnica ISO/IEC 17025:2017 y los documentos normativos nacionales correspondientes:

Documento Normativo Internacional	Documento Normativo Nacional
Guía ISO/IEC 99, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*	GPE INEN-ISO/IEC 99:2014, *Vocabulario internacional de metrología — Conceptos fundamentales y generales y términos asociados (VIM)* (ISO/IEC 99:2007, IDT)
ISO/IEC 17000, *Evaluación de la conformidad — Vocabulario y principios generales*	NTE INEN-ISO/IEC 17000:2006, *Evaluación de la conformidad — Vocabulario y principios generales* (ISO/IEC 17000:2012, IDT)

© ISO/IEC 2017 – Todos los derechos reservados
© INEN 2018 para la adopción nacional

NORMA INTERNACIONAL

ISO/IEC 17025

Traducción oficial
Official translation
Traduction officielle

Tecera edición
2017-11

Versión corregida
2018-03

Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración

General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais

Publicado por la Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza, como traducción oficial en español avalada por el *Translation Management Group*, que ha certificado la conformidad en relación con las versiones inglesa y francesa.

Número de referencia
ISO/IEC 17025:2017
(traducción oficial)
© ISO/IEC 2017



DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© ISO/IEC 2017. Publicado en Suiza

Reservados los derechos de reproducción. Salvo prescripción diferente, o requerido en el contexto de su implementación, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún medio, electrónico o mecánico, incluidos el fotocopiado, o la publicación en Internet o una Intranet, sin la autorización previa por escrito. La autorización puede solicitarse a ISO en la siguiente dirección o al organismo miembro de ISO en el país solicitante.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Ginebra, Suiza
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Versión española publicada en 2017

Índice

Página

Prólogo v
Prólogo de la versión en español vii
Introducción viii
1 Objeto y campo de aplicación 1
2 Referencias normativas 1
3 Términos y definiciones 1
4 Requisitos generales 3
4.1 Imparcialidad 3
4.2 Confidencialidad 4
5 Requisitos relativos a la estructura 4
6 Requisitos relativos a los recursos 5
6.1 Generalidades 5
6.2 Personal 6
6.3 Instalaciones y condiciones ambientales 6
6.4 Equipamiento 7
6.5 Trazabilidad metrológica 9
6.6 Productos y servicios suministrados externamente 10
7 Requisitos del proceso 10
7.1 Revisión de solicitudes, ofertas y contratos 10
7.2 Selección, verificación y validación de métodos 12
7.2.1 Selección y verificación de métodos 12
7.2.2 Validación de los métodos 12
7.3 Muestreo 13
7.4 Manipulación de los ítems de ensayo o calibración 14
7.5 Registros técnicos 15
7.6 Evaluación de la incertidumbre de medición 15
7.7 Aseguramiento de la validez de los resultados 16
7.8 Informe de resultados 16
7.8.1 Generalidades 16
7.8.2 Requisitos comunes para los Informes (ensayo, calibración o muestreo) 17
7.8.3 Requisitos específicos para los informes de ensayo 18
7.8.4 Requisitos específicos para los certificados de calibración 18
7.8.5 Información de muestreo – requisitos específicos 19
7.8.6 Información sobre declaraciones de conformidad 19
7.8.7 Información sobre opiniones e interpretaciones 20
7.8.8 Modificaciones a los informes 20
7.9 Quejas 20
7.10 Trabajo no conforme 21
7.11 Control de los datos y gestión de la información 21
8 Requisitos del sistema de gestión 22
8.1 Opciones 22
8.1.1 Generalidades 22
8.1.2 Opción A 23
8.1.3 Opción B 23
8.2 Documentación del sistema de gestión (Opción A) 23

8.3 Control de documentos del sistema de gestión (Opción A) 23
8.4 Control de registros (Opción A) 24
8.5 Acciones para abordar riesgos y oportunidades (Opción A) 24
8.6 Mejora (Opción A) 25
8.7 Acciones correctivas (Opción A) 25
8.8 Auditorías internas (Opción A) 26
8.9 Revisiones por la dirección (Opción A) 26

Anexo A (informativo) **Trazabilidad metrológica** 28

Anexo B (informativo) **Opciones de sistemas de gestión** 30

Bibliografía 32

Anexo N° 4: Norma NTE INEN – ISO/IEC 17043:2010

CON LICENCIA DE USO PARA UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO, POR INEN
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000193713/ DESCARGADO: 2023-02-02
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO/IEC 17043:2011

NÚMERO DE REFERENCIA ISO/IEC 17043:2010 (ES)

FECHA DE CONFIRMACIÓN: 2020-07-06

EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD — REQUISITOS GENERALES PARA LOS ENSAYOS DE APTITUD.

Primera Edición

CONFORMITY ASSESSMENT — GENERAL REQUIREMENTS FOR PROFICIENCY TESTING.

First Edition

DESCRIPTORES: Servicios, organización, gestión y calidad de la empresa, calidad, certificación de producto y de empresa, evaluación de la conformidad, ensayos de aptitud, requisitos.

FD 03.05-447
CDU: 658.562.3:159.98
CIIU: 8329
ICS: 03.120.20

CON LICENCIA DE USO PARA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, POR INEN
NÚMERO DE ORDEN [illegible] 2013-02-02
AUTORIZACIÓN [illegible] PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

NORMA INTERNACIONAL

ISO/IEC 17043

Traducción oficial
Official translation
Traduction officielle

Primera edición
2010-02-01

Evaluación de la conformidad — Requisitos generales para los ensayos de aptitud

Conformity assessment — General requirements for proficiency testing

Évaluation de la conformité — Exigences générales concernant les essais d'aptitude

Publicado por la Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza, como traducción oficial en español avalada por el *Translation Management Group*, que ha certificado la conformidad en relación con las versiones inglesa y francesa.

Número de referencia
ISO/IEC 17043:2010
(traducción oficial)

© ISO 2010

CON LICENCIA DE USO PARA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, POR INEN
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000193713/ DESCARGADO: 2023-02-02
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

PDF – Exoneración de responsabilidad

Este fichero PDF puede contener fuentes incrustadas. De acuerdo con las condiciones de licencia de Adobe, este fichero puede imprimirse o visualizarse, pero no se debe editar a menos que el equipo informático empleado para ello tenga instaladas dichas fuentes con su licencia correspondiente. Al descargar este fichero, las partes implicadas aceptan la responsabilidad de no infringir las condiciones de licencia de Adobe. La Secretaría Central de ISO rehúsa cualquier responsabilidad sobre esta cuestión.

Adobe es una marca registrada de Adobe Systems Incorporated.

Los detalles relativos al software utilizado para crear este fichero PDF están disponibles en la sección *Información general* relativa al mismo. Los parámetros de creación del PDF se han optimizado para la impresión. Se han adoptado todas las medidas para garantizar que el fichero es apropiado para su uso por los organismos miembros de ISO. En el improbable caso de que se encuentre un problema al respecto, sírvase comunicarlo a la Secretaría Central en la dirección indicada a continuación.



DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© ISO 2010

Reservados los derechos de reproducción. Salvo prescripción diferente, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún medio, electrónico o mecánico, incluidos el fotocopiado y la microfilmación, sin la autorización por escrito recibida de ISO en la siguiente dirección o del organismo miembro de ISO en el país solicitante.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publicado en Suiza

CON LICENCIA DE USO PARA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, POR INEN
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-0001937131/ DESCARGADO: 2023-02-02
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

Índice

Página

Prólogo iv
Prólogo de la versión en español v
Introducción vi
1 Objeto y campo de aplicación 1
2 Referencias normativas 1
3 Términos y definiciones 1
4 Requisitos técnicos 4
4.1 Generalidades 4
4.2 Personal 5
4.3 Equipos, instalaciones y medio ambiente 6
4.4 Diseño de los programas de ensayos de aptitud 6
4.5 Elección del método o procedimiento 11
4.6 Operación de los programas de ensayos de aptitud 11
4.7 Análisis de datos y evaluación de los resultados del programa de ensayos de aptitud 13
4.8 Informes 14
4.9 Comunicación con los participantes 16
4.10 Confidencialidad 16
5 Requisitos de gestión 17
5.1 Organización 17
5.2 Sistema de gestión 18
5.3 Control de los documentos 19
5.4 Revisión de los pedidos, las ofertas y los contratos 20
5.5 Subcontratación de servicios 20
5.6 Compra de servicios y de suministros 21
5.7 Servicio al cliente 21
5.8 Quejas y apelaciones 22
5.9 Control de trabajo no conforme 22
5.10 Mejora 22
5.11 Acciones correctivas 22
5.12 Acciones preventivas 23
5.13 Control de los registros 24
5.14 Auditorías internas 25
5.15 Revisiones por la dirección 25
Anexo A (informativo) Tipos de programas de ensayos de aptitud 27
Anexo B (informativo) Métodos estadísticos para ensayos de aptitud 32
Anexo C (informativo) Selección y uso de los ensayos de aptitud 39
Bibliografía 43

Traducción oficial/Official translation/Traduction officielle
© ISO 2010 — Todos los derechos reservados

CON LICENCIA DE USO PARA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, POR INEN
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000193713/ DESCARGADO: 2023-02-02
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

Prólogo

ISO (Organización Internacional de Normalización) e IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) forman el sistema especializado para la normalización mundial. Los organismos nacionales miembros de ISO e IEC participan en el desarrollo de las Normas Internacionales por medio de comités técnicos establecidos por la organización respectiva, para atender campos particulares de la actividad técnica. Los comités técnicos de ISO e IEC colaboran en campos de interés mutuo. Otras organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO e IEC, también participan en el trabajo. En el campo de la evaluación de la conformidad, el Comité de ISO para la evaluación de la conformidad (CASCO) es responsable del desarrollo de Normas y Guías Internacionales.

Las Normas Internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

Los Proyectos de Normas Internacionales se envían a los organismos miembros para votación. La publicación como Norma Internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros que emiten voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO e IEC no se hacen responsables de la identificación de dichos derechos de patente.

La Norma ISO/IEC 17043 ha sido preparada por el *Comité de ISO para la evaluación de la conformidad* (CASCO).

Fue circulada para su voto a los organismos nacionales tanto de ISO como de IEC, y fue aprobada por ambas organizaciones.

Esta primera edición de la Norma ISO/IEC 17043 anula y sustituye a la Guía ISO/IEC 43-1:1997 y a la Guía ISO/IEC 43-2:1997, que han sido revisadas técnicamente.

Traducción oficial/Official translation/Traduction officielle
© ISO 2010 — Todos los derechos reservados

Anexo N° 5: Informe Final – ILT Interlaboratory Test

PRUEBAS DE COMPETENCIA POR COMPARACIONES INTERLABORATORIAS

ILT-U-651

DETERMINACIONES EN TEXTILES

PROGRAMA BILATERAL

REPORTE FINAL

Marzo 2026

info@ptinterlaboratory.com // www.ptinterlaboratory.com

ILT
Interlaboratory Test

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 3
2. CODIGO DE PARTICIPACIÓN: 3
3. OBJETIVO 3
4. PARÁMETROS MEDIDOS 3
5. MÉTODO UTILIZADO 3
6. INSTRUCCIONES PARA LA PRUEBA 3
7. NORMAS DE ENSAYO 5
8. MUESTRA 5
9. VALOR ASIGNADO 5
10. PARTICIPANTE 6
11. CONFIDENCIALIDAD 6
12. RESULTADOS 6
13. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS 7
14. ORGANIZACIÓN 7
15. CONCLUSIONES 7
16. CONFIRMACIÓN 8
17. SUGERENCIAS, QUEJAS Y APELACIONES 8

1. INTRODUCCIÓN

Las normas internacionales, como la ISO/IEC 17043:2023, definen la prueba de competencia como la determinación del rendimiento de una prueba de laboratorio por medio de comparaciones entre laboratorios.

El propósito del programa es evaluar el desempeño de los laboratorios participantes, sobre la base de evidencia objetiva a través de los resultados que producen e informar a ***ILT – Interlaboratory Test*** como proveedor de pruebas de competencia.

La participación en esta prueba de competencia está abierta a laboratorios acreditados y no acreditados en todo el mundo.

2. CODIGO DE PARTICIPACIÓN:

N/A.

3. OBJETIVO

El objetivo de este programa de ensayos de aptitud **ILT-U-651** es la realización de la determinación de la inflamabilidad en una muestra de tejido textil.

4. PARÁMETROS MEDIDOS

DETERMINACIÓN	MÉTODO
Inflamabilidad	*ISO 3795*

5. MÉTODO UTILIZADO

Los laboratorios participantes utilizaron el método descrito en la norma **ISO 3795** y fueron descritos en el instructivo. La prueba debe realizarse en condiciones normales de rutina y el técnico responsable debe completar el formulario de resultado.

6. INSTRUCCIONES PARA LA PRUEBA

Las siguientes notas son importantes para asegurar que los resultados del programa se puedan analizar correctamente:

1. Los participantes reciben una muestra de tejido textil.
2. Las muestras se pueden ensayar de inmediato una vez que se reciben. Estas deben tratarse de la misma manera que las muestras analizadas de forma rutinaria.
3. Los participantes deberán realizar las determinaciones de a curdo a la norma ISO 3795.

4. Los participantes también deben calcular e informar una estimación de la incertidumbre de medición para cada resultado reportado. Todas las estimaciones de la incertidumbre de medición deben expresarse como un intervalo de confianza del 95 % (factor de cobertura k≈2)
5. De conformidad con los requisitos de la norma ISO/IEC 17025, los participantes deben calcular e informar la incertidumbre asociada a los resultados de las pruebas. El método de estimación de la incertidumbre debe basarse en la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición (GUM).
6. Registre los resultados en el formulario adjunto. Debe detallar cada resultado para la determinación correspondiente. Agregue la información que considere. (Incluya las unidades si es necesario).
7. Los participantes deben asegurarse de que el equipo se utilice en condiciones en las que los operadores hayan sido capacitados y calificados para evitar o minimizar posibles fuentes de error.
8. **Importante:** Las muestras presentadas para esta evaluación de impacto ambiental (PEA) no deben devolverse en ninguna circunstancia, ya sea que estén completas, analizadas o parcialmente analizadas. ILT no se responsabiliza de los resultados si se incumple esta condición
9. Enviar la planilla con los resultados a: test@ptinterlaboratory.com.

Los resultados del ensayo deberán estar tipeados (no se tomarán como válidos los resultados enviados escritos a mano).

La fecha límite para el envío de los resultados de ensayo será de 20 días hábiles a partir de la fecha de recepción de la muestra.

El transporte y la distribución no deben alterar las características a medir. En el caso contrario por favor comunicarse con el coordinador del programa antes de iniciar los ensayos.

FORMULARIO DE RESULTADOS

Fecha del análisis:

DETERMINACIÓN	ESPECÍMEN	RESULTADOS [mm/min]
Inflamabilidad	1	
	2	
	3	
	4	

	5
	Promedio

Observaciones:

7. NORMAS DE ENSAYO

Fueron tomados como estándar de referencia:

ISO 3795: *"Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry — Determination of burning behaviour of interior materials"*.

8. MUESTRA

ILT- Interlaboratory Test ha seleccionado una muestra de tejido textil.

MUESTRA PARA EL ENSAYO



9. VALOR ASIGNADO

Los valores asignados de los diferentes parámetros se obtuvieron del laboratorio de referencia.

DETERMINACIÓN	ESPECÍMEN	RESULTADOS [mm/min]
Inflamabilidad	1	55,74
	2	55,54

	3	55,52
	4	55,22
	5	55,16
	Promedio	55,44

10. PARTICIPANTE

Universidad Técnica de Ambato.

11. CONFIDENCIALIDAD

ILT - Interlaboratory Test se compromete a no divulgar a terceros o instituciones el contenido de ningún documento relacionado con el participante, ni sus resultados en el proceso de ensayos.

12. RESULTADOS

Los resultados fueron proporcionados por el participante.

DETERMINACIÓN	ESPECÍMEN	RESULTADOS [mm/min]
Inflamabilidad	1	59.352
	2	60.270
	3	60.930
	4	59.294
	5	60.707
	Promedio	60.111

Observaciones:
Los ensayos se llevaron a cabo en la dirección transversal a la orientación de las fibras.

13. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos por el laboratorio participante deben evaluarse como consistentes o inconsistentes con respecto a los valores de referencia. En las determinaciones cualitativas, se aplicarán las disposiciones de la norma ISO / IEC 17043, punto B.4.2.1. En el caso de las determinaciones cuantitativas, se aplicará la ecuación B2 del punto B.4.1.3 "Diferencia Porcentual $D_{\%}$".

La diferencia porcentual "$D_{\%}$", se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$D_{\%} = \left| \frac{x_i - X_{ref}}{X_{ref}} \right| \cdot 100$$

Donde:

- X_{ref} es el valor reportado por el laboratorio de referencia.
- x_i es el valor reportado por el laboratorio participante.

La interpretación convencional de los resultados cualitativos es la siguiente (véase ISO/IEC 17043:2023, punto B.4.1.3):

- Si $|D_{\%}| \leq 30$, el resultado indica un rendimiento satisfactorio y no genera ninguna señal.
- Si $30 < |D_{\%}| < 40$, el resultado indica un rendimiento cuestionable y genera una señal de advertencia.
- Si $|D_{\%}| \geq 40$, el resultado indica un rendimiento insatisfactorio y genera una señal de acción.

ISO 3795				
DETERMINACIÓN	**RESULTADO DEL PARTICIPANTE**	**RESULTADO DE REFERENCIA**	**% DIFERENCIA**	**VEREDICTO**
Inflamabilidad (Promedio)	60.111	55,44	8,43 %	SATISFACTORIO

14. ORGANIZACIÓN

Proveedor de pruebas de competencia: **ILT - Interlaboratory Test**

Coordinador: **Ing. Tulio A. Palacios** (test@ptinterlaboratory.com).

Consultoría técnica: **Ing. Tulio A. Palacios.**

14.1. ACTIVIDADES SUBCONTRATADAS

Consultoría estadística: **Ing. Eduardo J. Rodríguez.**

15. CONCLUSIONES

La evaluación del rendimiento de ***Universidad Técnica de Ambato*** se realizó de acuerdo con los criterios ISO/IEC 17043.

El programa de pruebas de aptitud realizado mediante comparaciones bilaterales determinó que todas las mediciones se completaron con éxito en conformidad con la norma ***ISO 3795.***

Nota explicativa sobre el uso de este informe:

Este informe refleja exclusivamente el desempeño de los participantes en el contexto de este ejercicio de evaluación de competencias, según las condiciones establecidas por ILT.

Los resultados aquí presentados no deben interpretarse como certificación, acreditación ni validación general de la competencia técnica. Asimismo, queda prohibido el uso de este documento con fines promocionales, comerciales o publicitarios sin el consentimiento expreso de ILT.

Cualquier mal uso o interpretación errónea del contenido será responsabilidad exclusiva del participante.

16. CONFIRMACIÓN

Los participantes deben confirmar por correo electrónico a test@ptinterlaboratory.com la recepción de este informe.

17. SUGERENCIAS, QUEJAS Y APELACIONES

Los participantes que tengan sugerencias, quejas y apelaciones referidas a este servicio de prueba de Interlaboratorios de ***ILT - Interlaboratory Test***, deben ingresar a nuestro sitio web www.ptinterlaboratory.com, hacer clic en **"SUGERENCIAS"** y elegir **"Tipo de sugerencias"**.



Ing. Tulio A. Palacios
ILT - Interlaboratory Test Coordinador

FIN DEL INFORME

Anexo N° 6: Certificado de Calibración de Regla

ELICROM

Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LC 10-009
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

ilac-MRA ACCREDITED

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° M-CGC-3492-059-25

Cliente: *Customer*	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM - UTA
Dirección: *Address*	AV. LOS CHASQUIS S/N Y RIO PAYAMINO
Teléfono: *Phone Number*	2400428
Persona de Contacto: *Contact Person*	Ing Gonzalo Naranjo
Objeto: *Item*	REGLA

Escanee este QR y encuentre:
Etiqueta electrónica
Certificados originales en pdf
Histórico de intervenciones
Documentos relevantes, manuales, fotografías

Marca: *Manufacturer*	FENIX
Modelo[1]: *Model*	NO ESPECIFICA
No. de Serie[1]: *Serial Number*	NO ESPECIFICA
Identificación: *Identification*	IM-30RL03-A
Ubicación del Objeto[1]: *Item Location*	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA
Fecha de Recepción: *Date of Receipt*	2025-10-07
Fecha de Calibración: *Calibration Date*	2025-10-07
Próxima Fecha de Calibración: *Due Date*	-
Técnico Responsable: *Responsible Technician*	Dilan Lopez

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el cliente y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva o exactitud de medición.

This calibration certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)

In order to ensure measurements, the customer and/or user is responsible for defining the calibration period according to the manufacturer's recommendation, use, drift analysis or measurement accuracy.

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2025-10-14
Person authorizing / Date of Issue

Gerente Técnico

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=1103187462-030625142241, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2025-10-14 15:34:39

Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom - Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom - Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Incertidumbre de medida
Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k, que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor k, which for a t (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%

Equipamiento Utilizado
Equipment Used

Identificación *ID Number*	Nombre *Name*	Marca *Manufacturer*	Modelo *Model*	No. de Serie *Serial Number*	Vence Cal. *Due Date*	Nº Certificado *Nº Certificate*
EL.PC.091	CINTA METRICA DE 15 M	STARRET	TS510-15M	33730	2027-02-21	1-F4Y3U-20-1
EL.PT.1643	LUPA DE MEDICIÓN BRINELL	PRECISIÓN	SCOPE- 20X	1112354	2025-11-13	CGC-6988-007-24
EL.PT.595	BARÓMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	1081	160458374	2026-05-29	CGC-3010-032-25
EL.PT.632	TERMOHIGROMETRO	CENTER	342	161004518	2026-03-21	CGC-1492-019-25

ELICROM

Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LC 10-009
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° M-CGC-3492-059-25

Calibración
Calibration

Clase: *Class*	NO ESPECIFICA
Unidad de Medida *Unit of Measurement*	cm
Resolución: *Resolution*	0,1 cm
Intervalo de Medición[2]: *Measurement Range*	30 cm
Lugar de Calibración: *Calibration Site*	Laboratorio De Longitud (Elicrom)
Método de Calibración: *Calibration Method*	Comparación Directa Con Cinta Métrica Y Retícula Patrón
Documento de Referencia: *Reference Document*	CEM DI-011:2010 (Edición Digital 1)
Procedimiento de Calibración: *Calibration Procedure*	PEC.EL.37
Condiciones Ambientales: *Environmental Conditions*	Temperatura del Aire *Air Temperature* 20,4 °C ± 0,1 °C Humedad Relativa del Aire *Air Relative Humidity* 51,2 %hr ± 0,7 %hr Presión Atmosférica *Atmospheric Pressure* 1010 hPa ± 0 hPa

Observaciones
Observations

[1] Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.
[2] Información tomada de las especificaciones del objeto de calibración (proporcionada por el fabricante).

[1] Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.
[2] Information taken from the specifications of the calibration item (provided by the manufacturer).

Declaración de Trazabilidad Metrológica
Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del NPL (National Physical Laboratory – Reino Unido) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through NPL (National Physical Laboratory – United Kingdom) or other National Metrology Institutes (NMIs).

Resultados de la Calibración
Calibration Results

Valor Nominal *Nominal Value*	Resultado *Result*	Error de Medición (e) *Measurement Error (e)*	Incertidumbre (U) *Uncertainty (U)*	Factor de Cobertura (k) *Coverage factor*
cm	cm	cm	cm	
2	2,005	-0,005	0,058	2,00
4	4,010	-0,010	0,058	2,00
5	5,010	-0,010	0,058	2,00
6	6,005	-0,005	0,058	2,00
9	9,010	-0,010	0,058	2,00
15	15,013	-0,013	0,058	2,00
18	18,008	-0,008	0,058	2,00
21	21,006	-0,006	0,058	2,00
24	24,011	-0,011	0,058	2,00
27	27,016	-0,016	0,058	2,00
30	30,009	-0,009	0,058	2,00

Notas
Notes

- El resultado se refiere al valor real obtenido por el sistema de calibración en cada valor nominal.
- El resultado y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).

- *Result refers to the actual value obtained by the calibration system at each nominal value.*
- *Result and measurement error (best estimate of the true value) are shown with the same number of digits as the reported uncertainty (see GUM 7.2.6).*

Modificaciones al Certificado de Calibración
Amendments to the Calibration Certificate

Este certificado reemplaza en su totalidad al Certificado de Calibración: CGC-3492-059-25
This certificate fully replaces the Calibration Certificate:

Los cambios realizados en el presente documento y en referencia al certificado emitido originalmente fueron los siguientes:
Changes made in this document and in reference to the originally issued certificate were as follow:

Se actualiza código del equipo.

FO.PEC.37-02 Rev. 13

Anexo N° 7: Certificado de Calibración del Cronómetro

ELICROM

Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017

ilac-MRA ACCREDITED

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3492-057-25

Cliente: *Customer*	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM - UTA
Dirección: *Address*	AV. LOS CHASQUIS S/N Y RIO PAYAMINO
Teléfono: *Phone Number*	2400428
Persona de Contacto: *Contact Person*	Ing Gonzalo Naranjo
Objeto: *Item*	CRONÓMETRO

Escanee este QR y encuentre:
Etiqueta electrónica
Certificados originales en pdf
Histórico de Intervenciones
Documentos relevantes, manuales, fotografías

Marca: *Manufacturer*	SPER SCIENTIFIC
Modelo: *Model*	810033
No. de Serie(1): *Serial Number*	NO ESPECIFICA
Identificación: *Identification*	DP-60CR02-D
Ubicación del Objeto(1): *Item Location*	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA
Fecha de Recepción: *Date of Receipt*	2025-10-07
Fecha de Calibración: *Calibration Date*	2025-10-07
Próxima Fecha de Calibración: *Due Date*	-
Técnico Responsable: *Responsible Technician*	Anthony Bajaña

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el cliente y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva o exactitud de medición.

This calibration certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)

In order to ensure measurements, the customer and/or user is responsible for defining the calibration period according to the manufacturer's recommendation, use, drift analysis or measurement accuracy.

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2025-10-08
Person authorizing / Date of Issue

Gerente Técnico

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=1103187462-030625142241, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2025-10-08 06:54:04

Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3492-057-25

Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom - Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom - Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Incertidumbre de medida
Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k, que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor k, which for a t (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%

Equipamiento Utilizado
Equipment Used

Identificación *ID Number*	Nombre *Name*	Marca *Manufacturer*	Modelo *Model*	No. de Serie *Serial Number*	Vence Cal. *Due Date*	Nº Certificado *Nº Certificate*
EL.PC.046	CRONÓMETRO PATRÓN	CASIO	HS-80TW	606Q11R	2026-09-13	LTF-C-111-2023
EL.PT.365	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	190601459	2026-03-21	CGC-1492-020-25

Calibración
Calibration

Intervalo de Medición[2]: *Measurement Range*	9 h 59 min 59,99 s	
Resolución: *Resolution*	0,01	
Lugar de Calibración: *Calibration Site*	Laboratorio De Eléctrica Y Óptica (Elicrom)	
Método de Calibración: *Calibration Method*	Comparación Directa Con Cronómetro Patrón	
Documento de Referencia: *Reference Document*	CEM TF-003:2000 (Edición 0)	
Procedimiento de Calibración: *Calibration Procedure*	PEC.EL.06	
Condiciones Ambientales: *Environmental Conditions*	Temperatura del Aire *Air Temperature*	23,2 °C ± 0,3 °C
	Humedad Relativa del Aire *Air Relative Humidity*	56,9 %hr ± 1,1 %hr

Observaciones:
Observations

[1] Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.
[2] Información tomada de las especificaciones del objeto de calibración (proporcionada por el fabricante).

[1] Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.
[2] Information taken from the specifications of the calibration item (provided by the manufacturer).

Declaración de Trazabilidad Metrológica
Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del INACAL (Instituto Nacional de Calidad – Perú) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through INACAL (National Quality Institute – Peru) or other National Metrology Institutes (NMIs).

Resultados de la Calibración
Calibration Results

Valor de Prueba *Test Value*	Indicación Ítem *Item Reading*	Indicación Patrón *Standard Reading*	Error de Medición (e) *Measurement Error (e)*	Incertidumbre (U) *Uncertainty (U)*	Factor de Cobertura (k) *Coverage factor*
s	s	s	s	s	
5	5,15	5,1530	-0,0030	0,0067	2,03
15	15,19	15,1920	-0,0020	0,0067	2,03
30	30,10	30,1010	-0,0010	0,0067	2,03
60	60,18	60,1819	-0,0019	0,0067	2,03
120	120,22	120,2189	0,0011	0,0067	2,03
300	300,25	300,2447	0,0053	0,0067	2,03
600	600,37	600,3554	0,0146	0,0067	2,03
1200	1200,32	1200,3108	0,0092	0,0067	2,03
1800	1800,24	1800,2233	0,0167	0,0067	2,03
2700	2700,22	2700,2014	0,0186	0,0068	2,03
3600	3600,34	3600,3165	0,0235	0,0068	2,03
5400	5400,45	5400,4138	0,0362	0,0069	2,03
7200	7200,31	7200,2581	0,0519	0,0071	2,03

Nota
Note

La indicación del patrón y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).

The standard reading and measurement error (best estimate of the true value) are shown to the same number of digits as the reported uncertainty (see GUM 7.2.6).