



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

TEMA:

**“AUTOMATIZACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE
INFLAMABILIDAD VERTICAL DE MATERIALES TEXTILES UTILIZADOS
EN EL INTERIOR DE LAS CARROCERÍAS”**

AUTOR: Edison Daniel Saquina Guachamboza

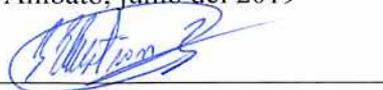
TUTOR: Ing. Mg. Christian Castro

AMBATO - ECUADOR

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del proyecto técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“AUTOMATIZACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD VERTICAL DE MATERIALES TEXTILES UTILIZADOS EN EL INTERIOR DE LAS CARROCERÍAS”** elaborado por el señor **Edisson Daniel Saquina Guachamboza**, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, **CERTIFICO** que el presente proyecto técnico es original de su autor, ha sido revisado cada uno de sus capítulos y está concluido en su totalidad.

Ambato, junio del 2019



Ing. Mg. Christian Castro

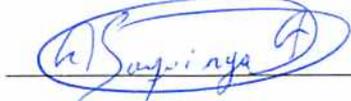
DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORÍA DEL TRABAJO

Declaro que los criterios expresados en el presente proyecto técnico denominado: **“AUTOMATIZACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD VERTICAL DE MATERIALES TEXTILES UTILIZADOS EN EL INTERIOR DE LAS CARROCERÍAS”**, así como también las ideas, análisis, conclusiones son auténticas y de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor del presente proyecto.

Ambato, junio del 2019

EL AUTOR



Edisson Daniel Saquina Guachamboza

CI: 180531844-9

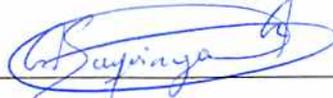
DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, que haga de este Proyecto Técnico parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación según las normas de la institución.

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

Ambato, junio del 2019

EL AUTOR



Edisson Daniel Saquina Guachamboza

CI: 180531844-9

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por el egresado Edison Daniel Saquina Guachamboza de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: **“AUTOMATIZACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD VERTICAL DE MATERIALES TEXTILES UTILIZADOS EN EL INTERIOR DE LAS CARROCERÍAS”**.

Ambato, junio del 2019

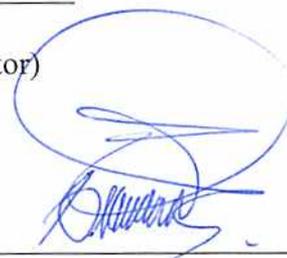
Para constancia firman:



Ing. Mg. Christian Castro (Tutor)



Ing. Mg. Mauricio Carrillo



Ing. Mg. Cristian Pérez

DEDICATORIA

Concluido el presente proyecto técnico de titulación quiero dedicar el mismo a mis padres Julio Saquina, María Guachamboza por darme la vida y por su apoyo incondicional en mis fracasos y triunfos.

También dedico este trabajo a la señora Teresa Freire, a sus hijos, la señora Patricia Tamayo, el Ing. Rómulo Tamayo y la señora Jacqueline Tamayo, que depositaron su confianza en mí, para que fuese un profesional, ya gracias a sus consejos y apoyo incondicional en mis triunfos y fracasos han permitido que fuere posible este logro en mi vida.

De igual manera a mis hermanas Susana, Patricia, Mirian y Julia Saquina por su total apoyo y confianza, además a mis amigos y compañeros de clase que supieron apoyarme a cumplir con esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por darme la vida, por bendecirme siempre y permitir compartir momentos inolvidables con amigos y compañeros de clase.

Un agradecimiento infinito a la señora Teresa Freire y a la señora Patricia Tamayo y a toda su familia que supieron apoyarme económicamente para cumplir con esta etapa en mi vida, y lo más importante por sus sabios consejos y apoyo incondicional que permitieron enfocarme en las cosas más valiosas de la vida.

De igual manera agradezco a mis padres y a mis hermanas por su apoyo y consejos que han sido de gran ayuda en el transcurso de mi vida y mi carrera universitaria.

Agradezco a todos mis profesores que supieron compartir sus conocimientos y experiencias para que en un futuro no muy lejano podamos ser profesionales de calidad. De manera especial quiero agradecer al Ing. Christian Castro y al Ing. Mauricio Carrillo que me han ayudado para culminar con este proyecto y cumplir con esta etapa de mi vida.

Al mismo tiempo quiero agradecer al Ing. Gustavo Patín que más que un profesor se ha convertido en un amigo que ha sabido aconsejarme y apoyarme.

También quiero agradecer a la Universidad Técnica de Ambato, la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Mecánica que me ha permitido formarme profesionalmente, convirtiéndose en mi segundo hogar, ya que en sus instalaciones y con la ayuda de sus docentes aprendí todo lo que hoy se para convertirme en un profesional.

Finalmente quiero agradecer a mis compañeros y compañeras con quienes hicimos deberes, proyectos y compartimos momentos inolvidables en la universidad, también quiero agradecer a mis amigos que siempre me han apoyado, a los ayudantes de laboratorio y a una gran amiga como es Marilyn Riera.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Marco teórico	7
1.3.1 Automatización de procesos	7
1.3.2 Sistema de Control	7
1.3.3 Sistema de control a lazo cerrado.....	8
1.3.4 Sensores	9
1.3.5 Variables o señales analógicas	9
1.3.6 Variables o señales digitales	9
1.3.7 Variables o señales	10
1.3.8 PLC's	10
1.3.9 Arduino	12
1.3.10 Ensayo de Inflamabilidad.....	13
1.3.11 Equipo utilizado en el ensayo de inflamabilidad horizontal	13

1.3.12	Equipo utilizado en el ensayo de inflamabilidad vertical	15
1.3.13	Resultados a obtener en el ensayo de inflamabilidad.....	16
1.3.14	Índice de Inflamabilidad	16
1.3.15	Materiales utilizados en el interior de carrocerías.....	17
1.3.16	Materiales textiles	17
1.3.17	Materiales compuestos	18
1.3.18	Método ordinal corregido de criterios ponderados	19
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....		21
2.1	Materiales	21
2.1.1	Materiales a utilizar en el proceso automatización	21
2.1.2	Materiales a utilizar en el proceso de ensayo de inflamabilidad.....	21
2.2	Métodos	22
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		26
3.1	Análisis y Discusión de Resultados.....	26
3.1.1	Condiciones del equipo	26
3.1.2	Establecer los parámetros de control	30
3.1.3	Selección de alternativas	30
3.1.4	Montaje de los componentes seleccionados en el equipo	57
3.1.5	Manual de mantenimiento de los componentes de control	64
3.2	Ejecución de ensayos de inflamabilidad.....	75
3.2.1	Manual uso de la máquina de ensayo de inflamabilidad vertical.....	75
3.2.2	Ensayos realizados en la cámara automatizada.....	88
3.2.3	Índice de inflamabilidad.....	90
3.2.4	Índice de carbonización y promedio de longitud y ancho máximo de carbonización	97
3.2.5	Flama remanente	101
3.2.6	Análisis del comportamiento térmico de los materiales ensayados. ..	102

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
4.1 Conclusiones	107
4.2 Recomendaciones	108
Referencias bibliográficas	109
ANEXOS	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.3.1: Diagrama de bloque de un sistema de control a lazo cerrado.	8
Figura 1.3.2: Diagrama de bloque de un sistema de control a lazo cerrado.	8
Figura 1.3.3: Forma de las señales analógicas.	9
Figura 1.3.4: Forma de las señales digitales en periodos de muestreo.	10
Figura 1.3.5: Forma de las señales “todo o nada”.	10
Figura 1.3.6: PLC’s Siemens.	11
Figura 1.3.7: Placa de Arduino MEGA 2560.	12
Figura 1.3.8: Cámara de combustión horizontal.	14
Figura 1.3.9: Dimensiones de la cámara de combustión horizontal.	14
Figura 1.3.10: Cámara de combustión vertical.	15
Figura 1.3.11: Tipos de fibras textiles.	18
Figura 2.2.1: Organigrama de la metodología aplicada para el cumplimiento de los objetivos.	25
Figura 3.1.1: Cámara de inflamabilidad vertical.	27
Figura 3.1.2: Porta muestras.	28
Figura 3.1.3: Mechero bunsen.	29
Figura 3.1.4: Prueba de funcionamiento de la cámara de inflamabilidad vertical.	29
Figura 3.1.5: Bujía de encendido de cocina eléctrica.	35
Figura 3.1.6: Módulo con las bujías de encendido de calefón.	36
Figura 3.1.7: Válvula proporcional solenoide.	40
Figura 3.1.8: Válvula solenoide ON/OFF.	41
Figura 3.1.9: Sensor de flama YG1006.	45
Figura 3.1.10: Sensor de flama KY-026.	45
Figura 3.1.11: Servo motor Sg90.	49
Figura 3.1.12: Servo motor MG996R.	49
Figura 3.1.13: Módulo MLX90614.	53
Figura 3.1.14: Termocupla tipo K con módulo MAX 6675.	54
Figura 3.1.15: Estado inicial de la cámara de ensayo de inflamabilidad vertical.	57
Figura 3.1.16: Quemador bunsen sobre la base de madera.	58
Figura 3.1.17: Conexión de la válvula solenoide al mechero.	58
Figura 3.1.18: Adaptación de los servomotores al mechero.	59
Figura 3.1.19: Instalación del chispero en el mechero.	59

Figura 3.1.20: Instalación de soporte para los sensores.....	60
Figura 3.1.21: Instalación de la caja de PVC.....	60
Figura 3.1.22: Instalación de la protección de componentes.....	61
Figura 3.1.23: Ubicación de los sensores de flama.....	61
Figura 3.1.24: Ubicación del sensor de la puerta.....	62
Figura 3.1.25: Ubicación del sensor de la probeta.....	62
Figura 3.1.26: Instalación los componentes de accionamiento y control.	62
Figura 3.1.27: Ubicación de la fuente de alimentación.	63
Figura 3.1.28: Ubicación de fusibles de protección.....	63
Figura 3.2.1: Probetas de: forro de esponja para asientos, pranna azul, vinil para piso y fibra de vidrio con una protección de pintura azul.....	89
Figura 3.2.2: Probeta de fibra de vidrio con malla textil.	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.1: Evaluación realizada a la cámara de ensayo de inflamabilidad vertical.	27
Tabla 3.1.2: Evaluación realizada al porta muestras.	28
Tabla 3.1.3: Evaluación realizada al mechero Bunsen.	28
Tabla 3.1.4: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.	33
Tabla 3.1.5: Evaluación del peso específico del criterio costo.	33
Tabla 3.1.6: Evaluación del peso específico del criterio montaje.	34
Tabla 3.1.7: Evaluación del peso específico del criterio facilidad de adquisición.	34
Tabla 3.1.8: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.	35
Tabla 3.1.9: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.	37
Tabla 3.1.10: Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad.	37
Tabla 3.1.11: Evaluación del peso específico del criterio costo.	38
Tabla 3.1.12: Evaluación del peso específico del criterio asequibilidad.	38
Tabla 3.1.13: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.	39
Tabla 3.1.14: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.	42
Tabla 3.1.15: Evaluación del peso específico del criterio costo.	42
Tabla 3.1.16: Evaluación del peso específico del criterio asequibilidad.	43
Tabla 3.1.17: Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad.	43
Tabla 3.1.18: Evaluación del peso específico del criterio montaje.	44
Tabla 3.1.19: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.	44
Tabla 3.1.20: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.	46
Tabla 3.1.21: Evaluación del peso específico del criterio asequibilidad.	47
Tabla 3.1.22: Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad.	47
Tabla 3.1.23: Evaluación del peso específico del criterio costo.	48
Tabla 3.1.24: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.	48
Tabla 3.1.25: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.	51
Tabla 3.1.26: Evaluación del peso específico del criterio torque.	51
Tabla 3.1.27: Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad.	51
Tabla 3.1.28: Evaluación del peso específico del criterio costo.	52
Tabla 3.1.29: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.	52
Tabla 3.1.30: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.	55
Tabla 3.1.31: Evaluación del peso específico del criterio rango de medición.	55

Tabla 3.1.32: Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad.....	56
Tabla 3.1.33: Evaluación del peso específico del criterio costo.	56
Tabla 3.1.34: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.....	57
Tabla 3.1.35: Matriz AMFE de los componentes utilizados en el control de la máquina de ensayos de inflamabilidad vertical.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3.2.1: Procedimiento para el uso de la máquina y manejo del programa.	80
Tabla 3.2.2: Índice de inflamabilidad del forro de esponja para asientos.....	91
Tabla 3.2.3: Índice de inflamabilidad de pranna azul.	92
Tabla 3.2.4: Índice de inflamabilidad de tapiz azul.	93
Tabla 3.2.5: Índice de inflamabilidad del vinil para piso.....	94
Tabla 3.2.6: Índice de inflamabilidad del material compuesto de fibra de vidrio. ...	95
Tabla 3.2.7: Índice de inflamabilidad del material compuesto de fibra de vidrio y textil.	96
Tabla 3.2.8: Índice de carbonización de forro de esponja.	97
Tabla 3.2.9: Índice de carbonización de pranna azul.	98
Tabla 3.2.10: Índice de carbonización de tapiz azul.	98
Tabla 3.2.11: Índice de carbonización del vinil para piso.	99
Tabla 3.2.12: Índice de carbonización material compuesto de fibra de vidrio.	100
Tabla 3.2.13: Índice de carbonización material compuesto de fibra de vidrio y textil.	100
Tabla 3.2.14: Flama remanente de todos los materiales ensayados.....	101
Tabla 3.2.15: Comportamiento térmico de los materiales durante el tiempo de ensayo.	103

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.2.1: Comportamiento de la distancia y el índice de inflamabilidad de cada muestra.	91
Gráfica 3.2.2: Comportamiento de la distancia quemada de cada muestra.	92
Gráfica 3.2.3: Comportamiento de la distancia y el índice de inflamabilidad.....	93
Gráfica 3.2.4: Comportamiento de la distancia y el índice de inflamabilidad de cada muestra.	94
Gráfica 3.2.5: Comportamiento de la distancia y el índice de inflamabilidad de cada muestra.	95
Gráfica 3.2.6: Comportamiento de la distancia y el índice de inflamabilidad.....	96
Gráfica 3.2.7: Comportamiento del tiempo post – resplandor de los materiales ensayados.	102
Gráfica 3.2.8: Comportamiento del promedio de las temperaturas de todos los materiales ensayados versus el tiempo total de duración de cada ensayo.....	105
Gráfica 3.2.9: Comportamiento del promedio de las temperaturas de todos los materiales ensayados versus los primeros 60 segundos de duración de cada ensayo.	106

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto técnico de titulación fue basado en la necesidad de realizar ensayos de inflamabilidad vertical a lo cual es necesario implantar un sistema automatizado que permita controlar de forma adecuada los parámetros especificados en la norma correspondiente. Esto permitirá brindar facilidades a los fabricantes de carrocerías del país, ya que la reglamentación técnica ecuatoriana establece como requisito a los fabricantes de carrocerías para homologar sus unidades, considerando además que el mayor porcentaje de fabricantes de carrocerías están ubicados en la zona tres a la cual pertenecemos.

Para la ejecución del proyecto se inició con la revisión de la norma ASTM D 6413, la cual establece los parámetros de construcción y funcionamiento de la cámara de ensayos de inflamabilidad vertical, con lo cual se establece los parámetros a controlar para seleccionar los componentes necesarios para la automatización de la máquina de ensayos de inflamabilidad vertical.

Seleccionados los componentes se procede con el montaje de los mismos y el diseño del software que permitirá el control de la máquina desde un ordenador, además de permitir el registro de datos del ensayo realizado.

Para realizar las pruebas de funcionamiento se seleccionó cinco materiales utilizados en el interior de carrocerías, con los cuales se procede a dimensionar de acuerdo a las especificaciones de la norma utilizada para proceder con la ejecución de los ensayos de inflamabilidad vertical. En este ensayo se somete a la muestra a fuente de llama de 38 mm de altura durante un tiempo de 12 segundos, después de lo cual se observa y registra los datos del comportamiento de cada una de las muestras ensayadas para determinar el índice de inflamabilidad requerido por el reglamento técnico ecuatoriano, además de calcular el índice de carbonización y tiempo post-resplandor de cada material ensayado.

ABSTRACT

The present technical titration project was based on the need to perform vertical flammability tests, to which it is necessary to implement an automated system that allows to adequately controlling the parameters specified in the corresponding standard. This will provide facilities to body manufacturers in the country, as the Ecuadorian technical regulation establishes a requirement for body manufacturers to standardize their units, also considering that the largest percentage of body manufacturers are located in zone three, to which we belong.

For the execution of the project began with the revision of ASTM D 6413, which establishes the parameters of construction and operation of the vertical flammability test chamber, which establishes the parameters to control to select the necessary components for the automation of the vertical flammability testing machine.

Selected components are proceeded with the assembly of the same and the design of the software that will allow the control of the machine from a computer, in addition to allowing the recording of data of the test performed.

To perform the functional tests, five materials used inside the bodies were selected, with which they are sized according to the specifications of the standard used to proceed with the execution of the vertical flammability tests. In this test, the sample is subjected to a flame source of 38 mm in height for a period of 12 seconds, after which the performance data of each of the tested samples is observed and recorded to determine the required flammability index by the Ecuadorian technical regulation, in addition to calculating the carbonization index and post-glare time of each material tested.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

En el proyecto de investigación en la Universidad de Complutense de Madrid [1], presenta una panorámica de los beneficios de la aplicación de un sistema de control mediante el uso de inteligencia artificial aplicado a problemáticas reales, concluyendo que la aplicación de este sistema en un área específica demuestra ser eficiente para aplicaciones en un ámbito variados como: la industria, la agricultura, la aérea, la marítima, etc., esto se debe a la diversidad de tecnologías, su potencial y a la flexibilidad que poseen al adaptarse a diferentes medios.

En el proyecto de investigación realizado en México el año 2014 [2], concluyen que las tecnologías que más se utilizan para automatizar procesos continuos que requieren control son los PLC's, ya que permite la manipulación y monitoreo de variables como también la animación en tiempo real a través de una interfaz hombre máquina, que permiten apoyar al personal en la interpretación de los procesos y en la detección de fallas para una solución efectiva de problemas en el sistema mediante la inclusión de sensores que activen alarmas, sin embargo esto requiere que el personal sea altamente calificado de este tipo de sistemas automatizados.

En el proyecto de investigación realizado en España el año 2017 [3], concluye que el sistema de control aplicado a un banco de pruebas PV-T (Panel fotovoltaico térmico) basado en Arduino da una solución a las necesidades utilizando un sistema de lazo abierto, simple económico y robusto. Facilitando el manejo y la programación de diferentes variables con resultados confiables. Además de la ejecución de mejoras para la obtención y el procesamiento de datos, conociendo que los sensores de temperatura utilizados poseen tecnología One-Wire y solo utilizan una entrada digital del módulo de Arduino.

En el proyecto de investigación realizado en España el año 2015 [4] concluyen que la plataforma Arduino posee facilidad en su manejo por lo cual se puede aprender fácilmente, de esta manera los estudiantes se pueden concentrar en la solución que deben dar a los problemas de los experimentos, como el desarrollo del código y algoritmo de programación para el control de los robots y máquinas, y así estos funcionen según las especificaciones dadas.

En el proyecto de investigación realizado en Estados Unidos [5], realizan ensayos de inflamabilidad de materiales a pequeña escala, concluyendo que la validez de los métodos comunes utilizados para las pruebas de inflamabilidad vertical utilizada para determinar el índice de llama de los tejidos auto extingüibles, deben ser evaluados para determinar si estos métodos son apropiados para todos los materiales existentes o que se realiza este tipo de ensayos. En el cual el procedimiento consistiría en la realización de una serie de pruebas de todos los materiales y la elaboración de procedimientos y criterios de aceptación para cada uno de ellos.

Según el proyecto de titulación de realizado en la Universidad Técnica de Ambato [6], realizado para el control de un sistema de posicionado angular la utilización de un servomotor es adecuada, ya que cumple con las condiciones para su acoplamiento y se puede desenvolver de manera adecuada al realizar la función requerida.

Según el proyecto de titulación realizado en la Universidad Técnica de Ambato [7], realizado para el control de una estación de mezcla, concluye que la estación implementada en el sistema de bebidas utiliza componentes seleccionados mediante ponderación, con lo cual se logra seleccionar elementos para un óptimo funcionamiento en la puesta en marcha de los sensores y controladores, permitiendo realizar un control y observación del proceso de forma automática sin necesidad de utilizar equipos adicionales para medición ejecución de un parámetro en especial.

Según el proyecto de maestría realizado en la Universidad Técnica de Ambato [8], en el estudio del comportamiento de materiales, concluye que es importante la realización de los ensayos de inflamabilidad de materiales utilizados en el interior de carrocerías con el fin de cumplir con la normativa, además de evaluar las diferencias que presenta cada material dependiendo del tipo compuesto (Tipo de resina o refuerzo utilizado) que posee cada uno de los materiales ensayados.

Según la norma ASTM D6413 recomienda utilizar un quemador Tirril para el ensayo de inflamabilidad de materiales textiles utilizados en el interior de carrocerías, sin embargo, se ensayan con la ayuda de un quemador Bunsen. De acuerdo al reglamento estadounidense el tiempo que se expone a la llama en una prueba vertical debe ser 60 o 12 segundos según lo indica en el Reglamento de Aviación Federal FAR 25.853 y FAR 25.855 en el apéndice F apartado 4.

En América Latina el Mercado Común del Sur (MERCOSUR) ha elaborado un reglamento con el cual pretende establecer el procedimiento para la realización del ensayo de inflamabilidad de materiales utilizados en el interior de vehículos automotores. Para la homologación vehicular se debe cumplir lo expuesto en este reglamento (MERCOSUR/GMC/RES.Nº 36/01) o como alternativa se admitirá el cumplimiento del reglamento FMVSS 302 (The Federal Motor Vehicle Safety Standard Nº 302) del 24 de septiembre de 1998, la cual también indica los parámetros para la ejecución del ensayo de inflamabilidad.

Tomando en cuenta la NORMA ASTM D 6413, la cual indica los parámetros de construcción de la cabina o cámara de combustión, además del procedimiento para el ensayo de inflamabilidad vertical, con el cual se determinará el tiempo post-resplandor, la longitud máxima de carbonización, y el índice de llama máximo indicado en las normativas ecuatorianas, las cuales indican un índice de llama máximo de 250 mm/min de acuerdo con la Norma ISO 3795.

Por lo tanto, siendo el Ecuador un país altamente productor de carrocerías y ensamblador de vehículos automotores, el proyecto de titulación realizado en la Universidad Técnica de Ambato [9], se realiza la construcción de un banco de ensayo de inflamabilidad vertical de materiales utilizados en el interior de carrocerías, con el fin de permitir a los Laboratorios de Ingeniería Mecánica realizar el ensayo de inflamabilidad. Este proyecto técnico está basado en la Norma ASTM D 6413.

Considerando la producción de carrocerías en el país el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, ha visto la necesidad de controlar la fabricación de carrocerías en el país mediante la aplicación de normativas de acuerdo a la modalidad o tipo de servicio que vayan a ofrecer los vehículos carrozados en el país, además de los vehículos importados.

La institución encargada de controlar y garantizar el cumplimiento de las normativas establecidas por el INEN es la Dirección de Regulación de Transporte Terrestre, Transito y Seguridad Vial del país, este proceso lo realiza con la ayuda de centros de revisión y homologación vehicular designados por el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) o acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), los cuales realizan la evaluación de la NO CONFORMIDAD de las carrocerías

construidas en el país o importadas, para posteriormente emitir el informe a la agencia Nacional de Transito. Según la cual en el Ecuador existen alrededor de 100 industrias carroceras, de las cuales se conoce que solo el 20% cumplen lo establecido en las normas técnicas ecuatorianas NTE.

La normativa ecuatoriana vigente en las cuales pide la realización del ensayo de inflamabilidad de materiales son la siguientes:

- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1323: 2009. Requisitos de Vehículos automotores, Carrocerías de Buses. La cual indica en el literal 5.7.5 que debe poseer un índice de llama no menor 150 o un máximo de 250 mm/min.
- REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 041: 2013. Vehículos de Transporte Escolar. El cual indica en el apartado 5.3.7 que los materiales de los asientos, paredes, el techo y el piso a ser utilizados en el interior de los vehículos deben ser de baja combustibilidad o poseer la capacidad de retardar la propagación del fuego con un índice de llama máximo de 250 mm/min.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2205:2010. Requisitos de Vehículos automotores Bus Urbano. El cual indica en el apartado 5.1.2.7 literal d) que los materiales de revestimiento de los asientos, paredes, el techo y el piso a ser utilizados en el interior de los vehículos deben ser de baja combustibilidad o poseer la capacidad de retardar la propagación del fuego con un índice de llama máximo de 250 mm/min. Esta normativa está regulada por el REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 038:2010.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1668:2015. Requisitos de Vehículos de Transporte Público de Pasajeros Intra regional, Interprovincial e Intraprovincial. El cual indica en el apartado 5.9.2 que todos los materiales utilizados en el interior del vehículo en los asientos como cojines, tapicería, forros, protecciones plásticas laterales y posteriores, soportes plásticos (si aplica), también los utilizados en el piso, techo, paredes y accesorios de los interiores de la carrocería como cortinas deben ser de baja combustibilidad o poseer la capacidad de retardar la propagación del fuego con un índice de llama máximo de 100 mm/min. Esta normativa está regulada por el REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 043:2010.

Debido al creciente aumento de accidentes en el país el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN ha visto la necesidad de obligar la demostración de la conformidad del requisito de inflamabilidad de materiales mediante la presentación de una declaración juramentada presentada por los fabricantes de carrocerías. Esta disposición se encuentra en las modificatorias 4, 2 y 3 realizadas a los reglamentos RTE INEN 038, 041 y 043 respectivamente.

Mediante la aplicación del ensayo de inflamabilidad vertical se podrá determinar el índice máximo de llama, el tiempo post-resplandor, así como la longitud máxima de carbonización de los materiales utilizados en el interior de las carrocerías fabricadas en el país, con lo cual identificaremos de acuerdo a las normativas antes mencionadas si los materiales cumplen o no con los requerimientos máximos del índice de llama.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Automatizar un banco de pruebas para ensayos de inflamabilidad vertical de materiales textiles utilizados en el interior de las carrocerías, perteneciente a los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar las condiciones del equipo implementado para el ensayo de inflamabilidad vertical de materiales que se encuentra en las instalaciones de la carrera de Ingeniería Mecánica.

Se procederá con una inspección visual del estado físico y funcional de todos los componentes de la cámara de ensayos de inflamabilidad vertical. La evaluación se efectuará mediante tablas que permitan calificar ciertos parámetros de la máquina.

La evaluación de las condiciones actuales de la máquina también permitirá conocer los parámetros de funcionamiento, con lo cual será posible determinar los procesos que se pretende automatizar o mejorar durante la automatización para su correcto funcionamiento según lo especificado en la ASTM D6413.

Finalizado la evaluación se realiza una prueba de funcionamiento en el estado actual de la máquina para verificar el correcto funcionamiento de sus componentes.

- Establecer los parámetros y selección de equipos y componentes de control para el banco de pruebas empleado en ensayos de inflamabilidad vertical.

Para establecer los parámetros de selección de equipos y componentes de control se revisará la normativa ASTM D6413, con el fin de conocer el procedimiento de ensayo y determinar los tipos de sensores y tipos accionamientos que permitan controlar el funcionamiento de la cámara de ensayos de inflamabilidad vertical.

De acuerdo a las necesidades verificadas en la máquina, se determina que para el control de encendido de llama es necesario una válvula solenoide que permita su accionamiento a distancia, además de un sistema que permita regular la altura de la llama, para lo cual será necesario la ubicación de sensores de llama que determinen la presencia o no de llama, para la verificación de encendido y control de altura de la misma. Para el control del flujo de aire también es necesario un sistema que permita abrir de forma gradual la entrada de aire, además de la necesidad de sensores de proximidad que permitan detectar si la puerta de la cámara está abierta o cerrada, y posición correcta de la probeta para su respectivo ensayo.

Para el control de estos módulos de accionamiento y lectura de datos es necesario la utilización de un módulo microprocesador que permita la lectura y control de cada uno de estos sensores y accionamientos.

Para la selección del microprocesador se tomará en cuenta la capacidad conectarse a un ordenador para que con la ayuda de un programa diseñado en un software específico permita mostrar los resultados del ensayo y controlar el funcionamiento de la máquina.

- Realizar las respectivas pruebas de funcionamiento de la máquina empleada en el ensayo de inflamabilidad vertical que se encuentra en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica.

Para dar cumplimiento al presente objetivo planteado se tomara en cuenta el procedimiento de ensayo especificado en la norma ASTM D6413, en la cual indica que está planteada para realizar pruebas de inflamabilidad vertical de materiales

textiles utilizados en el interior de las carrocerías, estos materiales pueden tener un espesor de hasta 13 milímetros.

Los ensayos serán realizados con la ayuda de la cámara de ensayos de inflamabilidad vertical, un tanque de gas GLP de consumo doméstico, sensores y accionamientos que permitan controlar los parámetros especificados en la ASTM D6413, como el flujo de gas, flujo de aire, tiempo de incidencia a la llama, tiempo post – resplandor, entre otros. Estos parámetros serán controlados con la ayuda de un programa con una interfaz diseñada en un software específico, el cual va conectado a un microprocesador que permita la lectura y accionamiento de los sensores.

El software de control diseñado deberá permitir el control automático del encendido, altura de llama y el control del tiempo de incidencia de la muestra ensayada a la llama, además de permitir registrar datos de índice de inflamabilidad, duración del ensayo y comportamiento de la temperatura interna de la cámara durante el tiempo de ensayo.

Para una adecuada comprensión de los términos a utilizar en el desarrollo del proyecto técnico es importante revisar información técnica relevante al caso con la cual será más comprensible la ejecución del proyecto.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Automatización de procesos

En los últimos años el desarrollo tecnológico ha ido creciendo de forma imparable en el desarrollo de nuevas tecnologías en el ámbito de la computación y consigo la electrónica. El desarrollo de este tipo de componentes facilita la implementación de nuevos sistemas de procesos automatizados permitiendo viabilizar nuevas inversiones en el sector de la producción. [10]

1.3.2 Sistema de Control

Un sistema de control es la unión de varios componentes que tienen como objetivo controlar y regular de forma independiente procesos de una planta industrial sí que un operario intervenga de alguna de forma directa con los elementos o componentes de salida. El operario tiene como función única manipular el panel de control, en el cual

verificara y accionara los elementos de mando interconectados al panel. El sistema de control puede ser de dos tipos: Sistema de control de lazo abierto y de lazo cerrado.

1.3.3 Sistema de control a lazo cerrado

El sistema de control denominado a lazo cerrado posee una estructura para el envío y recepción de señales o conocida como retroalimentación, por lo cual se puede considerar al sistema a lazo cerrado como dependiente debido a que las acciones de control dependen de las señales de salida que reciba de la planta, aunque no todas las acciones de control dependan de estas señales. [11]

Considerando el ejemplo anterior, para el sistema de lazo cerrado se adiciona un sensor de temperatura (termocupla) al recipiente, el cual envía como señal una diferencia de potencial, el cual al ser ajustado corregirá la corriente que reciba el resistor para mantener una temperatura estable del recipiente en el caso de que haya sido modificado por alguna acción externa al sistema de control. En la figura 1.3.1 y 1.3.2 se puede apreciar un sistema de control de lazo cerrado y el diagrama de bloques respectivamente. [11]

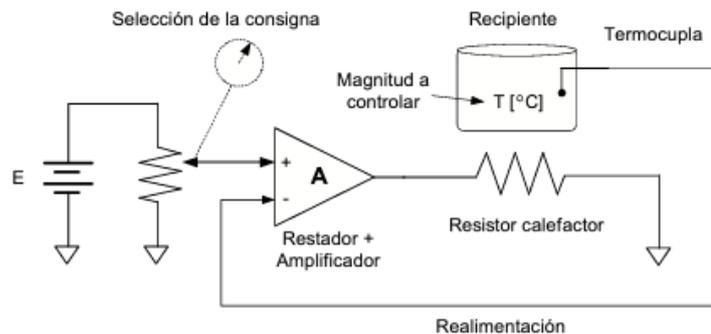


Figura 1.3.1: Diagrama de bloque de un sistema de control a lazo cerrado.

Fuente: [11]

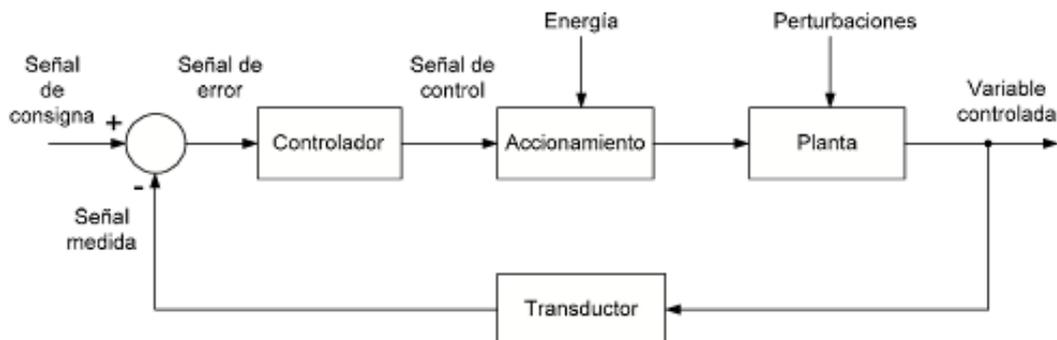


Figura 1.3.2: Diagrama de bloque de un sistema de control a lazo cerrado.

Fuente: [11]

1.3.4 Sensores

Se define a los sensores como dispositivos o combinaciones de dispositivos que reciben señales físicas y las convierten en otra señal de salida útil para el sistema. Los sensores son conocidos también como transductores, aunque poseen una diferencia en su configuración interna, ya que los transductores poseen algún tipo de circuito interno de acondicionamiento de señal. Los sensores o transductores pueden emitir principalmente dos tipos de señales analógicas, digitales y todo o nada. [11]

1.3.5 Variables o señales analógicas

Este tipo de señales son obtenidas de la tensión o corriente que emiten de forma continua en el tiempo, estos datos recogidos por los sensores son mostrados instantáneamente en el sistema de control dentro de los rangos de corriente establecidos por el operario. En la figura 1.3.3 se puede apreciar la forma de las señales analógicas. [12]

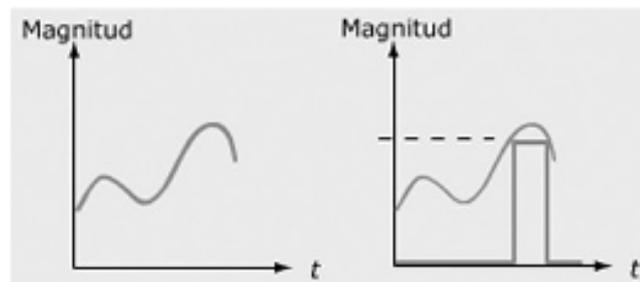


Figura 1.3.3: Forma de las señales analógicas.

Fuente: [12]

1.3.6 Variables o señales digitales

Este tipo de señales emite una magnitud que varía de forma continua en el tiempo, la cual es registrada mediante sensores y reenviada al sistema de control en forma de pulsos, palabra digital codificada en número binario, código BCD, código Gray, entre otros. Los sensores especializados en señales digitales pueden tomar datos en intervalos de tiempos regulares denominados periodos de muestreo como se muestra en la figura 1.3.4. [12]

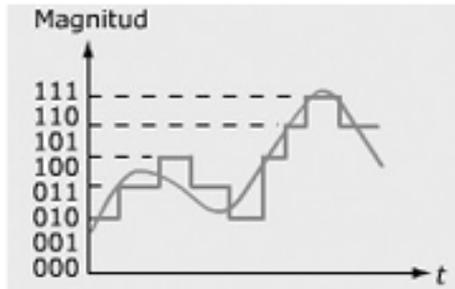


Figura 1.3.4: Forma de las señales digitales en periodos de muestreo.

Fuente: [12]

1.3.7 Variables o señales

La información emitida por este tipo de señales procede principalmente de los sensores que pueden mostrar dos estados posibles a lo largo del tiempo, como puede ser el caso de un sensor final de carrera que solo puede mostrar abierto o cerrado. La información emitida por este tipo de sensor es conocida como “todo o nada”, por lo tanto, la señal de salida será de naturaleza binaria (0 o 1). [12]

La forma de recepción de este tipo de señal se puede visualizar en la figura 1.3.5.

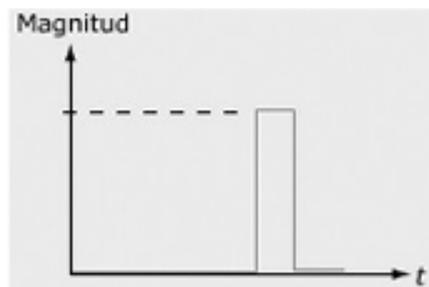


Figura 1.3.5: Forma de las señales “todo o nada”.

Fuente: [12]

1.3.8 PLC's

Los PLC's (Programmable Logic Controller) son conocidos también como autómatas programables, el cual consiste en un sistema de control con un microprocesador con elementos o componentes necesarios para que funcione de forma efectiva. [12]

Al estar compuesto por un microprocesador, al PLC's se le puede programar de necesaria o requerida por el usuario con el fin de que cumpla de forma concreta con el control requerido dentro de una industria. Los PLC's se les puede utilizar en un campo

variado de aplicaciones como la robótica, la automatización de procesos, el accionamiento de máquinas CNC, entre otros. Por esta razón se considera al PLC's un elemento imprescindible dentro del ámbito de la automatización ya que es amoldable a cualquier situación. [12]

Entre las funciones que puede realizar un PLC's tenemos las siguientes:

- Conexión de contactos en serie y paralelo.
- Realización de funciones lógicas simples (AND, OR, entre otros) y complejas como el conexionado paralelo de bloques en serie.
- Conteo, ascendentes y descendentes.
- Temporizadores
- Procesado de señales analógicas y digitales, entre otros. [12]

La función de control que cumpla el PLC's dependerá básicamente de la programación asignada por el usuario.

En la actualidad debido al desarrollo tecnológico se puede encontrar en el mercado una gran variedad de marcas y tipos de PLC's, estos variaran en el número de puertos que posea, fabricante, y por ende el precio al que se encuentre el PLC's. En la figura 1.3.6 se muestra un PLC's marca siemens.



Figura 1.3.6: PLC's Siemens.

Fuente: [13]

1.3.9 Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto conocida también como open-source, esta plataforma está basada en hardware y software fáciles de utilizar en cuanto a su programación y manejo. La cual permite que cualquier usuario con conocimientos básicos pueda aprender a utilizar de forma rápida y efectiva, además de que Arduino es una plataforma gratuita. [14]

Arduino está compuesto por puertos de entrada y salida, las cuales pueden ser utilizadas de acuerdo a las necesidades del usuario. Las entradas que posee Arduino pueden leer datos analógicos digitales y de texto dependiendo del tipo de Arduino. Además de que Arduino posee un microcontrolador el cual permite procesar las señales y manejar una programación precargada. [14]

La programación de Arduino se la puede realizar mediante el uso de Arduino Programming Language, el cual está basado en Wiring y Arduino Development Environment, el cual está basado en Processing. Los programas de Arduino pueden ser autónomos, es decir que se manejan directamente desde la placa de Arduino o desde una aplicación de un computador, el cual debe estar conectado al Arduino. [14]

La figura 1.3.7 muestra un Arduino MEGA 2560, el cual es de los más utilizados para proyectos en los que se requiere leer o activar varias señales, ya que cuenta con 53 puertos.



Figura 1.3.7: Placa de Arduino MEGA 2560.

Fuente: Autor.

1.3.10 Ensayo de Inflamabilidad

El ensayo de inflamabilidad consiste en someter a una probeta de un material en específico en un determinado tiempo a la llama, con el fin de conocer el comportamiento de dicho material frente al fuego.

Al someter a los materiales al ensayo de inflamabilidad permitirá conocer el comportamiento de material en un incendio. Con lo cual se calcula un índice de llama que permitirá determinar si el material es apto o no para el uso en el interior de vehículos. Considerando que este tipo de ensayo es realizado para evaluar el comportamiento de los materiales utilizados en el interior de carrocerías y vehículos automotores.

Los ensayos de inflamabilidad están regulados por distintas normas de acuerdo a la posición, fuente de ignición, entre otros.

Entre los ensayos y pruebas estándar de inflamabilidad se tiene: el ensayo vertical para orientaciones inclinadas establecido en la norma BS 5438, en la ISO 6941 y en la FAR parte 25; el ensayo de tira vertical por goteo de material con quemador inclinado; banco de pruebas de propagación de llama vertical e inclinado según la norma BS 5438: 1989 y BS EN ISO 15025: 2002; ensayo de inflamabilidad en paneles radiantes según indica la norma EN ISO 9239, ISO 4589-1 y FAR 25.856. además de la de panel radiante para revestimientos tal como se describe en la norma BS 476 parte 7; ensayo inflamabilidad de goteo con el calor radiante de reflujo como se define en la norma NF P 92-506 y NF P 95-505. Así como el ensayo realizado en el quemador eléctrico Bruleur, entre otros métodos utilizados en ensayos de inflamabilidad, de los cuales los más comunes son el ensayo horizontal y vertical. [15]

Para los materiales utilizados en el interior de carrocerías se utiliza dos normas principales entre las que se encuentran la NORMA ISO 3795 y la NORMA ASTM D 6413, estas normas regulan el proceso de ensayo horizontal y vertical respectivamente.

1.3.11 Equipo utilizado en el ensayo de inflamabilidad horizontal

El equipo utilizado para el ensayo de índice de inflamabilidad horizontal está determinado por la NORMA ISO 3795 o la ASTM D 5132. Este ensayo consiste en la colocación de la probeta a ensayar sobre una placa horizontal en forma de U. donde en

uno de los extremos estará en la parte inferior un mechero bunsen, el cual genera una llama al quemar GLP. Esta llama debe permanecer encendida durante un periodo de 12 segundos y posteriormente debe ser apagada al cumplir ese tiempo. La altura de la llama está controlada a 38 mm según lo indica la norma, además de que la probeta a ensayar debe estar a una altura de 19 mm desde la parte superior del mechero bunsen. Las dimensiones de las probetas como longitud, ancho y espesor, así como el procedimiento a realizar están detalladas en la norma correspondiente.

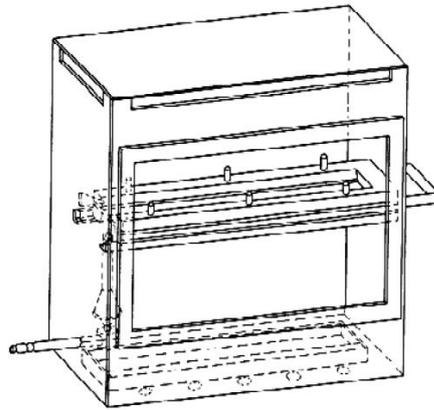


Figura 1.3.8: Cámara de combustión horizontal.

Fuente: [16]

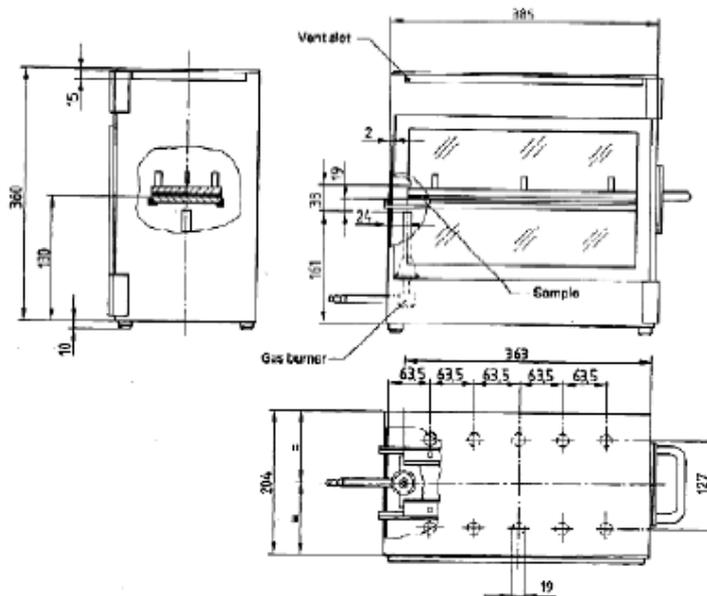


Figura 1.3.9: Dimensiones de la cámara de combustión horizontal.

Fuente: [16]

1.3.12 Equipo utilizado en el ensayo de inflamabilidad vertical

El equipo utilizado para el ensayo de índice de inflamabilidad vertical está determinado por la NORMA ASTM D 6413, en la cual se puede encontrar el dimensionamiento de la máquina como los parámetros de funcionamiento. El ensayo vertical consiste en la colocación de la probeta a ensayar en un porta muestras en forma de U invertida, la cual estará ubicada sobre el mechero o quemador bunsen, el cual genera una llama al quemar GLP. Los parámetros de ensayo que maneja esta norma son similares al ensayo horizontal, manteniendo el tiempo de encendido de 12 segundos y posteriormente debe ser apagada al cumplir ese tiempo. La altura de la llama está controlada a 38 mm según lo indica la norma, además de que la probeta a ensayar debe estar a una altura de 19 mm desde la parte superior del mechero bunsen hasta la parte inicial o inferior de la probeta.

Las dimensiones de las probetas como longitud, ancho y espesor, así como el procedimiento a realizar están detalladas en la norma correspondiente.

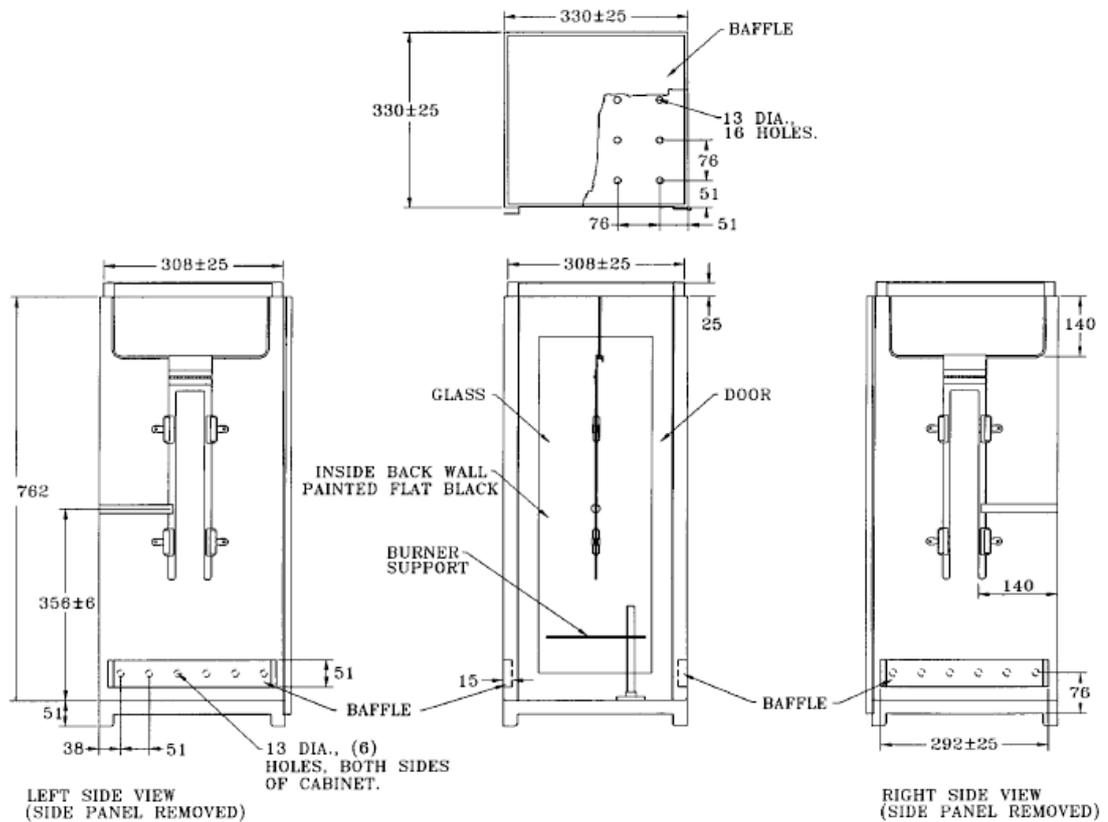


Figura 1.3.10: Cámara de combustión vertical.

Fuente: [17]

1.3.13 Resultados a obtener en el ensayo de inflamabilidad

Los resultados a determinar son similares en la mayoría de normas de ensayo de inflamabilidad, en las que normalmente se pide determinar el tiempo de combustión residual promedio, el tiempo post-resplandor en todas las direcciones, longitud de carbonización, según los especifique en las normas utilizadas.

Con los datos indicados anteriormente se utiliza para calcular el índice de carbonización y la tasa de combustión. La fórmula de la tasa de combustión viene especificada en la norma ISO 3795 y la norma FMVSS 302.

El cálculo de la tasa de combustión se lo realiza con la ecuación 1.1.

$$B = 60 * \left(\frac{D}{T}\right) \quad \text{Ec. 1.1}$$

Donde:

B= Tasa de combustión (mm/min)

D= Distancia quemada (mm)

T= Tiempo de combustión de la distancia D (s)

Para determinar el índice de carbonización se utiliza la fórmula mostrada en la ecuación 1.2.

$$\text{ÍNDICE DE CARBONIZACIÓN (INC\%)} = \frac{L.\text{max} * A.\text{max} * E.\text{quemado}}{V.\text{inicial}} * 100 \quad \text{Ec. 1.2}$$

Donde:

L.max= Largo máximo de carbonización (mm)

A.max= Ancho máximo de carbonización (mm)

E.quemado= Espesor carbonizado (mm)

V.inicial= Volumen inicial (mm³)

1.3.14 Índice de Inflamabilidad

La inflamabilidad es una propiedad que poseen los materiales, ya sean sólidos o líquidos, lo que hace que estos materiales puedan encenderse con facilidad. El índice de inflamabilidad es la resistencia que poseen dichos materiales en una exposición directa al fuego, soportando estas condiciones y en un periodo de tiempo determinado y manteniéndose casi en su forma original para obtener un índice de inflamabilidad

mayor. Generalmente se suele confundir volatilidad con inflamabilidad, sin embargo, la volatilidad es la propiedad de los materiales a pasar a un estado de vapor. [18]

El punto de inflamación de un material es la temperatura a la cual un sólido o un líquido se convierte en vapor. Aunque existen algunos materiales que no necesitan de una fuente de ignición para arder de forma espontánea ya que son considerados materiales pirofóricos. [18]

Considerando que inflamabilidad es la capacidad de los materiales a quemarse de manera fácil, lo que se conocería como velocidad de combustión. Por lo cual la inflamabilidad en materiales de uso común implica un riesgo potencial a los usuarios.

1.3.15 Materiales utilizados en el interior de carrocerías

El proceso de construcción de carrocerías consta de tres partes principales, las cuales son: montaje de la estructura, forrado y acabados.

Los materiales utilizados en la construcción de la estructura y forrado de la carrocería están regulados por las normas ASTM A36 según NTE INEN 1323, ASTM A500 según NTE INEN 2415 y NTE INEN 115 dependiendo del material utilizado.

Los materiales utilizados en el interior de las carrocerías pueden ser materiales compuestos a base de fibras, ya sean naturales o vegetales, a base de polímeros como los elastómeros u otros, materiales textiles, híbridos, maderas, entre otros.

1.3.16 Materiales textiles

Los productos textiles están compuestos de fibras, estas fibras pueden ser de origen natural, vegetal o artificial. Las fibras son divididas de acuerdo a su tamaño en fibras de longitud indefinida conocida también como filamentos y fibras de longitud corta conocidas como fibras cortadas [19]. En la figura 1.3.11 se puede observar la clasificación de este tipo de fibras.

Para obtener las telas o productos textiles, los filamentos de las fibras son hiladas para posteriormente ser tejidos y convertidos en telas para la utilización en distintos campos como la vestimenta, protecciones de vehículos, entre otros. Los hilos pueden ser combinados, es decir que pueden ser de distintas fibras con el fin de mejorar la calidad de la tela. [19]

Actualmente los textiles son parte principal de nuestra vida cotidiana y al estar constituidos principalmente por polímeros orgánicos e inorgánicos son inflamables por lo que presentan un riesgo en su uso. Por lo cual se han desarrollado retardantes con el fin de reducir el riesgo de que se combustionen fácilmente, además de reducir la velocidad de propagación de la llama. [20]

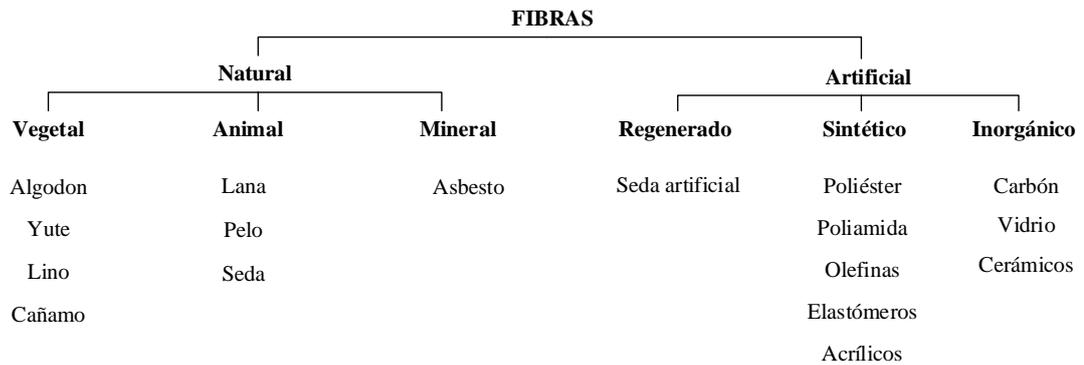


Figura 1.3.11: Tipos de fibras textiles.

Fuente: Autor

1.3.17 Materiales compuestos

Los materiales compuestos se definen como una combinación no química de dos o más componentes con una matriz generalmente polimérica con un refuerzo basado en fibras naturales o fibras sintéticas. Con la creación de un material compuesto se busca mejorar las propiedades mecánicas del material. Los materiales compuestos pueden estar constituidos por tres tipos de matrices que pueden ser: metálicas, cerámica y polimérica. [21]

Debido a la abundante cantidad de fibras naturales existentes en la naturaleza se los utiliza en la fabricación de materiales compuestos como una alternativa a la utilización de fibras sintéticas. Sin embargo, el uso de fibras naturales implica un elevado costo en comparación a la utilización de fibras sintéticas por lo que su uso en la actualidad es alto. [22]

Los materiales utilizados en la construcción del interior de carrocerías están constituidos principalmente por una matriz polimérica por lo que detallaremos los tipos de matrices poliméricas existentes en el mercado.

Los polímeros utilizados como matrices pueden ser termoplásticas, elastómeros y termoestables. Los polímeros más utilizados como matriz son los termoestables, gracias a sus propiedades como: alta rigidez, bajo peso, alta estabilidad térmica, aislante térmico y eléctrico, etc. Entre los cuales tenemos a las siguientes resinas. [21]

Resina poliéster

Resina de viniléster

Resina epoxi

Resinas fenólicas

Resinas bismalcimida

Resinas poliimida

Esteres de cianato

Polieteramida

Los refuerzos utilizados en los materiales compuestos son generalmente fibras entre las cuales tenemos:

Fibras de carbono. Las cuales poseen una alta resistencia y módulo de Young con un diámetro de 7 a 8 micras, sin embargo, su costo es elevado. [23]

Fibras de vidrios. Las fibras utilizadas poseen varias denominaciones entre las que tenemos: Vidrio E (Eléctrico) y Vidrio C (Corrosión), la más utilizada es la fibra de vidrio E, aunque su costo es mayor comparado a la fibra de vidrio C, pero menor al costo de la fibra de carbono. [23]

Además, se utilizan fibras inorgánicas como se mencionó anteriormente, entre las más utilizadas tenemos la fibra de Kevlar 29, Kevlar 49, etc. [23]

1.3.18 Método ordinal corregido de criterios ponderados

Existen varios métodos que permiten dar una solución óptima a los problemas de ingeniería debido a que intervienen diversos aspectos, los cuales deben ser considerados de forma global. El método seleccionado para la evaluación de alternativas es el método ordinal corregido de criterios ponderados ya que únicamente con conocer el orden de preferencia de la evaluación se global se puede obtener resultados significativos. El cual se basa en tablas donde confrontan varios criterios mediante la asignación de los siguientes valores. [24]

1 Si la solución de la fila es mejor o superior al de la columna.

0,5 Si el criterio de la fila es igual o semejante al de la columna.

0 Si el criterio de la fila es menor o inferior al de la columna.

Para determinar el resultado se suma todos los valores asignados a cada criterio en relación con los restantes, añadiéndole una unidad para que la solución menos favorable no sea igual a cero o nula, los valores ponderados se calculan en otra columna para cada criterio o solución. [24]

La evaluación final de cada solución es la suma de los productos de los pesos específicos.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Materiales a utilizar en el proceso automatización

Módulo microprocesador

Software programación LabVIEW

Sistema de adquisición de datos

Sistema de conexión del ordenador a la máquina

Interfaz de usuario

Sensores de llama o flama

Sensores de temperatura o termocupla

Sensores de proximidad

Válvula solenoide

Chisperos o bujías

Servomotores para la regulación de la entrada de aire

Caja de protección para los elementos de control

2.1.2 Materiales a utilizar en el proceso de ensayo de inflamabilidad

Equipo o cámara de combustión para el ensayo de inflamabilidad vertical especificada por la norma ASTM D 6413

Porta muestras

Pinzas de sujeción

Mechero o quemador Bunsen

Cilindro de GLP (Gas Licuado de Petróleo)

Libreta de apuntes

Regleta de metal

Equipo de protección personal

Computador con el software de manejo del banco de pruebas vertical

Probetas de material compuesto a base de fibra de vidrio utilizada en el techo de la carrocería

Probetas de material compuesto a base de fibra de vidrio utilizada en los laterales de la carrocería

Probetas de Vinilo utilizado en el piso de las carrocerías

Probetas de textiles utilizadas en el interior de carrocerías

Probetas de madera utilizada en el interior de carrocerías

2.2 Métodos

Para la implementación del sistema de control se iniciará con la evaluación de las condiciones del equipo de ensayo de materiales, el cual se encuentra en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica. La evaluación consistirá en la identificación de los componentes que posee con una prueba de funcionamiento para verificar su estado.

En la selección de equipos de control a utilizar se establecerá inicialmente los parámetros a automatizar en el banco de pruebas para posteriormente seleccionar posibles alternativas en cuanto a equipos y componentes a utilizar. Entre los parámetros de control a modificar tenemos: el flujo de combustible GLP, el tiempo de exposición o tiempo de combustión, además de la implementación de sensores de temperatura para identificar el comportamiento interno de la misma. Por lo tanto, entre los equipos y componentes a seleccionar tenemos:

- Selección del módulo analógico a utilizar.
- Selección de la válvula proporcional para el control del combustible.
- Selección de sensores de temperatura y su ubicación en la máquina de acuerdo a las características de la máquina para controlar los requerimientos de las probetas.
- Selección de un módulo inalámbrico para la conexión con un ordenador.
- Selección de tipo de servomotor a utilizar, entre otros.

Cabe recalcar que la selección de equipos y componentes estará en función de la necesidad de la máquina y el espacio existente en la misma.

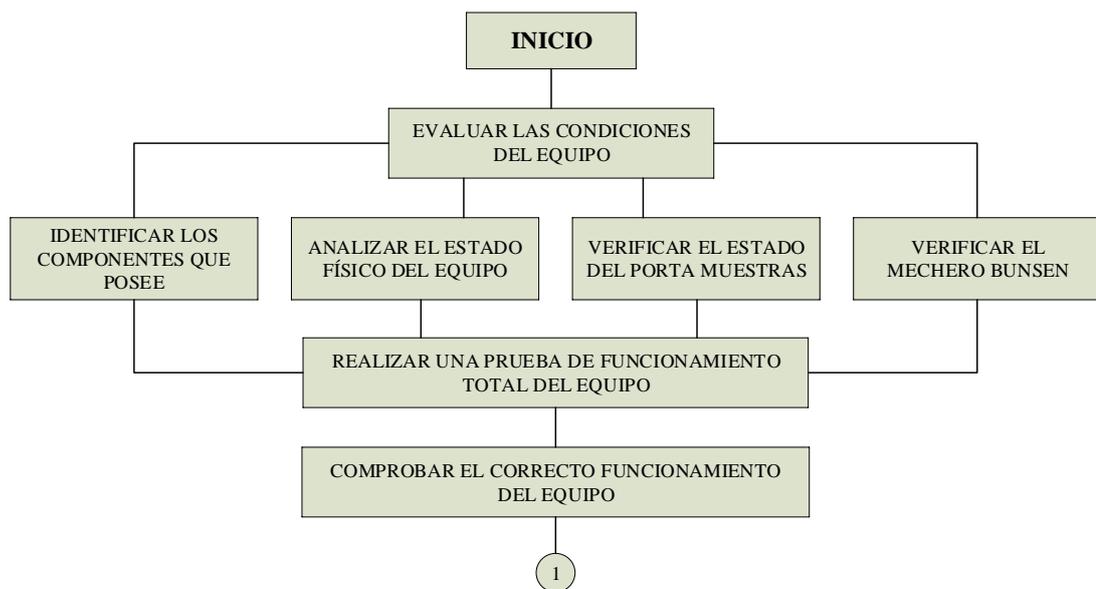
Para la correcta selección de alternativas existen métodos de evaluación de soluciones o alternativas que mediante la ponderación de distintos aspectos que a menudo implican un juicio de valor permiten tomar una decisión correcta, por lo tanto, para la selección de componentes se utilizara el método ordinal corregido de criterios ponderados, el cual permite realizar una evaluación global con solo conocer el orden de preferencia de las distintas soluciones que intervienen en el diseño. Este método recomendado en ingeniería debido a que para las posibles soluciones intervienen

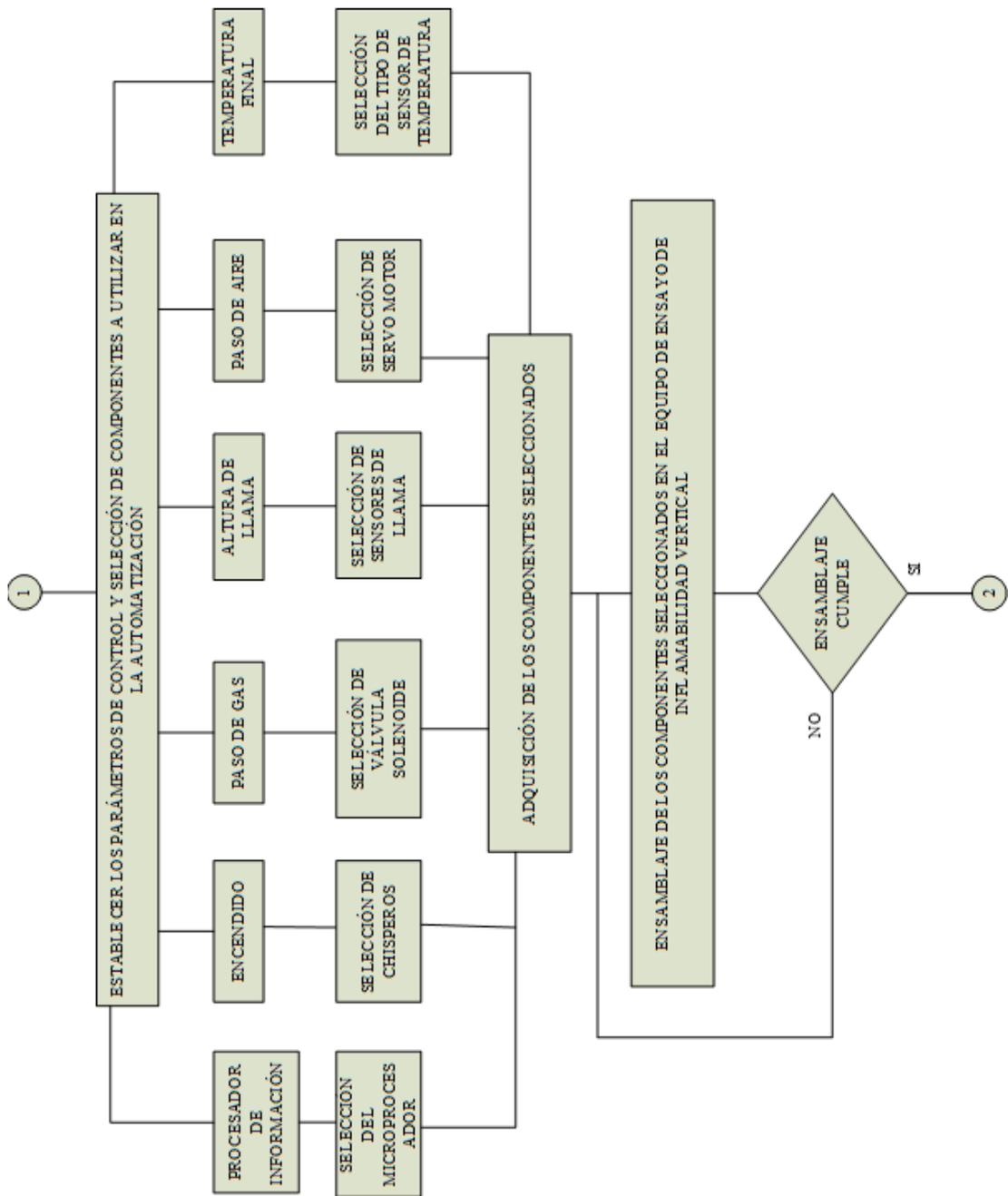
diversos aspectos, los cuales deben ser considerados de forma global, para lo cual el método seleccionado resulta eficiente.

Posterior a la selección, se procederá con el montaje y ejecución de la programación de control con la ayuda de un software especializado.

Como último proceso se realizará pruebas de funcionamiento de la máquina, con el fin de realizar cálculos correspondientes a este tipo de ensayo de materiales como es el caso de la duración de combustión residual y índice de carbonización. Los datos obtenidos en este ensayo serán comparados con datos obtenidos en un ensayo similar de una máquina con un proceso manual.

En la figura 2.1 se muestra el organigrama de la metodología planteada.





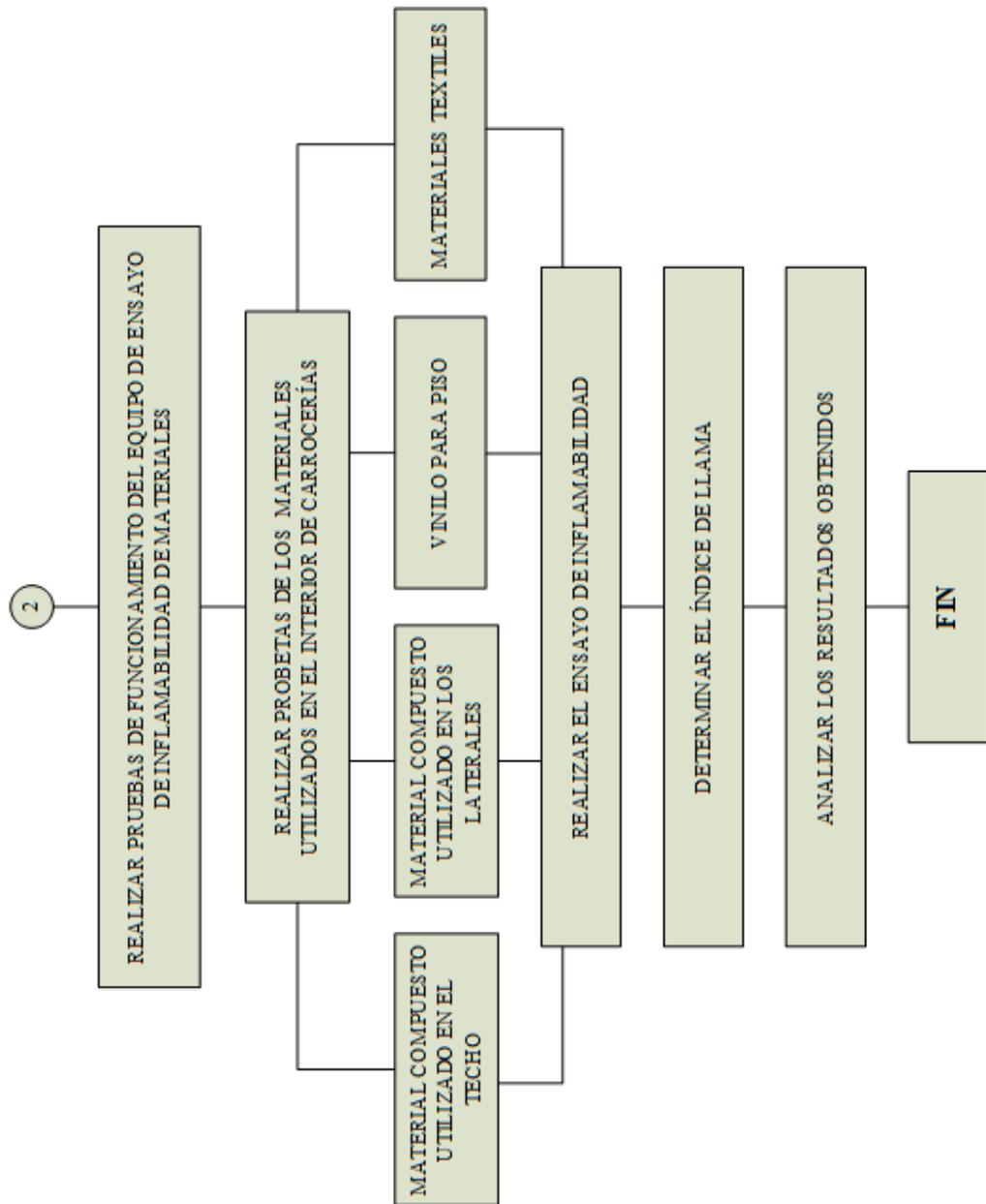


Figura 2.2.1: Organigrama de la metodología aplicada para el cumplimiento de los objetivos.

Fuente: Autor

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y Discusión de Resultados

3.1.1 Condiciones del equipo

3.1.1.1 Componentes verificados en el equipo

En el proceso de verificación visual de los componentes que posee el equipo de ensayo de inflamabilidad vertical se identificó que está compuesto por los siguientes componentes.

Cámara de ensayo de inflamabilidad vertical

Mechero o quemador Bunsen

Porta muestras

Pinzas de sujeción de probetas

Válvula de presión de media pulgada para Gas Licuado de Petróleo

Manguera de media pulgada para Gas Licuado de Petróleo

3.1.1.2 Análisis del estado físico del equipo

Para analizar el estado físico del equipo de ensayo se utilizará el siguiente método de calificación:

1= Pésimo

2= Regular

3= Bueno

4= Muy bueno

5= Excelente

3.1.1.3 Cámara de ensayo de inflamabilidad vertical

La calificación se realizó considerando los siguientes parámetros.

Estado físico por el efecto del óxido

Estado físico por el uso

Estado físico por el tiempo sin uso

Tabla 3.1.1: Evaluación realizada a la cámara de ensayo de inflamabilidad vertical.

Parámetro	Calificación
Estado físico por el efecto del óxido	3
Estado físico por el uso	3
Estado físico por el tiempo sin uso	3

Fuente: Autor

De acuerdo con la calificación realizada a la cámara de ensayo de inflamabilidad vertical mostrada en la figura 3.1.1, se determina que el estado físico de la misma es bueno, considerando que posee pequeñas muestras de óxido en su parte interna producto del uso dado a la cámara.



Figura 3.1.1: Cámara de inflamabilidad vertical.

Fuente: Autor

3.1.1.4 Porta muestras

Para el análisis del estado físico del porta muestras se analizó por la superficie oxidada, la superficie carbonizada y su funcionalidad.

Tabla 3.1.2: Evaluación realizada al porta muestras.

Parámetro	Calificación
Estado físico por el efecto del óxido	3
Estado físico por la carbonización	3
Funcionalidad	4

Fuente: Autor

El estado físico del porta muestras mostrado en la figura 3.1.2, recibe una calificación de 3,3 (Bueno) debido a que su superficie posee una mínima capa de carbón y presenta muestras pequeñas de óxido, sin embargo, la funcionalidad del porta muestras es muy buena.



Figura 3.1.2: Porta muestras.

Fuente: Autor

3.1.1.5 Mechero o quemador Bunsen

En el análisis del mechero Bunsen se evalúa el estado físico por efecto del óxido, estado físico interno y funcionalidad.

Tabla 3.1.3: Evaluación realizada al mechero Bunsen.

Parámetro	Calificación
Estado físico por el efecto del óxido	5
Estado físico interno	3
Funcionalidad	4

Fuente: Autor

El mechero bunsen mostrado en la figura 3.1.3, recibe una calificación de 4 (Muy bueno), ya que no existe presencia de óxido, pero en su superficie interna existe

presencia de material de los ensayos realizados pegados a la superficie, sin embargo, su funcionalidad es muy buena.



Figura 3.1.3: Mechero bunsen.

Fuente: Autor

Después de evaluar de forma individual los componentes del equipo de ensayo de inflamabilidad vertical se realizó una prueba de funcionamiento del total del equipo, según se muestra en la figura 3.1.4.



Figura 3.1.4: Prueba de funcionamiento de la cámara de inflamabilidad vertical.

Fuente: Autor

Realizado el análisis de estado físico total del equipo de ensayo de inflamabilidad vertical, con su respectiva prueba de funcionamiento, se determina que el equipo se encuentra en buenas condiciones físicas y funcionales, considerando que se realizó una limpieza de las superficies oxidadas y carbonizadas.

3.1.2 Establecer los parámetros de control

De acuerdo con lo indicado en la norma ASTM D 6413 para un buen funcionamiento y cumplimiento de los parámetros indicados en la misma se establece los siguientes parámetros:

Procesador de información (Autómata programable)

Control de encendido

Paso de gas (GLP) o control de caudal

Control de altura de llama

Control de paso de aire

Control de temperatura de inicio

Control de temperatura final

3.1.3 Selección de alternativas

3.1.3.1 Procesador de información (Autómata programable)

Alternativa 1: PLC's (Programable Logic Controller)

Conocido también como autómata programable industrial (API) el PLC's es un equipo electrónico que permite el control de elementos de accionamiento conectados a él como motores, palancas, cilindros neumáticos, entre otros. Además, permite la lectura de datos mediante sensores instalados en las máquinas. El lenguaje de programación, así como su tamaño, precio, pines de entrada y salida, pueden variar de acuerdo con el fabricante.

El campo de aplicación de los PLC's es muy variado ya que se los puede encontrar en el control de accionamiento de máquinas CNC como tornos, fresadoras, además del uso en la automatización de sistemas industriales y el control de instalaciones.

Ventajas de los PLC's

- Dispone de memoria suficiente para almacenar ecuaciones lógicas de programación.
- Permite realizar modificaciones sin alterar el cableado ni añadir elementos.
- Es de fácil reutilización cuando el proceso controlado queda obsoleto.
- Posee un mínimo número de elementos móviles.
- Menor tiempo de puesta en servicio ya que se reduce los elementos de instalación.
- Es adaptable a cualquier tipo de automatización gracias a su constitución y funcionalidad.
- Los programas cargados al PLC's se pueden parametrizar en tiempos de ejecución o servicio, pudiendo coexistir dos programas en la memoria del PLC's.

Desventajas de los PLC's

- Se necesita de personal altamente capacitado en la programación de PLC's.
- No posee un lenguaje de programación estándar y universal.
- Su software y hardware es incompatible entre sus diferentes fabricantes.
- El costo inicial de implementación es elevado.
- No es posible utilizar en procesos con constantes de tiempo pequeñas o con señales a alta frecuencia.

Alternativa 2: Arduino

Arduino es una plataforma de código abierto libre para la elaboración de proyectos de electrónica, la cual está constituida por un hardware y un software fáciles de utilizar.

Arduino puede sentir su entorno mediante sensores que pueden ser conectados a sus múltiples pines de entrada y salida que posee, además de que puede controlar el mismo mediante el accionamiento de motores u otros componentes.

El control de los proyectos realizados con Arduino puede ser autónomos o pueden ser controlados desde un ordenador con el cual mantenga comunicación ya sea para él envío de señales o recepción de datos.

Ventajas de Arduino

- Se puede acceder al circuito y a las librerías de Arduino y modificarlas si fuera necesario sin necesidad alguna de licencia.
- Fácil de programar ya que posee una infinidad de librerías que contienen hasta los códigos más complejos para la comunicación de Arduino con sus sensores y dispositivos de accionamiento.
- Infinidad de información ya que su hardware y software son libres.
- Posee una amplia variedad de placas según las necesidades del proyecto.
- Se puede elaborar una infinidad de proyectos a un costo bajo.

Desventajas de Arduino

- La utilización de las librerías puede crear un retraso en la ejecución lo que afecta al momento de realizar una adquisición de datos.
- Debido a que la plataforma ya viene ensamblada les quita flexibilidad a los proyectos.

Selección del procesador de información

Para la selección del procesador de información se realizará una evaluación considerando los parámetros más importantes:

Costo

Debido a que el costo de la automatización de banco de ensayo de inflamabilidad debe tener una relación adecuada de costo versus el beneficio, se buscara reducir el costo en la adquisición de procesador de información.

Montaje

La programación y montaje del procesador de información debe brindar la máxima facilidad del caso con el fin de agilizar la puesta en marcha del equipo.

Facilidad de adquisición

El procesador de información debe ser de fácil adquisición, es decir que se pueda encontrar fácilmente en la ciudad o ciudades aledañas con el fin de reducir costos de envío en el caso de que no existiese en el país.

Tabla 3.1.4: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.

COSTO > MONTAJE = FACILIDAD DE ADQUISICIÓN					
CRITERIO	COSTO	MONTAJE	FACILIDAD DE ADQUISICIÓN	$\Sigma+1$	PONDERADO
COSTO		1	1	3	0,50
MONTAJE	0		0,5	1,5	0,25
FACILIDAD DE ADQUISICIÓN	0	0,5		1,5	0,25
SUMA TOTAL				6	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio costo

La evaluación del criterio costo se lo realiza con todas las alternativas plateadas anteriormente.

- Los autómatas programables PLC's son de costo variable dependiendo del fabricante y del número de pines de entrada y salida que posea. Sin embargo, al comparar el costo de un PLC's con el costo de un procesador de información basado en un microprocesador, su costo es elevadamente alto.
- Arduino es un procesador de información basado en un microprocesador lo que hace que este sea económico, sin embargo, su costo puede variar de forma mínima dependiendo del número de pines de entrada y salida que posea el mismo. Al comparar el costo de un Arduino con un PLC's, el Arduino es muy económico.

Tabla 3.1.5: Evaluación del peso específico del criterio costo.

ALTERNATIVA 2 > ALTERNATIVA 1				
COSTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0	1	0,33
ALTERNATIVA 2	1		2	0,67
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio montaje

- Los PLC son fáciles de conectar ya que no se necesita un cableado extenso para realizar la automatización que se desee, además la programación es fácil de

realizar, sin embargo, para realizar la programación se debe licencias de los controladores.

- Arduino es fácil de conectar y de programar ya que posee una infinidad de librerías gratuitas que facilitan la conexión.

Tabla 3.1.6: Evaluación del peso específico del criterio montaje.

ALTERNATIVA 1 = ALTERNATIVA 2				
MONTAJE	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0,5	1,5	0,50
ALTERNATIVA 2	0,5		1,5	0,50
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio facilidad de adquisición

- Los PLC's son difíciles de conseguir en la provincia de acuerdo con las necesidades específicas de cada usuario ya que no existe un alto consumo de PLC's. Por lo tanto, la adquisición de PLC's resulta difícil ya que se deber comprar fuera de la provincia o del país llegando a aumentar su costo por el envío del producto.
- Arduino es fácil de adquirir en la provincia, sin importar el número de pines de entrada y salida que requiera el usuario ya que es utilizado en diversos proyectos de estudiantiles u otros.

Tabla 3.1.7: Evaluación del peso específico del criterio facilidad de adquisición.

ALTERNATIVA 2 > ALTERNATIVA 1				
FACILIDAD DE ADQUISICIÓN	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0	1	0,33
ALTERNATIVA 2	1		2	0,67
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Conclusiones

Tabla 3.1.8: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.

CONCLUSIÓN	COSTO	MONTAJE	FACILIDAD DE ADQUISICIÓN	Σ	PRIORIDAD
ALTERNATIVA 1	0,1333	0,1500	0,1000	0,3833	2
ALTERNATIVA 2	0,2667	0,1500	0,2000	0,6167	1

Fuente: Autor

Mediante la aplicación del método ordinal corregido de criterios ponderados, se determina que la solución que cumple con las expectativas de para una automatización óptima es la alternativa 2. La cual hace referencia al uso de Arduino, ya que brinda facilidades al momento de realizar la programación, montaje y es de fácil adquisición cumpliendo con las necesidades del usuario.

3.1.3.2 Sistema de encendido (Bujía de autoencendido)

Alternativa 1: Bujía de encendido de cocina eléctrica

La bujía de encendido es más conocida como chispero la cual permite que se encienda automáticamente la cocina al girar la manija de apertura del gas. Su funcionamiento consiste en generar una chispa que al estar en contacto con el gas hace que inicie una llama. Este tipo de bujías de cocina deben ser ubicadas lo más unido posible a la salida del gas para su correcto funcionamiento. En la figura 3.1.5 se puede observar la configuración de esta bujía.

Características

Entre sus características esta su tamaño, el cual es más pequeño en comparación con la bujía de calefón, además su punta generadora de chispa es corta.



Figura 3.1.5: Bujía de encendido de cocina eléctrica.

Fuente: Autor

Alternativa 2: Bujía de encendido de calefón

La bujía de calefón mostrada en la figura 3.1.6 tiene el mismo funcionamiento que la bujía de cocina, aunque posee algunas diferencias mínimas como la separación que debe tener la bujía del quemador.

Características

Esta bujía posee una punta generadora de chispa larga, con su extremo afilado.



Figura 3.1.6: Módulo con las bujías de encendido de calefón.

Fuente: Autor

Selección de la bujía de encendido

Para la selección de la bujía de encendido de llama se realizará una evaluación considerando los siguientes parámetros:

Costo

El costo de las bujías para el encendido de llama debe ser accesible con el fin de mantener el presupuesto de proyecto, para que la relación costo beneficio sea óptima.

Asequibilidad

Las bujías deben ser fáciles de conseguir, es decir que se pueda encontrar en la ciudad para que su costo resulte óptimo. Sin embargo, debido al uso dado a este tipo de bujías es fácil de encontrar, ya que frecuentemente se utiliza como repuestos de calefones o cocinas.

Funcionalidad

La bujía seleccionada debe permitir una fácil instalación, además de que sus condiciones de funcionamiento estén acordes con las condiciones de servicio del equipo de ensayo de inflamabilidad.

Tabla 3.1.9: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.

FUNCIONALIDAD > COSTO = ASEQUIBILIDAD					
CRITERIO	FUNCIONALIDAD	COSTO	ASEQUIBILIDAD	$\Sigma+1$	PONDERADO
FUNCIONALIDAD		1	1	3	0,50
COSTO	0		0,5	1,5	0,25
ASEQUIBILIDAD	0	0,5		1,5	0,25
SUMA TOTAL				6	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad

- La bujía de encendido de cocina presenta características de conexión e instalación óptima, sin embargo, su configuración no cumple con los requerimientos de ubicación que debe poseer dentro proyecto debido a las condiciones de diseño.
- La bujía de encendido de calefón, al igual que la bujía de cocina posee características de instalación óptima, además que cumple con los requerimientos de ubicación que debe cumplir según el proyecto a realizar.

Tabla 3.1.10: Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad.

ALTERNATIVA 2 > ALTERNATIVA 1				
FUNCIONALIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0	1	0,33
ALTERNATIVA 2	1		2	0,67
		SUMA TOTAL	3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio costo

- El costo que posee la bujía de cocina se mantiene dentro de los parámetros de costos estipulados, resultando económico en el costo de para la automatización del banco de pruebas de inflamabilidad.
- La bujía de encendido de calefón también posee un costo aceptable manteniéndose dentro de los parámetros de costos estipulados.

Tabla 3.1.11: Evaluación del peso específico del criterio costo.

ALTERNATIVA 1 = ALTERNATIVA 2				
COSTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0,5	1,5	0,50
ALTERNATIVA 2	0,5		1,5	0,50
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio asequibilidad

- La asequibilidad de la bujía de encendido de cocina eléctrica es muy amplia ya es comercializada como repuesto para dichas cocinas, por lo tanto, se la puede encontrar con facilidad.
- De la misma forma de la bujía de cocina, la bujía de calefón también se la puede encontrar con facilidad ya que venden como repuesto para el encendido de calefones.

Tabla 3.1.12: Evaluación del peso específico del criterio asequibilidad.

ALTERNATIVA 2 = ALTERNATIVA 1				
ASEQUIBILIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0,5	1,5	0,50
ALTERNATIVA 2	0,5		1,5	0,50
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Conclusiones

Tabla 3.1.13: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.

CONCLUSIÓN	FUNCIONALIDAD	COSTO	ASEQUIBILIDAD	Σ	PRIORIDAD
ALTERNATIVA 1	0,1333	0,1500	0,1500	0,4333	2
ALTERNATIVA 2	0,2667	0,1500	0,1500	0,5667	1

Fuente: Autor

Mediante la aplicación del método ordinal corregido de criterios ponderados, se determina que la solución que cumple con las expectativas de para un encendido óptimo dentro de la automatización es la alternativa 2. La cual hace referencia al uso de una bujía de calefón, la cual generara la chispa para el encendido del mechero o quemador bunsen utilizado en el equipo. La alternativa 2 fue la seleccionada ya que brinda facilidades al momento de realizar la instalación en la ubicación requerida por el usuario para el cumplimiento de los parámetros de funcionamiento.

3.1.3.3 Sistema de paso y control de caudal (Válvula solenoide)

Alternativa 1: Válvula solenoide proporcional

Las válvulas proporcionales como la mostrada en la figura 3.1.7 pueden poseer distintas posiciones por lo cual se clasifican en válvula proporcionales direccionales, de caudal y de presión. Al poseer un solenoide proporcional puede crear una fuerza igual a la corriente de entrada. Para este proyecto se pretende utilizar una válvula proporcional de caudal que permite controlar el flujo a altas presiones de forma eficiente. También se puede encontrar válvulas proporcionales integradas que consisten en un servo motor adaptado a una válvula, la cual se utiliza para un control de alta precisión.

La apertura de este tipo de válvulas es proporcional a la señal de entrada, en la que su control consiste en el desplazamiento de una aguja que regula el caudal, controlando el rango de la carrera nominal de la aguja o pistón y la corriente nominal, la fuerza de accionamiento es proporcional a la corriente de entrada.



Figura 3.1.7: Válvula proporcional solenoide.

Fuente: [6]

Ventajas

- La válvula proporcional puede ajustarse electrónicamente para caudales diferentes sin necesidad de accionamiento manual.
- Permite trabajar con presiones altas.
- Son accionadas por un solenoide proporcional.
- Permite accionamientos más rápidos.

Desventajas

- Difícil asequibilidad ya que no es muy común.
- Costo elevado.
- El manejo de distintos caudales y presiones pueden generar un colapso.
- Se requiere adicionar válvulas para mejorar la precisión.
- Problemas de transición de una condición con otra.

Alternativa 2: Válvula solenoide ON/OFF con una adaptación de servomotor al quemador bunsen para la regulación de caudal.

Una válvula solenoide o electroválvula mostrada en la figura 3.1.8, es utilizada para controlar el paso de gas o fluidos. Su apertura se basa en la activación de un electroimán que trabaja junto a un muelle que permite que la válvula regrese a su posición neutral cuando se desactiva el solenoide.

Este tipo de válvulas pueden funcionar con corriente alterna AC o con corriente continua DC. Dependiendo del tipo de corriente, las válvulas pueden trabajar a distinto

voltaje ya sea a 110V o 220V si trabaja con corriente alterna, si trabaja con corriente directa o continua puede trabajar a 12V o 24V dependiendo del tipo de válvula.



Figura 3.1.8: Válvula solenoide ON/OFF.

Fuente: Autor.

Ventajas

- Permite control de a distancia.
- Versatilidad en los modelos y tipos.
- Permite trabajar con presiones altas.
- Accionamiento rápido
- Costo asequible.

Desventajas

- Solo puede funcionar como dispositivo ON/OFF.

Selección del tipo de paso y control de caudal

Para seleccionar el tipo de control adecuado para flujo de gas tomaremos en cuenta el análisis de ciertos parámetros que permitirán determinar la alternativa adecuada a nuestro proyecto:

Costo

La evaluación de costo de los dos tipos de sistemas alternativos a utilizar para el paso y control de caudal debe estar en función del costo beneficio al cual está implicado.

Asequibilidad

Las válvulas mencionadas como alternativas deben ser de fácil adquisición dentro de la provincia o el país ya que el envío implica costos adicionales al proyecto.

Funcionalidad

El sistema seleccionado debe funcionar acorde a los requerimientos del proyecto ya sea con o sin componentes extras.

Montaje

El sistema de control de caudal debe permitir una fácil instalación, con el fin de permitir su montaje y desmontaje para cuando se realice mantenimiento de la máquina y de sus componentes.

Tabla 3.1.14: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.

COSTO > ASEQUBILIDAD > FUNCIONALIDAD = MONTAJE						
CRITERIO	COSTO	ASEQUIBILIDAD	FUNCIONALIDAD	MONTAJE	$\Sigma+1$	PONDERADO
COSTO		1	1	1	4	0,40
ASEQUIBILIDAD	0		1	1	3	0,30
FUNCIONALIDAD	0	0		0,5	1,5	0,15
MONTAJE	0	0	0,5		1,5	0,15
				SUMA TOTAL	10	1,00

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio costo

- El costo que posee la alternativa uno correspondiente al sistema de control de caudal mediante válvula proporcional el completamente elevado en comparación con la alternativa dos planteada, por lo tanto, la alternativa uno es devaluado en el criterio costo.
- La alternativa dos correspondiente a una válvula solenoide ON/OFF con adaptación de un servomotor, resulta económico en comparación con la alternativa una, por lo tanto, se mantiene dentro de los parámetros de costos aceptables.

Tabla 3.1.15: Evaluación del peso específico del criterio costo.

ALTERNATIVA 2 > ALTERNATIVA 1					
COSTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO	
ALTERNATIVA 1		0	1	0,33	
ALTERNATIVA 2	1		2	0,67	
			SUMA TOTAL	3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio asequibilidad

- La alternativa dos es de difícil adquisición, ya que debido poco uso que tiene dicho componente en la industria dentro del país no es comerciable, por lo que se debería importar lo que incurriría en costos adicionales al proyecto, llegando hasta sobrepasar el costo del componente en sí.
- La alternativa dos corresponde a un sistema de componentes altamente comerciables dentro de la provincia y el país, ya que se los utiliza en distintos proyectos educativos e industriales.

Tabla 3.1.16: Evaluación del peso específico del criterio asequibilidad.

ALTERNATIVA 2 > ALTERNATIVA 1				
ASEQUIBILIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0	1	0,33
ALTERNATIVA 2	1		2	0,67
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad

- La funcionalidad de la alternativa uno, correspondiente a la válvula proporcional es óptima ya que está diseñado para dicho propósito en específico, por lo que su funcionamiento sería el correcto para el proyecto.
- La alternativa dos, correspondiente al sistema de válvula ON/OFF y servomotor presenta una funcionalidad menor a la alternativa uno, ya que sería una adaptación para cumplir el propósito de la alternativa uno, sin embargo, su funcionamiento cumple los requerimientos del proyecto.

Tabla 3.1.17: Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad.

ALTERNATIVA 1 > ALTERNATIVA 2				
FUNCIONALIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		1	2	0,67
ALTERNATIVA 2	0		1	0,33
SUMA TOTAL			3	1,00

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio montaje

- El montaje de la válvula proporcional es eficiente ya que no necesita adaptaciones externas, sin embargo, se necesita modificar el mechero al cual se va a instalar.
- La instalación de la válvula ON/OFF es rápida, sin embargo, se debe instalar al mechero un servomotor que permita controlar el flujo de gas.

Tabla 3.1.18: Evaluación del peso específico del criterio montaje.

ALTERNATIVA 1 = ALTERNATIVA 2				
MONTAJE	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0,5	1,5	0,50
ALTERNATIVA 2	0,5		1,5	0,50
		SUMA TOTAL	3	1,00

Fuente: Autor

Conclusiones

Tabla 3.1.19: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.

CONCLUSIÓN	COSTO	ASEQUIBILIDAD	FUNCIONALIDAD	MONTAJE	Σ	PRIORIDAD
ALTERNATIVA 1	0,1167	0,0833	0,1333	0,1000	0,4333	2
ALTERNATIVA 2	0,2333	0,1667	0,0667	0,1000	0,5667	1

Fuente: Autor

Mediante la aplicación del método ordinal corregido de criterios ponderados, se determina que la solución que cumple con las expectativas de para el control y regulación de caudal de gas es la alternativa dos por las facilidades que brinda en la adquisición correspondiente a costo y asequibilidad.

3.1.3.4 Sistema de verificación de encendido de llama

Alternativa 1: Sensor de flama YG1006

El sensor de flama YG 1006 mostrado en la figura 3.1.9, permite detectar la presencia de fuego con la ayuda de un foto transistor NPN YG1006, el cual es sensible a la luz infrarroja. En la presencia de fuego el transistor se polariza permitiendo la salida de

una señal analógica y una señal digital, la cual se puede leer fácilmente con la ayuda de una placa de Arduino.

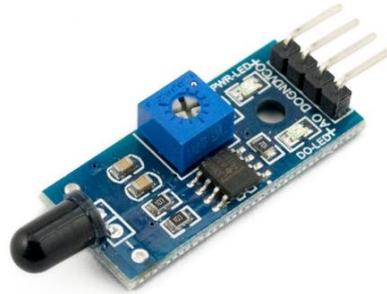


Figura 3.1.9: Sensor de flama YG1006.

Fuente: Autor.

Ventajas

- Costo asequible.
- Es de fácil adquisición.
- Proporciona señales analógicas y digitales.
- Permite regular la sensibilidad del sensor.
- Soporta temperaturas de hasta 85°C.
- Tiempo de respuesta rápido.

Alternativa 2: Sensor de flama KY-026.

Este sensor de llama mostrado en la figura 3.1.10, posee un comparador analógico LM393 y un sensor PIR que detecta luz infrarroja, además posee un potenciómetro para ajustar la sensibilidad del sensor.

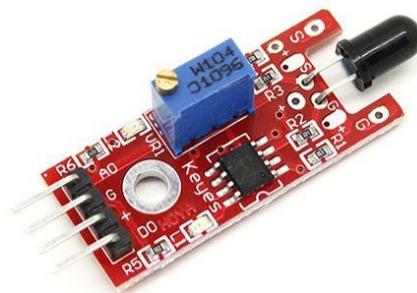


Figura 3.1.10: Sensor de flama KY-026.

Fuente: Autor.

Ventajas

- Costo asequible.
- Proporciona señales analógicas y digitales.
- Permite regular la sensibilidad del sensor.
- Soporta temperaturas de hasta 85°C.

Selección del tipo de sensor de flama

Para seleccionar el sensor de flama a utilizar en el proceso de automatización se pondrá a consideración de los siguientes parámetros para su evaluación.

Asequibilidad

Los sensores de flama mencionados deben permitir una fácil adquisición, de ser posible dentro de la provincia. Con el fin de evitar costos adicionales al proyecto.

Funcionalidad

El sensor de flama seleccionado debe funcionar acorde a los requerimientos del proyecto, garantizando una fiabilidad óptima.

Costo

La evaluación del costo de las alternativas mencionadas debe estar en función del costo beneficio al cual está implicado.

Tabla 3.1.20: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.

ASEQUIBILIDAD > FUNCIONALIDAD = COSTO					
CRITERIO	ASEQUIBILIDAD	FUNCIONALIDAD	COSTO	$\Sigma+1$	PONDERADO
ASEQUIBILIDAD		1	1	3	0,50
FUNCIONALIDAD	0		0,5	1,5	0,25
COSTO	0	0,5		1,5	0,25
			SUMA TOTAL	6	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio asequibilidad

- La alternativa uno corresponde a un sensor altamente comerciables dentro de la provincia y el país, ya que se los utiliza en distintos proyectos educativos e industriales.
- La alternativa dos presenta una leve dificultad en su asequibilidad, ya que no se encuentra de forma común en los centros comerciales de la provincia, por lo que su adquisición fuera de la provincia implicaría un costo adicional al componente.

Tabla 3.1.21: Evaluación del peso específico del criterio asequibilidad.

ALTERNATIVA 1 > ALTERNATIVA 2				
ASEQUIBILIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\sum+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		1	2	0,67
ALTERNATIVA 2	0		1	0,33
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad

- La funcionalidad de la alternativa uno es adecuada para el sistema al cual se le va a implementar, además de poseer características similares a la alternativa dos. Debido a lo cual su valor en la ponderación es semejante a dicha alternativa
- La alternativa dos al poseer características similares al sensor de la alternativa uno obtiene un valor de ponderación similar, por lo que resultan empatados en este criterio.

Tabla 3.1.22: Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad.

ALTERNATIVA 1 = ALTERNATIVA 2				
FUNCIONALIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\sum+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0,5	1,5	0,50
ALTERNATIVA 2	0,5		1,5	0,50
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio costo

- El costo que posee la alternativa uno correspondiente al sensor de flama YG 1006 es similar al costo del sensor de la alternativa dos, por lo tanto, el valor que obtiene en la tabla de criterios ponderados es semejante.
- La alternativa dos correspondiente al sensor de flama KY – 026 posee un costo similar al de la alternativa uno, por ende, su valor en la ponderación también.

Tabla 3.1.23: Evaluación del peso específico del criterio costo.

ALTERNATIVA 1 = ALTERNATIVA 2				
COSTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0,5	1,5	0,50
ALTERNATIVA 2	0,5		1,5	0,50
		SUMA TOTAL	3	1

Fuente: Autor

Conclusiones

Tabla 3.1.24: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.

CONCLUSIÓN	ASEQUIBILIDAD	FUNCIONALIDAD	COSTO	Σ	PRIORIDAD
ALTERNATIVA 1	0,3333	0,1250	0,1250	0,5833	1
ALTERNATIVA 2	0,1667	0,1250	0,1250	0,4167	2

Fuente: Autor

Mediante la aplicación del método ordinal corregido de criterios ponderados, se determina que la solución que cumple con los requerimientos para determinar la presencia de llama es la alternativa uno, la cual corresponde al sensor YG 1006, ya que brinda facilidades al momento de adquirir dicho sensor.

3.1.3.5 Sistema de control de giro o apertura

Alternativa 1: Servo motor sg90

El servo motor SG90 mostrado en la figura 3.1.11, es considerado servo miniatura ya que es utilizado en proyectos con espacios pequeños y bajo torque, además de estar

construido totalmente en plástico. Este tipo de servomotores funciona con cualquier tipo de microcontrolador.



Figura 3.1.11: Servo motor Sg90.

Fuente: Autor.

Ventajas

- Es pequeño y liviano.
- Se puede manejar con cualquier tipo de controlador.
- De fácil adquisición.

Desventajas

- Su toque es bajo.
- Está construido totalmente en plástico.
- Se debe utilizar alimentación independiente para evitar el ruido eléctrico que genera.

Alternativa 2: Servo motor MG996R.

El servo motor MG996R mostrado en la figura 3.1.12, es robusto con un tamaño estándar, además posee un torque de 11Kg. Esta construido en una carcasa de plástico con engranes de metal con lo cual presentan un alto desempeño en las aplicaciones asignadas.



Figura 3.1.12: Servo motor MG996R.

Fuente: Autor.

Ventajas

- Permite rotar su eje aproximadamente 180 grados.
- Puede trabajar con diversas plataformas de microcontroladores como Arduino.
- Posee engranes de metal.
- De fácil adquisición.

Desventajas

- Se debe utilizar alimentación independiente para evitar el ruido eléctrico que genera.

Selección del modelo de servo motor a utilizar

Para seleccionar el servo motor para el control de giro de la apertura del aire y aguja del mechero se pondrá a consideración de los siguientes parámetros para su evaluación.

Torque

El servo motor seleccionado debe tener el suficiente torque para vencer fácilmente la fuerza de fricción y presión que genere la tapa del aire y aguja del mechero, respectivamente, esto con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del mecanismo.

Funcionalidad

El servo motor seleccionado debe funcionar acorde a los requerimientos del proyecto, garantizando una fiabilidad óptima al controlar la apertura del aire y gas de la cámara de combustión.

Costo

La evaluación del costo de las alternativas mencionadas debe estar en función del costo beneficio al cual está implicado, garantizando la funcionalidad del mecanismo.

Tabla 3.1.25: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.

TORQUE > FUNCIONALIDAD > COSTO					
CRITERIO	TORQUE	FUNCIONALIDAD	COSTO	$\Sigma+1$	PONDERADO
TORQUE		1	1	3	0,55
FUNCIONALIDAD	0		0,5	1,5	0,27
COSTO	0	0		1	0,18
SUMA TOTAL				5,5	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio torque

- La alternativa uno corresponde a un servo motor pequeño con un bajo torque, el cual difícilmente vencerá la fuerza de fricción y de presión.
- La alternativa dos presenta corresponde a un servo motor con engranes de metal que garantizan la resistencia de este, además de poseer un torque de 11Kg con lo cual vencerá fácilmente las fuerzas de fricción y presión.

Tabla 3.1.26: Evaluación del peso específico del criterio torque.

ALTERNATIVA 2 > ALTERNATIVA 1				
TORQUE	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0	1	0,33
ALTERNATIVA 2	1		2	0,67
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad

- La funcionalidad de la alternativa uno es adecuada para el sistema al cual se le va a implementar, ya que las características de sus materiales son diferentes a la alternativa dos.
- La alternativa dos posee características técnicas superiores a la alternativa uno por cual su valor de ponderación el alto.

Tabla 3.1.27: Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad.

ALTERNATIVA 1 < ALTERNATIVA 2				
FUNCIONALIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0	1	0,33
ALTERNATIVA 2	1		2	0,67
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio costo

- El costo que posee la alternativa uno correspondiente al servo motor SG 90 es menor a la alternativa dos, ya que sus características técnicas son inferiores a dicha alternativa.
- La alternativa dos correspondiente al servo motor MG996R posee un costo mayor a la alternativa uno, ya que sus características técnicas son superiores en cuanto a resistencia y torque.

Por la diferencia entre precios y caracterizas técnicas que poseen las dos alternativas obtienen un valor de ponderación semejante las dos alternativas.

Tabla 3.1.28: Evaluación del peso específico del criterio costo.

ALTERNATIVA 1 = ALTERNATIVA 2				
COSTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0,5	1,5	0,50
ALTERNATIVA 2	0,5		1,5	0,50
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Conclusiones

Tabla 3.1.29: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.

CONCLUSIÓN	TORQUE	FUNCIONALIDAD	COSTO	Σ	PRIORIDAD
ALTERNATIVA 1	0,2000	0,0667	0,1000	0,3667	2
ALTERNATIVA 2	0,4000	0,1333	0,1000	0,6333	1

Fuente: Autor

Mediante la aplicación del método ordinal corregido de criterios ponderados, se determina que la solución adecuada para el control de apertura de aire y regulación de la altura de llama es el servo motor MG996R al obtener el valor más alto en la ponderación realizada debido a sus características técnicas.

3.1.3.6 Sistema de medición de temperatura

Alternativa 1: Módulo MLX90614

El módulo MLX90614 mostrado en la figura 3.1.13, es un sensor infrarrojo utilizado para medir la temperatura, el cual se puede conectar a un procesador como Arduino para medir la temperatura de objetos a cierta distancia. Este dispositivo se comunica a través de SMBus, que es un bus de comunicación I2C, debido a lo cual resulta fácil su comunicación.

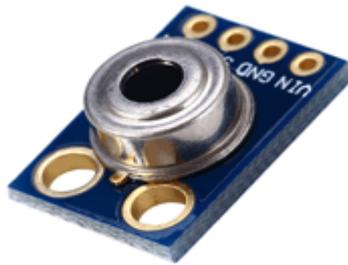


Figura 3.1.13: Módulo MLX90614.

Fuente: Autor.

Ventajas

- Se puede conectar varios sensores de forma simultánea.
- Se encuentra varios modelos de sensores de temperatura con módulos similares.

Desventajas

- El rango máximo viene calibrado para medir temperaturas de objetos en un rango -70 a 382 °C.

Alternativa 2: Termocupla tipo K con módulo MAX 6675.

Las termocuplas como la mostrada en la figura 3.1.14, son sensores de temperatura utilizados comúnmente en el sector industrial, ya que su variedad y rango de trabajo es amplio, dependiendo del material del cual este fabricado. La termocupla tipo K se utiliza en hornos con temperaturas inferiores a 1300°C, están fabricadas de Cromel – Alumel (Níquel – Cromo vs Níquel – Aluminio). No se recomienda utilizar en atmosferas sulfurosas a menos que se encuentre protegido.

Para la conexión Arduino se utiliza un módulo MAX6675, el cual realiza una compensación de la unión fría y digitaliza la señal del termopar. Los datos emitidos por el módulo poseen una resolución de 12 bits, los cuales son compatibles con SPI.



Figura 3.1.14: Termocupla tipo K con módulo MAX 6675.

Fuente: Autor.

Ventajas

- Se puede conectar varios sensores de forma simultánea.
- Se encuentra varios tipos de termopares dependiendo la aplicación.
- Resistente al uso industrial.
- Rango de medición de (0 a 1024°C)

Desventajas

- No se recomienda usar en ambientes sulfurosos.

Selección del sensor de temperatura a utilizar

Para seleccionar de forma adecuada el sensor de temperatura se realiza una evaluación considerando los parámetros a los cuales va a estar expuesto el componente dentro de la máquina.

Rango de medición

El sensor de temperatura seleccionado debe ser capaz de resistir temperaturas hasta los 500 grados, además de ser resistente a la corrosión. Con el fin de evitar reparaciones continuas.

Funcionalidad

El sensor de temperatura seleccionado debe funcionar acorde a los requerimientos del proyecto, garantizando una fiabilidad óptima, también debe permitir una fácil instalación en el interior de la máquina sin obstruir el área de trabajo.

Costo

El costo de las alternativas mencionadas es similar a pesar de poseer diferentes rangos de medición y material de construcción.

Tabla 3.1.30: Valoración de los parámetros para la selección de alternativas.

RANGO DE MEDICIÓN > FUNCIONALIDAD > COSTO					
CRITERIO	RANGO DE MEDICIÓN	FUNCIONALIDAD	COSTO	$\Sigma+1$	PONDERADO
RANGO DE MEDICIÓN		1	1	3	0,55
FUNCIONALIDAD	0		0,5	1,5	0,27
COSTO	0	0		1	0,18
			SUMA TOTAL	5,5	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio rango de medición

- La alternativa uno corresponde a un sensor que posee un rango temperatura menor al solicitado, a pesar de poseer distintos modelos en diferentes configuraciones del rango de medición. El rango máximo de este tipo de sensor viene calibrado para medir temperaturas de objetos en un rango -70 a 382 °C
- La alternativa dos representa a un termopar tipo K que permite leer hasta temperaturas mayores a la solicitada, el rango de temperatura es de 0 a 1024°C. este sensor cumple los requerimientos solicitados por lo que obtiene un valor alto en la ponderación realizada.

Tabla 3.1.31: Evaluación del peso específico del criterio rango de medición.

ALTERNATIVA 1 < ALTERNATIVA 2					
RANGO DE MEDICIÓN	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\Sigma+1$	PONDERADO	
ALTERNATIVA 1		0	1	0,33	
ALTERNATIVA 2	1		2	0,67	
			SUMA TOTAL	3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad

- La funcionalidad de la alternativa uno representa a un sensor, el cual requiere una modificación para utilizado en el interior de la máquina.
- La alternativa dos al poseer características apropiadas para el uso industrial posee una funcionalidad optima, la cual la hace idónea para el proyecto. Con lo cual obtiene una calificación alta en la ponderación del criterio funcionalidad.

Tabla 3.1.32: Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad.

ALTERNATIVA 1 < ALTERNATIVA 2				
FUNCIONALIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\sum+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0	1	0,33
ALTERNATIVA 2	1		2	0,67
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio costo

- El costo que posee la alternativa uno correspondiente al sensor de temperatura MLX90614 es similar al costo del sensor de la alternativa dos, por lo tanto, el valor que obtiene en la tabla de criterios ponderados es semejante.
- La alternativa dos correspondiente al termopar tipo K incluido el módulo MAX 6675 posee un costo similar al de la alternativa uno, por ende, su valor en la ponderación también.

Tabla 3.1.33: Evaluación del peso específico del criterio costo.

ALTERNATIVA 1 = ALTERNATIVA 2				
COSTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	$\sum+1$	PONDERADO
ALTERNATIVA 1		0,5	1,5	0,50
ALTERNATIVA 2	0,5		1,5	0,50
SUMA TOTAL			3	1

Fuente: Autor

Conclusiones

Tabla 3.1.34: Tabla de conclusiones de alternativas y criterios.

CONCLUSIÓN	TORQUE	FUNCIONALIDAD	COSTO	Σ	PRIORIDAD
ALTERNATIVA 1	0,2000	0,0833	0,0750	0,3583	2
ALTERNATIVA 2	0,4000	0,1667	0,0750	0,6417	1

Fuente: Autor

Mediante la aplicación del método ordinal corregido de criterios ponderados, se determina que la solución idónea para la medición de temperatura en el interior de la cámara de vertical de ensayos de inflamabilidad es la alternativa dos, ya que posee características óptimas en cuanto al rango de medición y a la funcionalidad de este.

3.1.4 Montaje de los componentes seleccionados en el equipo

Seleccionados y adquiridos los componentes a utilizar en el proceso de automatización se inicia con el montaje de estos. Este proceso se realiza tomando en cuenta el espacio que posee la cámara, la cual se muestra en la figura 3.1.15, y dimensiones que especifica la norma ASTM D6413, como área libre para la ejecución y parámetros propios del ensayo.



Figura 3.1.15: Estado inicial de la cámara de ensayo de inflamabilidad vertical.

Fuente: Autor.

Por tal razón se procede a identificar el área disponible del interior de la cámara de inflamabilidad para ubicación de los componentes sin alterar parámetros propios de la máquina.

Montaje

Tomando en cuenta el espacio entre la boca del mechero y la base de la porta probetas que es de 19mm, se procede a colocar una base de madera que permita aislar el metal del mechero del resto de la máquina, con el fin de evitar el paso de corriente entre ellos, como se muestra en la figura 3.1.16.



Figura 3.1.16: Quemador bunsen sobre la base de madera.

Fuente: Autor.

Para evitar residuos de GLP que eviten un apagado instantáneo del mechero se coloca la válvula solenoide junto al mechero, la cual está adaptada con un par de racores que permiten desmontar fácilmente, como se muestra en la figura 3.1.17.



Figura 3.1.17: Conexión de la válvula solenoide al mechero.

Fuente: Autor.

Los servomotores fueron instalados uno a la aguja reguladora de altura del mechero y otro al regulador de aire como se muestra en la figura 3.1.18, respectivamente. El servo motor utilizado para regular el GLP está adaptado con un sistema de dos engranes, unos encajado a la aguja y otro al eje del ser motor. El servo motor utilizado para regular el paso del aire está adaptado con un brazo de metal sujetado a la tapa del aire que le permite abrir o cerrar gradualmente según sea necesario.



Figura 3.1.18: Adaptación de los servomotores al mechero.

Fuente: Autor.

El chispero seleccionado para el encendido fue adaptado con alambre sujetado en tubo del mechero con las bujías apuntado a la salida de gas para la creación de llama como se muestra en la figura 3.1.19. El módulo del mismo fue colocado en la parte exterior de la máquina.



Figura 3.1.19: Instalación del chispero en el mechero.

Fuente: Autor.

Para sujetar los sensores de flama y de temperatura se colocó dos soportes de metal, los cuales están atornillados a la pared interna de la cámara como se muestra en la figura 3.1.20. Además, se colocó un gancho instalado en la interna posterior de la cámara, el cual permitirá ubicar la porta probetas en la posición adecuada para realizar el ensayo, únicamente halando el gancho y sin necesidad de abrir la puerta.



Figura 3.1.20: Instalación de soporte para los sensores.

Fuente: Autor.

Para la ubicación del microcontrolador, módulos de los sensores y de accionamiento se ubicó una caja PVC en la parte posterior de la cámara como se muestra en la figura 3.1.21. La caja mantiene una separación entre la superficie de la cámara y la caja, con el fin de aislar la caja del calor generado por la cámara y así evitar que se deteriore fácilmente.



Figura 3.1.21: Instalación de la caja de PVC.

Fuente: Autor.

Con el fin de aislar los componentes instalados en la parte interior baja de la cámara como es el calor y los residuos desprendidos de los materiales ensayados se realizó una cubierta de protección, la cual está construida en acero inoxidable con un relleno de lana de vidrio para aislar el calor del área de ensayo, la cubierta está ubicada como se muestra en la figura 3.1.22. Además, se instala una tapa, la cual va conectada a un servo motor y permite tapar el área descubierta de la punta del mechero una vez finalizado el ensayo y así evitar la caída de residuos en el interior del mechero.



Figura 3.1.22: Instalación de la protección de componentes.

Fuente: Autor.

Los sensores se colocaron en tres lugares de la máquina dependiendo de la necesidad de cada sensor. Los sensores de flama fueron ubicados en la parte interna de la cámara para determinar la presencia de flama, los sensores de proximidad fueron ubicados uno en la puerta y otro en la salida del gancho de la porta probetas. La ubicación de estos sensores se puede evidenciar en la figura 3.1.23, 3.1.24 y en la figura 3.1.25.



Figura 3.1.23: Ubicación de los sensores de flama.

Fuente: Autor.



Figura 3.1.24: Ubicación del sensor de la puerta.

Fuente: Autor.



Figura 3.1.25: Ubicación del sensor de la probeta.

Fuente: Autor.

Finalmente, después de haber colocado todos los sistemas de accionamiento y lectura de datos, se procede a ubicar los módulos de control y recepción de señales que permitirán trabajar a la máquina con la ayuda del microcontrolador Arduino. Estos módulos se ubican en la caja de PVC para su protección y aislamiento de la suciedad exterior. Como se observa en la figura 3.1.26.

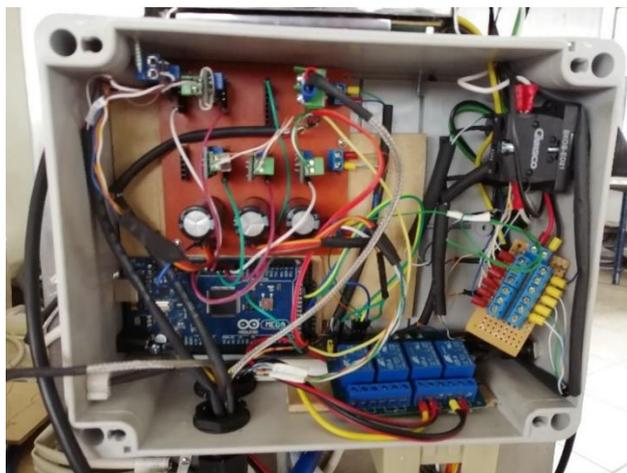


Figura 3.1.26: Instalación los componentes de accionamiento y control.

Fuente: Autor.

Para la alimentación y protección de los componentes electrónicos se utiliza una fuente y fusibles adecuados para cada componente. La fuente utilizada recibe un voltaje de entrada de 110V, la cual regula y entrega a la salida un voltaje de 5 a 6V y una corriente máxima de 6A. Los fusibles actúan como protección de los componentes en el caso de existir exceso de corriente. La ubicación de la fuente se observa en la figura 3.1.27 y la ubicación de fusiles en la figura 3.1.28.



Figura 3.1.27: Ubicación de la fuente de alimentación.

Fuente: Autor.



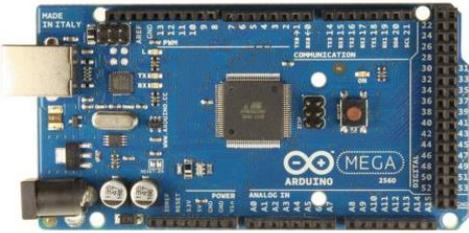
Figura 3.1.28: Ubicación de fusibles de protección.

Fuente: Autor.

Para el manejo del sistema de control instalado se crea una interfaz de control en un software específico el cual permitirá desde un ordenador controlar monitorear todo el proceso.

3.1.5 Manual de mantenimiento de los componentes de control

Fichas técnicas de los componentes de control utilizados.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Laboratorios de Ingeniería Mecánica 			
REGISTRO DE COMPONENTES		FECHA:	03/06/2019
		CÓDIGO:	RC-MTO-01
		VERSIÓN:	00
		FICHA:	Ficha 164 de 7
DATOS GENERALES		EQUIPO	CÓDIGO: AM2560-01
NOMBRE:	Arduino MEGA		
CANTIDAD:	1		
UBICACIÓN:	Laboratorios FICM		
MODELO:	MEGA 2560		
AÑO:	2019		
TESISTA:	Daniel Saquina		
DATOS TÉCNICOS			
FUENTE DE ENERGÍA:	Eléctrica		
TIPO DE CORRIENTE:	Corriente continua DC		
VOLTAJE DE ENTRADA:	De 7V hasta 12V.		
VOLTAJE OPERATIVO:	5V		
CORRIENTE DC:	40 mA por cada pin de entrada y salida digital.		
DIMENSIONES:	106x54x12mm		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Laboratorios de Ingeniería Mecánica



REGISTRO DE COMPONENTES		FECHA:	03/06/2019
		CÓDIGO:	RC-MTO-01
		VERSIÓN:	00
		FICHA:	Ficha 2 de 7
DATOS GENERALES		EQUIPO	CÓDIGO: SF-01, SF-02, SF-03, SF-04, SF-05
NOMBRE:	Módulos de sensores de flama		
CANTIDAD:	5		
UBICACIÓN:	Laboratorios FICM		
MODELO:	YG1006		
AÑO:	2019		
TESISTA:	Daniel Saquina		
DATOS TÉCNICOS			
FUENTE DE ENERGÍA:	Eléctrica		
TIPO DE CORRIENTE:	Corriente continua DC		
VOLTAJE DE ENTRADA:	De 3,3 hasta 5V.		
VOLTAJE OPERATIVO:	5V		
TIPO DE SENAL:	Señal digital DO y señal analógica AO		
ÁNGULO DE DETECCIÓN:	Hasta 60 grados		
DIMENSIONES:	35x15x14mm		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Laboratorios de Ingeniería Mecánica



REGISTRO DE COMPONENTES	FECHA:	03/06/2019	
	CÓDIGO:	RC-MTO-01	
	VERSIÓN:	00	
	FICHA:	Ficha 3 de 7	
DATOS GENERALES		EQUIPO	CÓDIGO: SM-01, SM-02, SM-03
NOMBRE:	Servo motores		
CANTIDAD:	3		
UBICACIÓN:	Laboratorios FICM		
MODELO:	MG996R		
AÑO:	2019		
TESISTA:	Daniel Saquina		
DATOS TÉCNICOS			
FUENTE DE ENERGÍA:	Eléctrica		
TIPO DE CORRIENTE:	Corriente continua DC		
VOLTAJE DE ENTRADA:	De 4,8 hasta 7,2V.		
VELOCIDAD DE OPERACIÓN:	0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)		
TIPO DE SENAL:	PWM		
ÁNGULO DE GIRO:	De 0 hasta 180 grados		
TORQUE:	11 kgf.cm a 6V		
DIMENSIONES:	40,7x19,7x42,9mm		
PESO:	55 gramos		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Laboratorios de Ingeniería Mecánica



REGISTRO DE COMPONENTES		FECHA:	03/06/2019
		CÓDIGO:	RC-MTO-01
		VERSIÓN:	00
		FICHA:	Ficha 4 de 7
DATOS GENERALES		EQUIPO	CÓDIGO: TK-01
NOMBRE:	Termopar		
CANTIDAD:	1		
UBICACIÓN:	Laboratorios FICM		
MODELO:	Tipo K		
AÑO:	2019		
TESISTA:	Daniel Saquina		
DATOS TÉCNICOS			
FUENTE DE ENERGÍA:	Eléctrica		
TIPO DE CORRIENTE:	Corriente continua DC		
VOLTAJE DE TRABAJO:	5V		
RANGO DE MEDICIÓN:	De 0 a 1024 °C		
MÓDULO DE CONEXIÓN:	Conexión mediante el módulo MAX 6675		
TIPO DE CONEXIÓN:	Conexión mediante bus SPI		
PRESICIÓN:	De 0,25 °C		
MATERIAL:	Composición de Níquel – Cromo y Níquel – Aluminio.		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Laboratorios de Ingeniería Mecánica



REGISTRO DE COMPONENTES	FECHA:	03/06/2019
	CÓDIGO:	RC-MTO-01
	VERSIÓN:	00
	FICHA:	Ficha 5 de 7
DATOS GENERALES		EQUIPO CÓDIGO: VS-01
NOMBRE:	Válvula solenoide	
CANTIDAD:	1	
UBICACIÓN:	Laboratorios FICM	
MODELO:	2W025-08	
AÑO:	2019	
TESISTA:	Daniel Saquina	
DATOS TÉCNICOS		
FUENTE DE ENERGÍA:	Eléctrica	
TIPO DE CORRIENTE:	Corriente alterna AC	
VOLTAJE DE ENTRADA:	110V	
TEMPERATURA DE TRABAJO:	De 5 a 80 °C	
TIPO DE ACCIONAMIENTO:	Estado normalmente cerrado con accionamiento ON//OFF	
PRESIÓN DE TRABAJO:	10 Kgf/cm ²	
DIMENSIONES:	mm	
PESO:	gramos	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Laboratorios de Ingeniería Mecánica



REGISTRO DE COMPONENTES		FECHA:	03/06/2019
		CÓDIGO:	RC-MTO-01
		VERSIÓN:	00
		FICHA:	Ficha 6 de 7
DATOS GENERALES		EQUIPO	CÓDIGO: MR-01
NOMBRE:	Módulo de relés		
CANTIDAD:	1		
UBICACIÓN:	Laboratorios FICM		
MODELO:	SRD-05VDC		
AÑO:	2019		
TESISTA:	Daniel Saquina		
DATOS TÉCNICOS			
FUENTE DE ENERGÍA:	Eléctrica		
TIPO DE CORRIENTE:	Corriente continua DC		
VOLTAJE DE ENTRADA:	5V		
CORRIENTE DE CONTROL:	De 10 a 20 mA		
TIPO DE SENAL:	Accionado mediante señal digital		
VOLTAJE DE TRABAJO:	Hasta 250V y 10A en corriente alterna o 30V en corriente directa		
TIPO DE CORRIENTE DE TRABAJO:	Corriente directa o alterna		
DIMENSIONES:	47x29x18mm		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Laboratorios de Ingeniería Mecánica



REGISTRO DE COMPONENTES	FECHA:	03/06/2019
	CÓDIGO:	RC-MTO-01
	VERSIÓN:	00
	FICHA:	Ficha 7 de 7
DATOS GENERALES		EQUIPO CÓDIGO: MI-01
NOMBRE:	Módulo de ignición	
CANTIDAD:	1	
UBICACIÓN:	Laboratorios FICM	
MODELO:	Mastermaid	
AÑO:	2019	
TESISTA:	Daniel Saquina	
DATOS TÉCNICOS		
FUENTE DE ENERGÍA:	Eléctrica	
TIPO DE CORRIENTE:	Corriente continua DC	
VOLTAJE DE ENTRADA:	3V	
POTENCIA DE SALIDA:	12KV	
TIPO DE SENAL:	Accionado mediante señal digital	
TIPO DE CONECTORES:	HVI, HVII y S	

Tipo de mantenimiento a emplear

El mantenimiento recomendado para los componentes electrónicos utilizados en la máquina de ensayos de inflamabilidad vertical es el preventivo, con el fin de evitar cambios que puedan afectar el desempeño de la máquina.

Pasos a seguir para el mantenimiento preventivo

- Verificar el estado y funcionamiento de los componentes instalados.
- Realizar la limpieza de los componentes de la máquina.
- Ajustar cables y componentes de ser necesario.

Descripción de los componentes utilizados

En la tabla 3.1.3 se muestra los componentes utilizados en el proceso de automatización de la máquina de ensayos de inflamabilidad vertical, también se muestra la función que cumple, causas de fallo de los componentes, efecto causado en el funcionamiento, consecuencias y recomendaciones para un funcionamiento correcto.

Tabla 3.1.35: Matriz AMFE de los componentes utilizados en el control de la máquina de ensayos de inflamabilidad vertical.

MÁQUINA:		FACILITADOR:		FECHA:		N° DE HOJA:						
		Ing. Christian Castro		3/6/2019		1						
SISTEMA:		AUDITOR:		FECHA:		N° DE HOJA DE:						
		Saquinga Daniel		3/6/2019		1						
CONTROL												
COD.	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	FALLO FUNCIONAL	EFECTO	CAUSA RAÍZ	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR	RECOMENDACIONES
AM2560-01	Arduino MEGA 2560	Procesar entradas y salidas digitales, analógicas, PWM, bus SPI y I2C.	Desgaste	Paso inadecuado de voltaje o amperaje	Cortocircuito y quemadura del microprocesador instalado	Suciedad en el medio de trabajo y tiempo de uso	Operacional	9	4	1	36	Limpieza los componentes para evitar su pronto desgaste
SM-01, SM-02, SM-03	Servo motores	Abrir de forma gradual los sistemas conectados a él en un rango de 0 a 180 grados.	Cables flojos, Desgaste de engranes	Paso inadecuado de voltaje o amperaje y desgaste de los engranes	Cortocircuito y giro en vacío	Manejo inadecuado.	Operacional	7	4	5	140	Limpieza sus parte y manejar de forma adecuada su cableado.
C2700-01, C2700-02, C2700-03	Condensadores	Rectificar las corrientes y ruido eléctrico producido por los componentes electrónicos.	Desgaste, Cortocircuito	Sobrecarga	Descarga eléctrica o explosión	Sobre voltaje	Operacional	9	6	3	162	Limpieza la suciedad presente para evitar falsos contactos.

COD.	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	FALLO FUNCIONAL	EFECTO	CAUSA RAIZ	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR	RECOMENDACIONES
MIR-01	Módulo de Relés	Accionar o cambiar de una posición normalmente cerrado a normalmente abierto cuando reciba una señal.	Desgaste, Sobrecarga	Paso inadecuado de voltaje	Quemadura de la bobina y fallo en el accionamiento de los componentes instalados a él.	Manejo inadecuado y uso excesivo.	Operacional	7	5	2	70	Limpiar la suciedad y evitar el uso innecesario.
SF-01, SF-02, SF-03, SF-04, SF-05	Sensores de Flama	Detectar y procesar las señales recibidas por los sensores de flama y proximidad para emitir una señal analógica o digital.	Desgaste, Cortocircuito	Paso inadecuado de voltaje	Lectura inadecuada y paro en funcionamiento de la máquina.	Suciedad en el led sensor y exceso de voltaje	Operacional	7	8	1	56	Limpiar con delicadeza el led sensor.
TK-01	Termopar tipo K	Determinar la temperatura de su lugar de instalación en un rango de 0 a 1023 grados centígrados.	Desgaste	Cortocircuito	Lectura inadecuada de la temperatura.	Falta de limpieza y sobrecarga.	Operacional	3	7	1	21	Limpiar el sensor y su cableado sin realizar movimientos bruscos.
M6675-01	Max 6675	Procesar las señales emitidas por el termopar tipo K y enviar a arduino mediante una conexión SPI.	Desgaste, Cortocircuito	Exceso de voltaje	Quemadura del componente y lectura errada de la temperatura.	Sobre voltaje	Operacional	3	4	2	24	Limpiar la suciedad presente para evitar falsos contactos.
FA-01	Fuente de alimentación	Entregar la energía necesaria para que puedan funcionar los componentes electrónicos.	Desgaste, Cortocircuito	Sobrecarga	Paro de la máquina	Tiempo de uso, sobrecarga o almacenamiento inadecuado	Operacional	9	1	1	9	Limpiar la suciedad y almacenar en un ambiente adecuado.

COD.	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	FALLO FUNCIONAL	EFECTO	CAUSA RAÍZ	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR	RECOMENDACIONES
FS-01, FS-02, FS-03, FS-04, FS-05, FS-06, FS-07	Fusibles	Circuito capaz de interrumpir la corriente en el caso de existir exceso de la misma.	Cortocircuito	Exceso de voltaje o amperaje	Corte del paso de corriente a los componentes de la máquina.	Sobrecarga	Operacional	7	3	1	21	Evitar utilizar cuando exista cambios bruscos en la red de alimentación.
VS-01	Válvula solenoide	Válvula capaz de cerrar o permitir el paso de un fluido o gas cuando sea accionada su bobina.	Desgaste, Cortocircuito	Paso inadecuado de voltaje o amperaje	Quemadura de la bobina y falla en la apertura de la misma.	Falta de limpieza y sobrecarga.	Operacional	8	3	2	48	Limpiar la suciedad.
MI-01	Módulo de ignición	Módulo capaz de permitir la generación de chispa en las bujías conectadas a él.	Desgaste, Cortocircuito	Sobrecarga	Quemadura del módulo	Falta de limpieza y sobrecarga.	Operacional	8	3	1	24	Limpiar sus bujías de posibles residuos.
SE-01	Selector de encendido	Permitir el paso o el corte del flujo de corriente hacia un circuito.	Desgaste, Cortocircuito	Exceso de uso	Paro de la máquina	Manejos inadecuado y tiempo de uso	Operacional	7	1	1	7	Realizar un manejo adecuado.
							PROMEDIO IPR				51,5	

Fuente: Autor.

3.2 Ejecución de ensayos de inflamabilidad

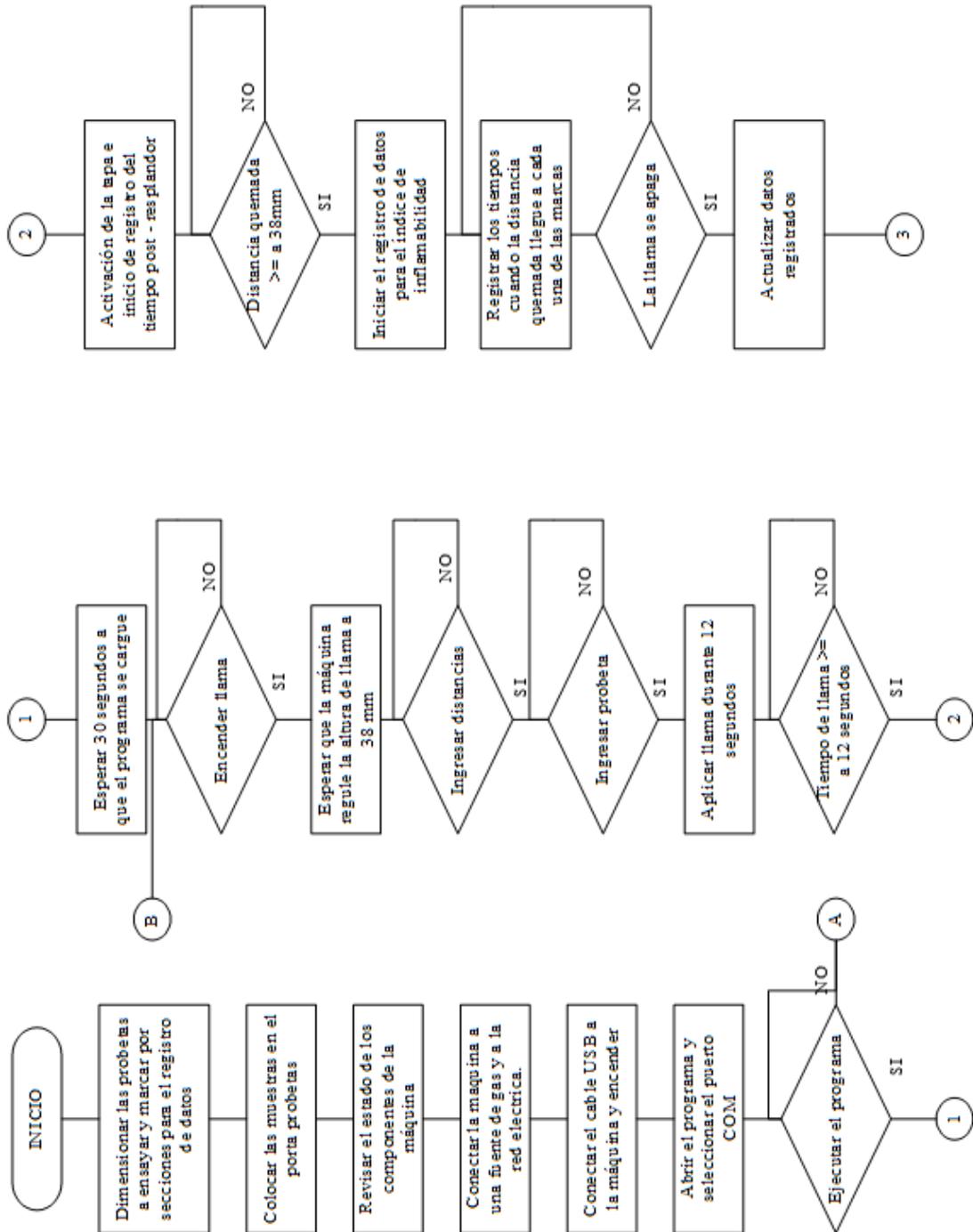
3.2.1 Manual uso de la máquina de ensayo de inflamabilidad vertical

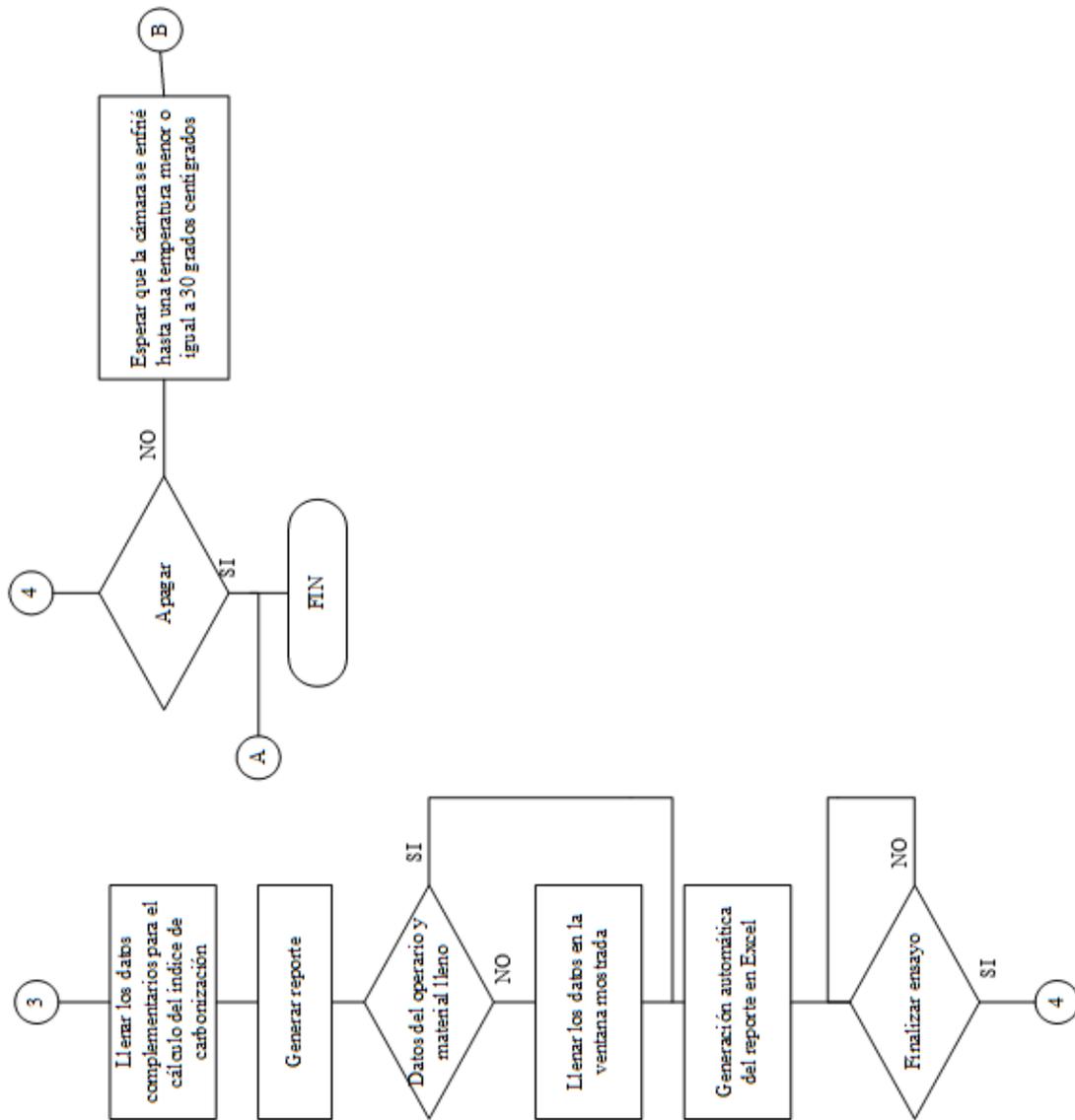
3.2.1.1 Diagrama de procesos del funcionamiento combinado del programa y la máquina de ensayos

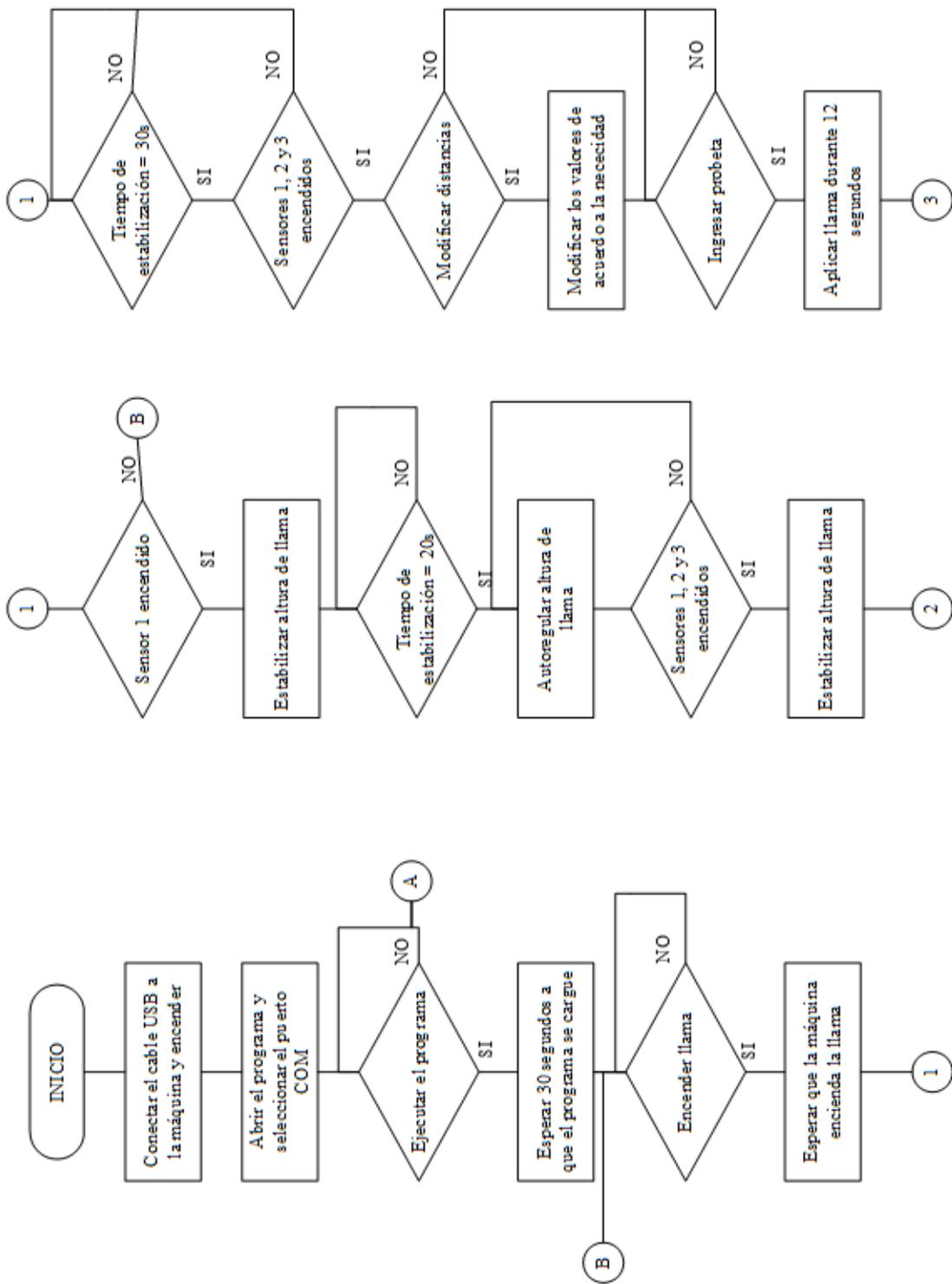
En el primer diagrama de los mostrados a continuación se encuentra los pasos y acciones que debe realizar el operario para un correcto funcionamiento de la máquina y la aplicación adecuada de la norma.

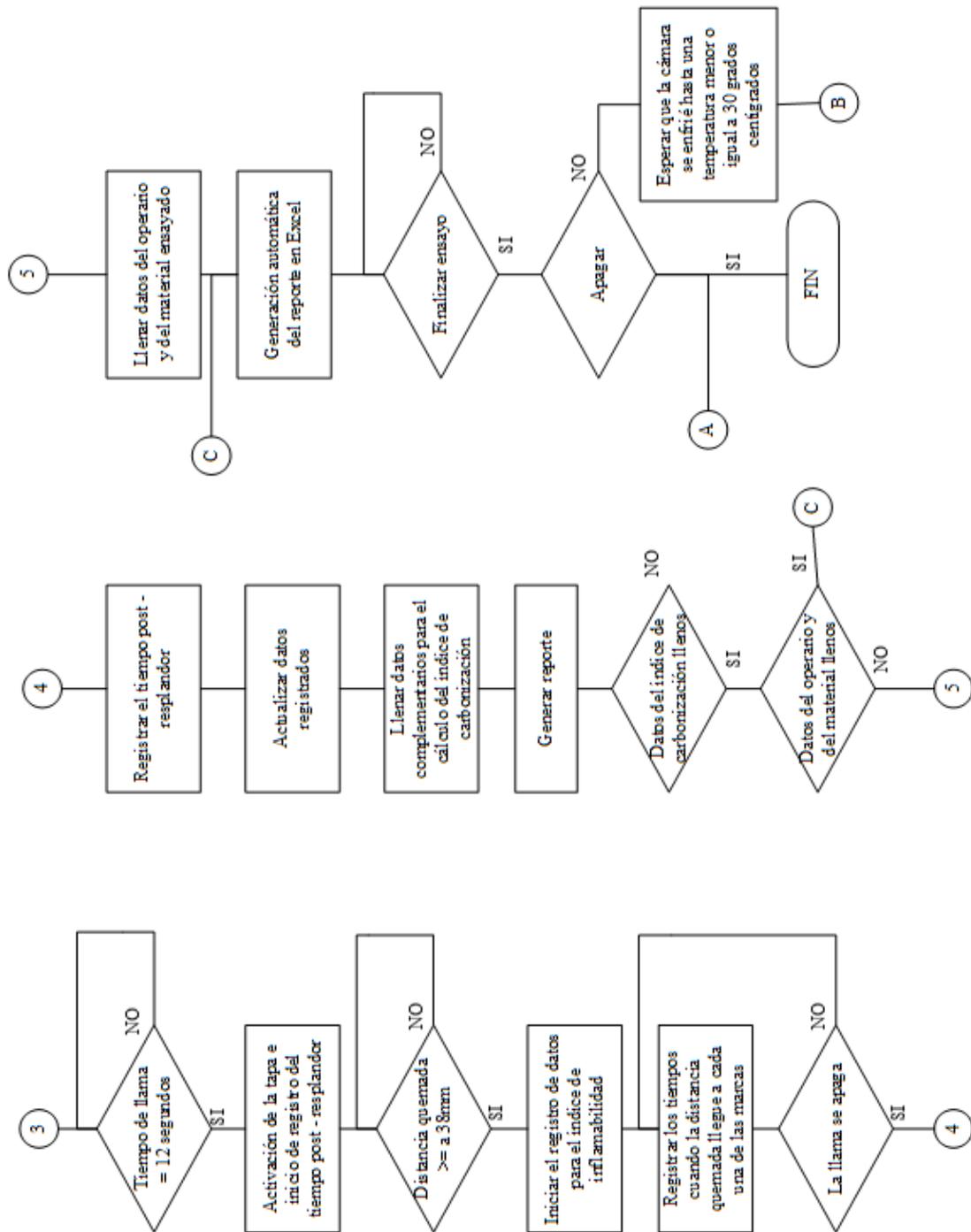
3.2.1.2 Diagrama de procesos del funcionamiento de programa

En el segundo diagrama de procesos se muestra el funcionamiento paso a paso del programa según el proceso de ensayo.









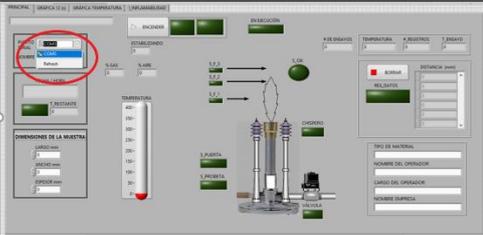
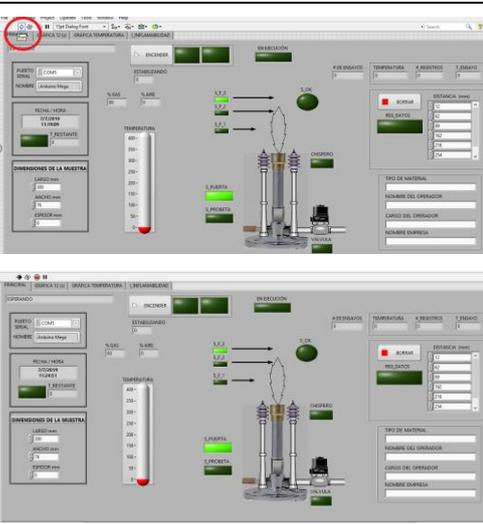
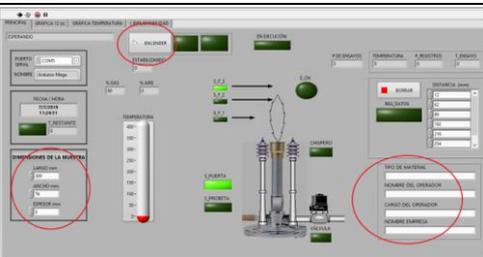
3.2.1.3 Procedimiento para el uso de la máquina y manejo de programa

En la tabla 3.2.1 se muestra el procedimiento que deberá seguir el operario para un correcto funcionamiento de la máquina y el programa. Sin embargo, se requiere que el operario revise completamente la norma para una adecuada comprensión del funcionamiento del programa y la máquina de ensayos de inflamabilidad vertical.

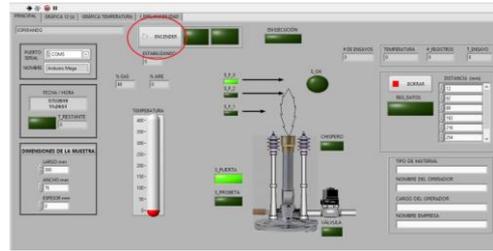
Tabla 3.2.1: Procedimiento para el uso de la máquina y manejo del programa.

Descripción	Gráfica del proceso
<p>1.- Revisar la norma ASTM D6413 para determinar las dimensiones de las probetas y el procedimiento del ensayo, juntamente con los requerimientos que pide la norma obtener de cada ensayo.</p> <p>De acuerdo con la norma las probetas deben tener una dimensión de 300x76mm y un espesor de hasta 13mm.</p>	
<p>2.- Marcar las probetas de acuerdo a las medidas donde se desee obtener valores de tiempo para determinar el índice de inflamabilidad por secciones, así como obtener la temperatura en ese instante.</p> <p>Considerando que la primera medida, desde donde se iniciara con el registro de datos es de 38 milímetros.</p>	
<p>3.- Colocar la probeta del material a ensayar en la porta probetas, sujetado con pinzar. Estas deben ser mínimo cuatro, dos en la parte inferior y dos en la parte superior.</p>	

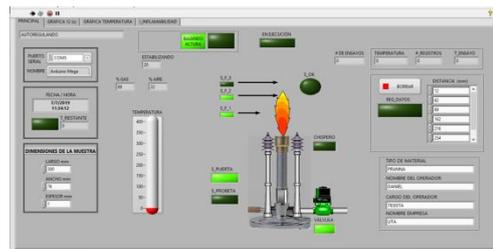
<p>4.- Comprobar que los componentes de internos y externos de la máquina se encuentren en su ubicación correcta y libre de residuos para evitar obstrucciones en la salida del gas y el área de giro de los servomotores.</p>	
<p>5.- Conectar la válvula de gas de la cámara de ensayo a un cilindro de GLP.</p>	
<p>6.- Enchufar a una fuente de alimentación de 110V la máquina de ensayo de inflamabilidad vertical.</p>	
<p>7.- Abrir el programa de control de la máquina de ensayos y conectar computador con el microprocesador de Arduino de la máquina mediante un cable de impresora.</p>	
<p>8.- Girar el selector de encendido a la posición ON para alimentar todos los componentes eléctricos y electrónicos de la máquina.</p>	

<p>9.- Seleccionar el Puerto COM en el programa de control de la máquina.</p>	
<p>10.- Ejecutar el programa y esperar aproximadamente 30 segundos a que se cargue y empiece a mostrar la lectura de sensores y temperatura interna de la cámara.</p> <p>Una vez cargado el programa se podrá visualizar los indicadores de los sensores de flama, de la puerta, probeta y el valor de la temperatura en el interior de la cámara.</p>	
<p>11.- Colocar la porta probetas con la muestra dentro de la cámara es posición adecuada para halar con el gancho instalado en el momento adecuado.</p>	
<p>12.- Llenar los datos del operario, empresa y el tipo de material a ensayar, con su respectivo espesor, caso contrario el programa no le permitirá continuar con el encendido del mechero.</p>	

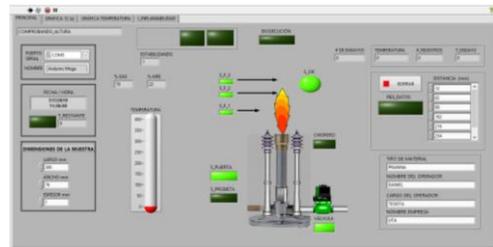
12.- Cerrar la puerta ya que el programa no le permitirá continuar con el proceso de encendido. Para lo cual proceder con el control de la máquina desde el ordenador y pulsar el botón “ENCENDIDO”, para que el programa automáticamente encienda. En el caso de que no encienda volver a pulsar el mismo botón hasta que se prenda.



13.- Esperar que el programa regule la altura de la llama, para lo cual el programa procederá a estabilizar la llama inicial por un periodo de 20 segundos, después de ello automáticamente continuará con la regulación de la altura de llama, la cual se comprobara cuando se encuentren encendidos los tres indicadores ubicados a un costado de la llama.



Quando se activen los tres sensores, el programa detendrá el proceso de regulación y seguirá con el proceso de comprobación de altura de llama la cual tardará 30 segundos.



En el caso de que la altura de llama aumente el programa regresara a regular la altura.



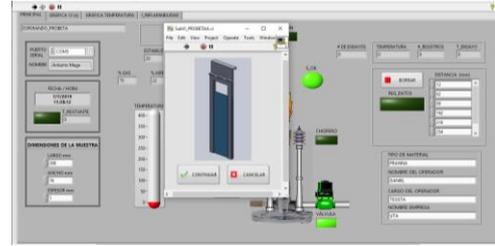
Sin embargo, si esta baja demasiado el programa pasara a un proceso de subida de altura de llama.

Quando la altura de la llama este correcta el programa automáticamente continuara al siguiente proceso.

14.- Cuando el programa haya regulado la altura de llama pasara a un proceso en el que le pregunte si desea conservar las distancias preestablecidas o si desee modificar a su conveniencia. En el caso de que desee conservar pasará al siguiente proceso, caso contrario abrirá una ventana en el cual se deberá modificar las distancias a su conveniencia.



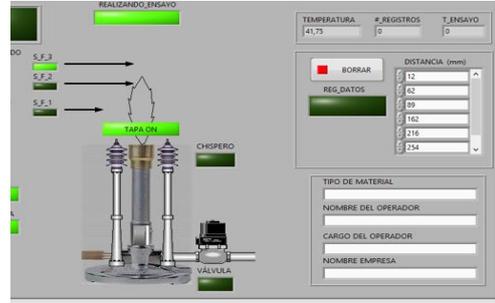
15.- Ingresar la probeta, cuando ya haya ingresado las distancias el programa cambiara de proceso y le pedirá ingresar la probeta, para lo cual puede poner aceptar o esperar tres segundos a que el aviso se cierre para halar la probeta a su posición de ensayo.



16.- Inicio automático del ensayo, cuando la probeta este en la posición adecuada para el ensayo un sensor se activará y mostrará un indicador de este, al mismo tiempo activará el contador de 12 segundos, tiempo que dura la exposición a la llama de la probeta.

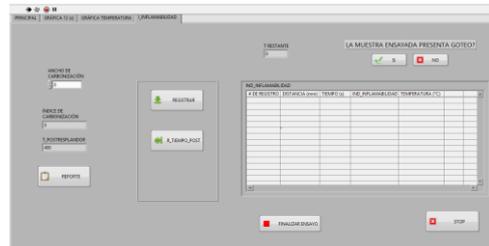
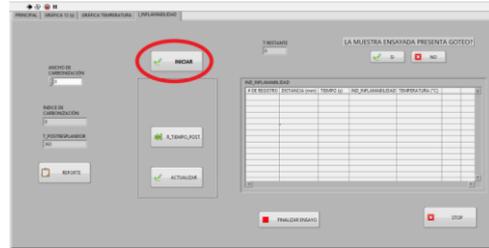


17.- Activación automática de la tapa del mechero. Cuando el contador de los 12 segundos finalice se activará un servo motor que tapara el mechero con el fin de evitar la caída de residuos en el interior de este.

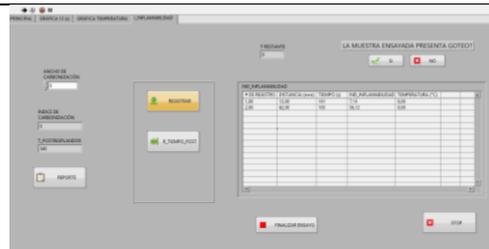


18.- Activar el botón “INICIAR”, cuando la altura quemada llegue a los 38 milímetros se deberá activar dicho botón, el cual permitirá iniciar con el registro de datos de tiempo temperatura cada segundo. Cuando pulse el botón “INICIAR” se cambiar de ventana automáticamente, en la cual se mostrará dos botones.

La altura quemada dependerá del material ensayado, ya que muchos de los materiales son auto extinguidos y no superaran esta altura.

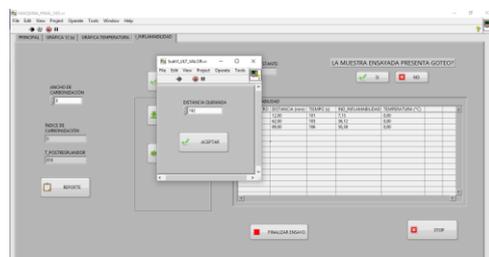
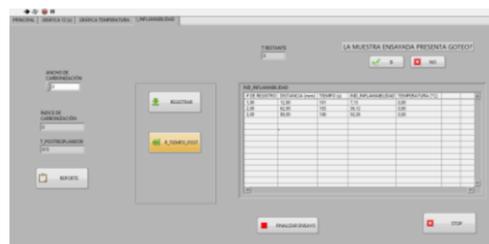


19.- Registrar datos, al pulsar el botón “REGISTRAR” permitirá registrar los datos cuando la altura quemada llegue a cada una de las distancias señaladas.

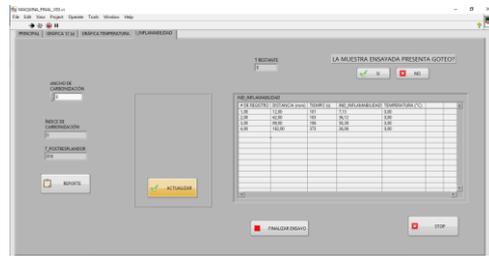


20.- Registrar tiempo post resplandor y terminar el registro de datos. Al pulsar el botón “R_TIEMPO_POST” se registrará el tiempo de flama remanente, es decir el tiempo que llama queda encendida después de finalizado los 12 segundos. Además, permitirá finalizar el registro de datos para permitir agregar datos y crear reportes.

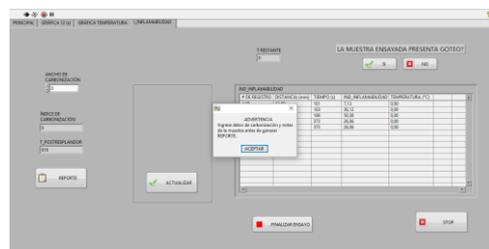
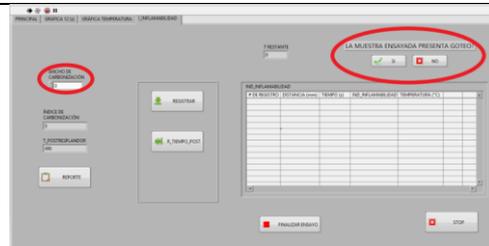
Al pulsar el mismo botón se abrirá una ventana preguntando si desea conservar el valor final de la distancia quemada o si desea modificar.



21.- Actualizar datos. Una vez finalizado el registro de datos el operario podrá actualizar la tabla con el ultimo valor de la distancia ingresada en el punto anterior, midiendo en la probeta la distancia quemada e ingresando en la ventana emergente mostrada. Para que se actualicen los demás datos de la tabla debe presionar el botón “ACTUALIZAR”.

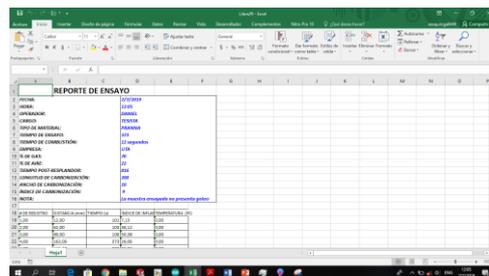
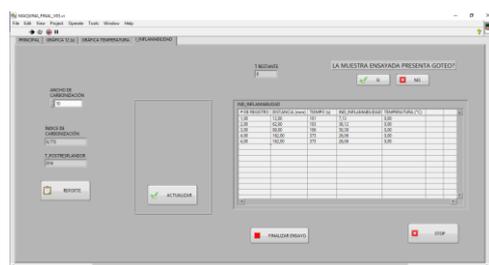


22.- Llenar datos. Antes de generar el reporte deberá llenar todos los datos para los cálculos necesarios, caso contrario el programa no le permitirá generar el reporte y le pedirá llenar dichos datos.

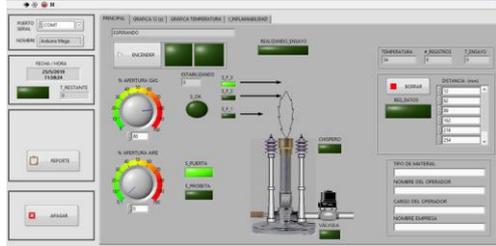
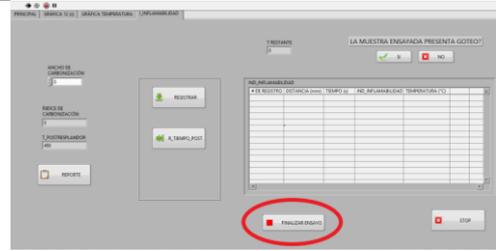


23.- Generar reporte. Al finalizar el proceso de actualización de datos presionar el botón “REPORTE”, el cual permite generar un reporte con todos los datos del ensayo. Como gráficas de temperatura del tiempo de exposición de la probeta a la llama, el comportamiento de la temperatura durante el registro de datos, entre otros.

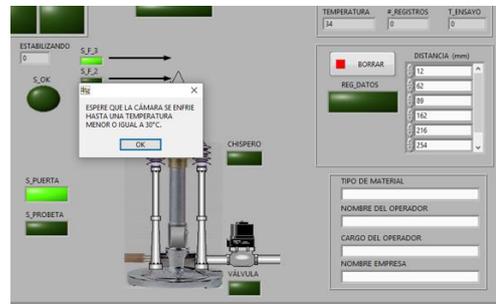
Llenados los datos iniciales y al presionar el botón “REPORTE” el programa le abrirá un archivo Excel con los datos del ensayo.



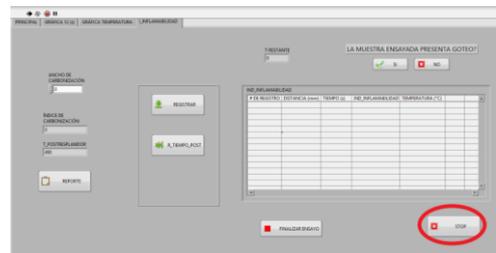
23.- Finalizar ensayo. Para finalizar en ensayo de la primera probeta y continuar debe presionar el botón “FINALIZAR ENSAYO”, con el cual se borrarán todos los datos del registro anterior y se cambiara a la ventana principal automáticamente para que proceda con el siguiente ensayo.



24.- Esperar que la cámara se enfríe. Antes de proceder con el ensayo de la siguiente muestra se debe esperar que la temperatura interna de la cámara sea menor o igual a 30 grados centígrados, caso contrario el programa no le permitirá continuar y le mostrará mensajes de advertencia.



25.- Para finalizar el ensayo de materiales, cuando yo no desee hacer más pruebas presione el botón “APAGAR” y cierre el programa. Posteriormente desconecte el cable USB de la máquina, gire el selector de encendido a la posición OFF y desconecte el enchufe. Para desconectar la válvula del gas gire la perilla y retire la válvula del cilindro de GLP.



Fuente: Autor.

Advertencia de uso.

En el caso de que la altura de la llama realice un cambio brusco y los sensores no puedan detectar la llama, el programa automáticamente desactivara la válvula solenoide cortando el paso del gas.

Si desea cancelar el ensayo durante su transcurso presionar el botón “FINALIZAR ENSAYO”, el cual apagara cerrara el paso del gas o cortara en encendido y regresara al inicio.

Recomendaciones de uso

Limpiar la máquina después de cada ensayo para evitar su deterioro.

Limpiar el tubo del mechero ya que la caída de residuos en su interior puede afectar el encendido y control de altura de llama.

3.2.2 Ensayos realizados en la cámara automatizada.

3.2.2.1 Materiales utilizados

Para el cumplimiento del tercer objetivo se procedió a seleccionar cinco tipos de materiales, entre los que constan un material compuesto de fibra de vidrio y resina poliéster y cuatro materiales textiles utilizados en el interior de carrocerías.

Forro de esponja para asientos

Este textil es utilizado para el forrado de los asientos de buses homologados como interprovinciales o intraprovinciales.

De acuerdo con la norma ASTM D6413 se realiza probetas con dimensiones especificadas en la dicha normativa. En la figura 3.2.1 se muestra las probetas de forro de esponja.

Pranna azul

Este textil también es utilizado para el forrado de los asientos de buses homologados como interprovinciales o intraprovinciales, ya que son resistentes a la suciedad y fáciles de limpiar.

De acuerdo con la norma ASTM D6413 se realiza probetas con dimensiones especificadas en la dicha normativa. En la figura 3.2.1 se muestra las probetas de pranna azul.

Vinil para piso

Este material es utilizado para tapizar el piso de los buses, ya sean interprovincial, intraprovincial, intracantonal urbano o escolar. Su uso se debe a que posee características antideslizantes y es resistente a fricción. Además, de permitir una fácil limpieza ya que es resistente a la humedad.

De acuerdo con la norma ASTM D6413 se realiza probetas con dimensiones especificadas en la dicha normativa. En la figura 3.2.1 se muestra las probetas de vinil para piso.

Material compuesto de fibra de vidrio

El material compuesto de fibra de vidrio y resina poliéster se utiliza en diferentes procesos y partes de la fabricación de autobuses, como es el techo, laterales, tablero del conductor, entre otros. Su uso se debe a que posee una alta resistencia, fácil moldeo y acondicionamiento a diferentes partes de un bus.

De acuerdo con la norma ASTM D6413 se realiza probetas con dimensiones especificadas en la dicha normativa. En la figura 3.2.1 se muestra las probetas de material compuesto de fibra de vidrio.



Figura 3.2.1: Probetas de: forro de esponja para asientos, pranna azul, vinil para piso y fibra de vidrio con una protección de pintura azul.

Fuente: Autor.

Material compuesto de fibra de vidrio con resina poliéster y malla textil

El material compuesto de fibra de vidrio y resina poliéster, al igual que el mencionado anteriormente se utiliza en diferentes procesos y partes de la fabricación de autobuses, como es el techo, laterales, tablero del conductor, entre otros. Su uso se debe a que posee una alta resistencia, fácil moldeo y acondicionamiento a diferentes partes de un bus.

De acuerdo con la norma ASTM D6413 se realiza probetas con dimensiones especificadas en la dicha normativa. En la figura 3.2.2 se muestra las probetas de material compuesto de fibra de vidrio.



Figura 3.2.2: Probeta de fibra de vidrio con malla textil.

Fuente: Autor.

3.2.2.2 Datos obtenidos en la ejecución de ensayos

Con los materiales seleccionados se procede a realizar de la prueba de inflamabilidad vertical de cada uno de ellos obteniendo los resultados detallados en las tablas 3.2.2 a la 3.2.14.

Para realizar los ensayos se recortó probetas de 300x76mm de largo y ancho respectivamente según especifica la norma ASTM D6413. Par espesor de las muestras la norma indica que pueden ser de hasta 13mm de espesor.

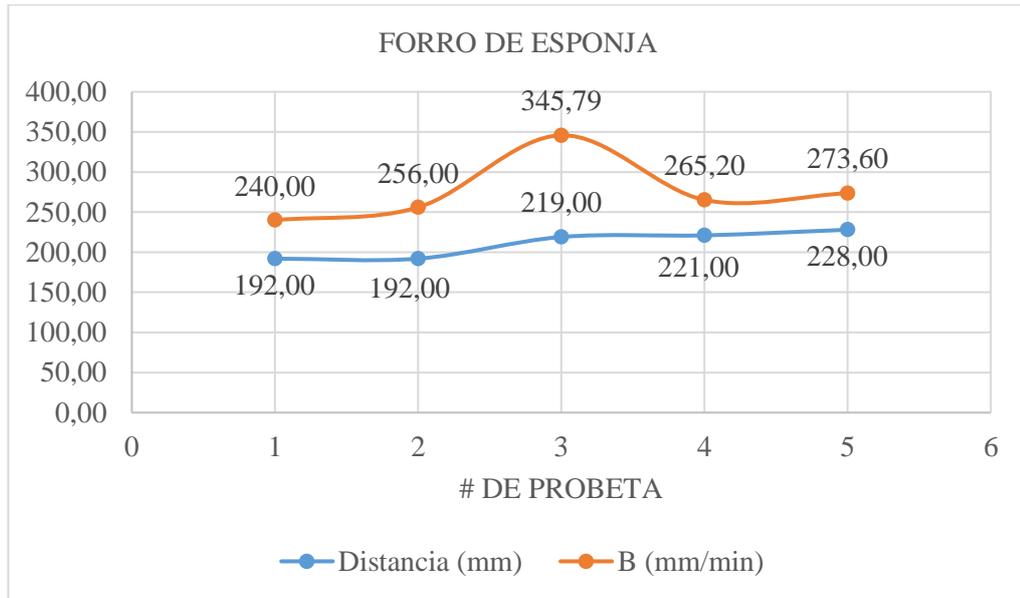
3.2.3 Índice de inflamabilidad

De acuerdo con el requerimiento de la reglamentación ecuatoriana RTE INEN 038:2010 y RTE INEN 041:2013 en la que indican que el índice de inflamabilidad máximo debe ser de 250 mm/min, y según la RTE INEN 043:2010 que indica que el índice de inflamabilidad debe ser máximo de 100 mm/min.

3.2.3.1 Forro de esponja para asientos

En la tabla 3.2.2 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad vertical de las cinco muestras ensayadas de 4mm de espesor, los cuales están representados en la gráfica 3.2.1.

Gráfica 3.2.1: Comportamiento de la distancia y el índice de inflamabilidad de cada muestra.



Fuente: Autor

Tabla 3.2.2: Índice de inflamabilidad del forro de esponja para asientos.

FORRO DE ESPONJA			
# de probeta	Distancia (mm)	Tiempo (s)	B (mm/min)
PROBETA A	192,00	48,00	240,00
PROBETA B	192,00	45,00	256,00
PROBETA C	219,00	38,00	345,79
PROBETA D	221,00	50,00	265,20
PROBETA E	228,00	50,00	273,60
		TOTAL	1380,59
		PROMEDIO	276,12

Fuente: Autor

Conclusión

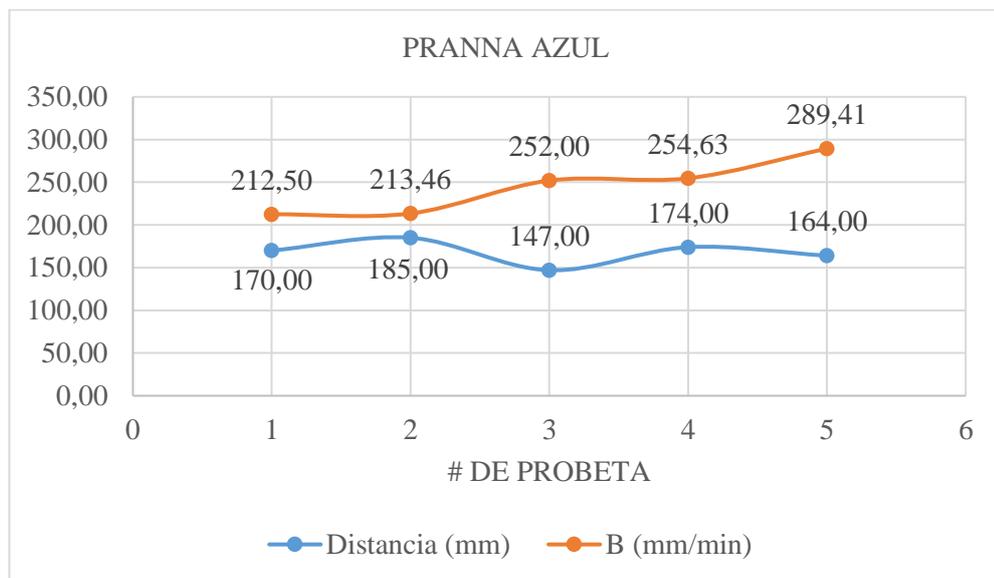
El material ensayado de forro de esponja no cumple con los requerimientos del reglamento ecuatoriano RTE INEN 038, 041 y mucho menos con el RTE INEN 043.

Debido a que su promedio supera a los 250 mm/min requerido en el RTE INEN 038 y 041, y a los 100 mm/min requerido en el RTE INEN 043.

3.2.3.2 Pranna azul

En la tabla 3.2.3 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad vertical de las cinco muestras ensayadas de pranna azul de 0,5mm de espesor, los cuales están representados en la gráfica 3.2.2.

Gráfica 3.2.2: Comportamiento de la distancia quemada de cada muestra.



Fuente: Autor

Tabla 3.2.3: Índice de inflamabilidad de pranna azul.

PRANNA AZUL			
# de probeta	Distancia (mm)	Tiempo (s)	B (mm/min)
PROBETA A	170,00	48,00	212,50
PROBETA B	185,00	52,00	213,46
PROBETA C	147,00	35,00	252,00
PROBETA D	174,00	41,00	254,63
PROBETA E	164,00	34,00	289,41
TOTAL			1222,01
PROMEDIO			244,40

Fuente: Autor

Conclusión

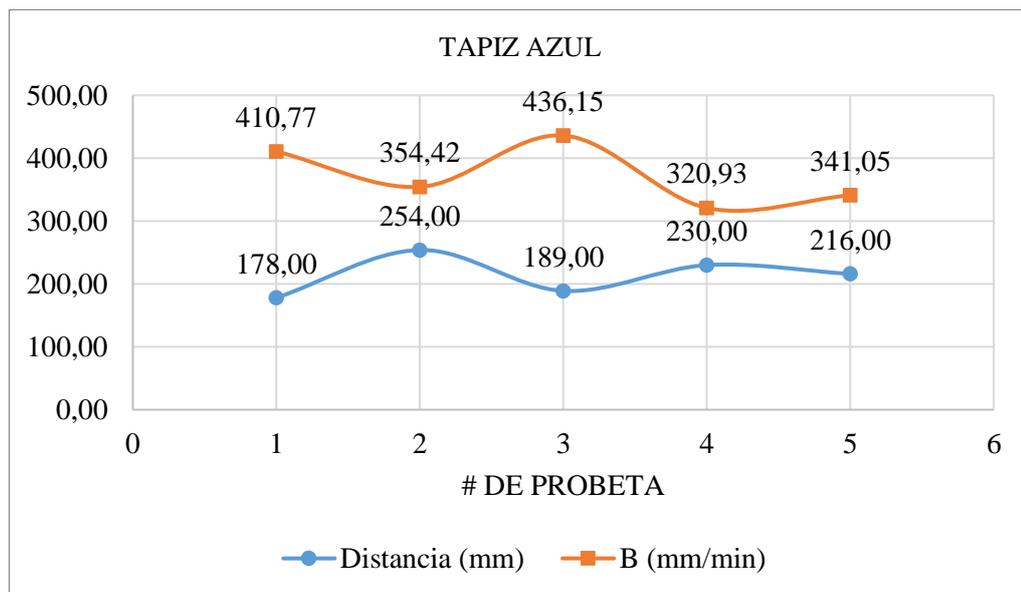
El material ensayado de pranna azul cumple con los requerimientos del reglamento ecuatoriano RTE INEN 038, 041 ya que su promedio es inferior a los 250 mm/min requerido por el reglamento. Sin embargo, de acuerdo el RTE INEN 043 este material

no cumple con sus requerimientos, debido a que su promedio supera a los 100 mm/min requerido en el RTE INEN 043.

3.2.3.3 Tapiz azul

En la tabla 3.2.4 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad vertical de las cinco muestras ensayadas de tapiz azul de 1mm de espesor, los cuales están representados en la gráfica 3.2.3.

Gráfica 3.2.3: Comportamiento de la distancia y el índice de inflamabilidad.



Fuente: Autor

Tabla 3.2.4: Índice de inflamabilidad de tapiz azul.

TAPIZ AZUL			
# de probeta	Distancia (mm)	Tiempo (s)	B (mm/min)
PROBETA A	178,00	26,00	410,77
PROBETA B	254,00	43,00	354,42
PROBETA C	189,00	26,00	436,15
PROBETA D	230,00	43,00	320,93
PROBETA E	216,00	38,00	341,05
TOTAL			1863,32
PROMEDIO			372,66

Fuente: Autor

Conclusión

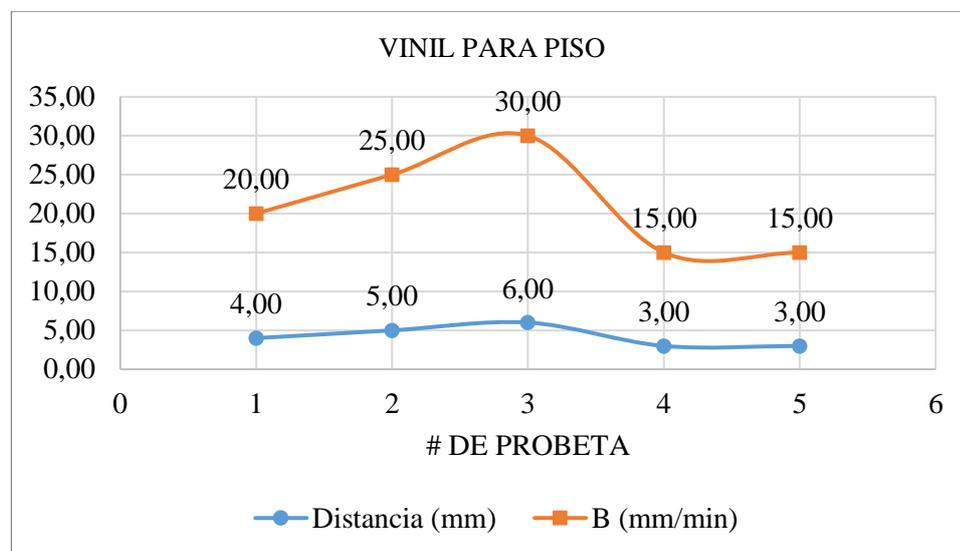
El material ensayado de tapiz azul no cumple con los requerimientos del reglamento ecuatoriano RTE INEN 038, 041 y mucho menos con el RTE INEN 043. Debido a que

su promedio supera a los 250 mm/min a lo requerido en el RTE INEN 038 y 041, y a los 100 mm/min requerido en el RTE INEN 043.

3.2.3.4 Vinil para piso

En la tabla 3.2.5 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad vertical de las cinco muestras ensayadas de vinil para piso de 2mm de espesor, los cuales están representados en la gráfica 3.2.4.

Gráfica 3.2.4: Comportamiento de la distancia y el índice de inflamabilidad de cada muestra.



Fuente: Autor

Tabla 3.2.5: Índice de inflamabilidad del vinil para piso.

VINIL PARA PISO			
# de probeta	Distancia (mm)	Tiempo (s)	B (mm/min)
PROBETA A	4,00	12,00	20,00
PROBETA B	5,00	12,00	25,00
PROBETA C	6,00	12,00	30,00
PROBETA D	3,00	12,00	15,00
PROBETA E	3,00	12,00	15,00
TOTAL			105,00
PROMEDIO			21,00

Fuente: Autor

Conclusión

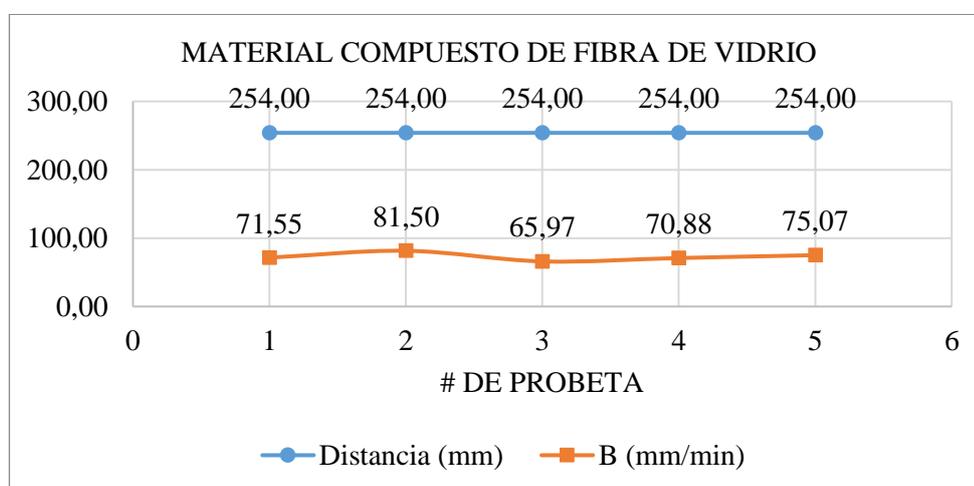
El material ensayado de vinil para piso cumple con los requerimientos del reglamento ecuatoriano RTE INEN 038, 041 ya que su promedio es inferior a los 250 mm/min aceptado por el reglamento. Además de también cumplir con valor 100 mm/min

aceptado por el RTE INEN 043, debido a que su promedio máximo es de 21 mm/min, lo cual no llega ni a la cuarta parte del valor máximo aceptado por el RTE INEN 043 que es la más exigente.

3.2.3.5 Material compuesto de fibra de vidrio

En la tabla 3.2.6 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad vertical de las cinco muestras ensayadas de material compuesto de fibra de vidrio de 3mm de espesor, los cuales están representados en la gráfica 3.2.5.

Gráfica 3.2.5: Comportamiento de la distancia y el índice de inflamabilidad de cada muestra.



Fuente: Autor

Tabla 3.2.6: Índice de inflamabilidad del material compuesto de fibra de vidrio.

MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO			
# de probeta	Distancia (mm)	Tiempo (s)	B (mm/min)
PROBETA A	254,00	213,00	71,55
PROBETA B	254,00	187,00	81,50
PROBETA C	254,00	231,00	65,97
PROBETA D	254,00	215,00	70,88
PROBETA E	254,00	203,00	75,07
TOTAL			364,98
PROMEDIO			73,00

Fuente: Autor

Conclusión

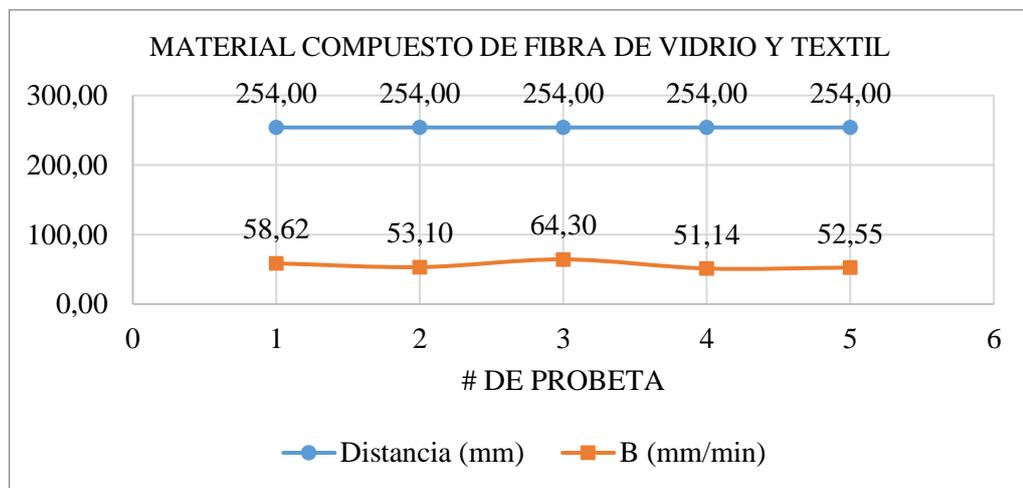
El ensayo realizado de material compuesto de fibra de vidrio y resina poliéster cumple con los requerimientos del reglamento ecuatoriano RTE INEN 038, 041 ya que su promedio es inferior a los 250 mm/min aceptado por el reglamento. Además de

también cumplir con los 100 mm/min aceptado por el RTE INEN 043, debido a que su promedio máximo es de 73 mm/min, lo cual no llega al valor máximo aceptado por el RTE INEN 043 que es la más exigente. Sin embargo, este material se consumió totalmente por lo que se recomienda añadir un retardante a la propagación del fuego.

3.2.3.6 Material compuesto de fibra de vidrio y malla textil

En la tabla 3.2.7 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad vertical de las cinco muestras ensayadas de material compuesto de fibra de vidrio y textil de 2mm de espesor, los cuales están representados en la gráfica 3.2.6.

Gráfica 3.2.6: Comportamiento de la distancia y el índice de inflamabilidad.



Fuente: Autor

Tabla 3.2.7: Índice de inflamabilidad del material compuesto de fibra de vidrio y textil.

MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO Y TEXTIL			
# de probeta	Distancia (mm)	Tiempo (s)	B (mm/min)
PROBETA A	254,00	260,00	58,62
PROBETA B	254,00	287,00	53,10
PROBETA C	254,00	237,00	64,30
PROBETA D	254,00	298,00	51,14
PROBETA E	254,00	290,00	52,55
TOTAL			279,71
PROMEDIO			55,94

Fuente: Autor

Conclusión

El ensayo realizado de material compuesto de fibra de vidrio, malla textil y resina poliéster cumple con los requerimientos del reglamento ecuatoriano RTE INEN 038,

041 ya que su promedio es inferior a los 250 mm/min aceptado por el reglamento. Además de también cumplir con los 100 mm/min aceptado por el RTE INEN 043, debido a que su promedio máximo es de 55,94 mm/min, lo cual no llega al valor máximo aceptado por el RTE INEN 043 la cual es más exigente. Sin embargo, este material se consumió totalmente por lo que se recomienda añadir un retardante a la propagación del fuego.

3.2.4 Índice de carbonización y promedio de longitud y ancho máximo de carbonización

Para el cálculo del índice de carbonización se utiliza la ecuación 1.2. Cabe mencionar que el porcentaje obtenido como índice de carbonización incluye el área de la muestra que está cubierta por la porta probetas, la cual resulta aislándose al momento de la exposición a la llama.

3.2.4.1 Forro de esponja

En la tabla 3.2.8 se muestra los resultados del índice de carbonización, además de la longitud y ancho máximo de carbonización de las cinco muestras ensayadas de forro de esponja para asientos de 4mm de espesor.

Tabla 3.2.8: Índice de carbonización de forro de esponja.

FORRO DE ESPONJA					
# de probeta	Volumen inicial (mm ³)	Espesor (mm)	Longitud máxima (mm)	Ancho máximo (mm)	Índice de carbonización (%)
PROBETA A	91200	4	220,00	45,00	43,42
PROBETA B	91200	4	220,00	45,00	43,42
PROBETA C	91200	4	257,00	45,00	50,72
PROBETA D	91200	4	259,00	45,00	51,12
PROBETA E	91200	4	266,00	45,00	52,50
TOTAL			1222,00	225,00	241,18
PROMEDIO			244,40	45,00	48,24

Fuente: Autor

Conclusión

La longitud promedio de carbonización del forro de esponja es de 244,4 mm lo cual quiere decir que este material no posee una resistencia a la llama, por ende, el índice de carbonización promedio es del 48,24 % del total de la probeta.

3.2.4.2 Pranna azul

En la tabla 3.2.9 se muestra los resultados del índice de carbonización, además de la longitud y ancho máximo de carbonización de las cinco muestras ensayadas de pranna azul utilizada de forro de asientos de 0,5mm de espesor.

Tabla 3.2.9: Índice de carbonización de pranna azul.

PRANNA AZUL					
# de probeta	Volumen inicial (mm ³)	Espesor (mm)	Longitud máxima (mm)	Ancho máximo (mm)	Índice de carbonización (%)
PROBETA A	11400	0,5	208,00	45,00	41,05
PROBETA B	11400	0,5	223,00	45,00	44,01
PROBETA C	11400	0,5	185,00	45,00	36,51
PROBETA D	11400	0,5	212,00	45,00	41,84
PROBETA E	11400	0,5	202,00	45,00	39,87
TOTAL			1030,00	225,00	203,29
PROMEDIO			206,00	45,00	40,66

Fuente: Autor

Conclusión

La longitud promedio de carbonización de la pranna azul es de 206 mm lo cual quiere decir que este material no posee una resistencia a la llama, por ende, el índice de carbonización promedio resultante es del 40,66 % del total de la probeta.

3.2.4.3 Tapiz azul

En la tabla 3.2.10 se muestra los resultados del índice de carbonización, además de la longitud y ancho máximo de carbonización de las cinco muestras ensayadas de tapiz azul de 1mm de espesor.

Tabla 3.2.10: Índice de carbonización de tapiz azul.

TAPIZ AZUL					
# de probeta	Volumen inicial (mm ³)	Espesor (mm)	Longitud máxima (mm)	Ancho máximo (mm)	Índice de carbonización (%)
PROBETA A	22800	1	216,00	45,00	42,63
PROBETA B	22800	1	300,00	45,00	59,21
PROBETA C	22800	1	227,00	45,00	44,80
PROBETA D	22800	1	268,00	45,00	52,89
PROBETA E	22800	1	254,00	45,00	50,13
TOTAL			1265,00	225,00	249,67
PROMEDIO			253,00	45,00	49,93

Fuente: Autor

Conclusión

La longitud promedio de carbonización de tapiz azul es de 253 mm lo cual quiere decir que este material no posee una resistencia a la llama, por ende, el índice de carbonización promedio resultante es del 49,93 % del total de la probeta.

3.2.4.4 Vinil para piso

En la tabla 3.2.11 se muestra los resultados del índice de carbonización, además de la longitud y ancho máximo de carbonización de las cinco muestras ensayadas de vinil para piso de 2mm de espesor.

Tabla 3.2.11: Índice de carbonización del vinil para piso.

VINIL PARA PISO					
# de probeta	Volumen inicial (mm ³)	Espesor (mm)	Longitud máxima (mm)	Ancho máximo (mm)	Índice de carbonización (%)
PROBETA A	45600	2	85,00	45,00	16,78
PROBETA B	45600	2	115,00	45,00	22,70
PROBETA C	45600	2	68,00	45,00	13,42
PROBETA D	45600	2	52,00	45,00	10,26
PROBETA E	45600	2	60,00	45,00	11,84
TOTAL			380,00	225,00	75,00
PROMEDIO			76,00	45,00	15,00

Fuente: Autor

Conclusión

La longitud promedio de carbonización de vinil para piso es de 76 mm lo cual quiere decir que este material si posee una resistencia a la llama ya que su longitud máxima de quemado es menor a la mitad de la longitud total, por ende, el índice de carbonización promedio resultante es del 9,81 % del total de la probeta.

3.2.4.5 Material compuesto de fibra de vidrio

En la tabla 3.2.12 se muestra los resultados del índice de carbonización, además de la longitud y ancho máximo de carbonización de las cinco muestras ensayadas de material compuesto de fibra de vidrio de 3mm de espesor.

Tabla 3.2.12: Índice de carbonización material compuesto de fibra de vidrio.

MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO					
# de probeta	Volumen inicial (mm ³)	Espesor (mm)	Longitud máxima (mm)	Ancho máximo (mm)	Índice de carbonización (%)
PROBETA A	68400	3	300,00	45,00	59,21
PROBETA B	68400	3	300,00	45,00	59,21
PROBETA C	68400	3	300,00	45,00	59,21
PROBETA D	68400	3	300,00	45,00	59,21
PROBETA E	68400	3	300,00	45,00	59,21
TOTAL			1500,00	225,00	296,05
PROMEDIO			300,00	45,00	59,21

Fuente: Autor

Conclusión

La longitud promedio de carbonización de material compuesto de fibra de vidrio es de 300 mm lo cual quiere decir que este material no posee una resistencia a la llama ya que su longitud máxima de quemado es igual a la longitud total de la muestra, por ende, el índice de carbonización promedio resultante es del 59,21 % del total de la probeta.

3.2.4.6 Material compuesto de fibra de vidrio y textil

En la tabla 3.2.13 se muestra los resultados del índice de carbonización, además de la longitud y ancho máximo de carbonización de las cinco muestras ensayadas de material compuesto de fibra de vidrio y textil de 2mm de espesor.

Tabla 3.2.13: Índice de carbonización material compuesto de fibra de vidrio y textil.

MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO Y TEXTIL					
# de probeta	Volumen inicial (mm ³)	Espesor (mm)	Longitud máxima (mm)	Ancho máximo (mm)	Índice de carbonización (%)
PROBETA A	45600	2	300,00	45,00	59,21
PROBETA B	45600	2	300,00	45,00	59,21
PROBETA C	45600	2	300,00	45,00	59,21
PROBETA D	45600	2	300,00	45,00	59,21
PROBETA E	45600	2	300,00	45,00	59,21
TOTAL			1500,00	225,00	296,05
PROMEDIO			300,00	45,00	59,21

Fuente: Autor

Conclusión

La longitud promedio de carbonización de material compuesto de fibra de vidrio y textil es de 300 mm lo cual quiere decir que este material no posee una resistencia a la

llama ya que su longitud máxima de quemado es igual a la longitud total de la muestra, por ende, el índice de carbonización promedio resultante es del 59,21 % del total de la probeta. Este valor es similar a la muestra anterior ya que el ancho de quemado es similar anterior siendo este valor el espacio entre los sujetadores de la porta probeta.

3.2.5 Flama remanente

El cálculo de flama remanente consiste en la medición del tiempo que permanece encendida la muestra después de ser retirada la llama guía o finalizado los 12 segundos de ensayo. Este valor se muestra por cada muestra y el promedio de todas las muestras ensayadas. La tabla 3.2.14 muestra los tiempos de flama remanente de las cinco muestras de cada material ensayado.

Tabla 3.2.14: Flama remanente de todos los materiales ensayados.

FLAMA REMANENTE						
# de probeta	FORRO DE ESPONJA	PRANNA AZUL	TAPIZ AZUL	VINIL PARA PISO	COMPUESTO DE FIBRA	C. FIBRA Y TEXTIL
Tiempo de flama remanente (s)						
PROBETA A	39,00	41,00	20,00	10,00	404,00	356,00
PROBETA B	37,00	42,00	36,00	18,00	337,00	447,00
PROBETA C	30,00	27,00	19,00	9,00	342,00	349,00
PROBETA D	41,00	35,00	37,00	4,00	393,00	391,00
PROBETA E	41,00	27,00	31,00	13,00	385,00	423,00
TOTAL	188,00	172,00	143,00	54,00	1861,00	1966,00
PROMEDIO	37,60	34,40	28,60	10,80	372,20	393,20

Fuente: Autor

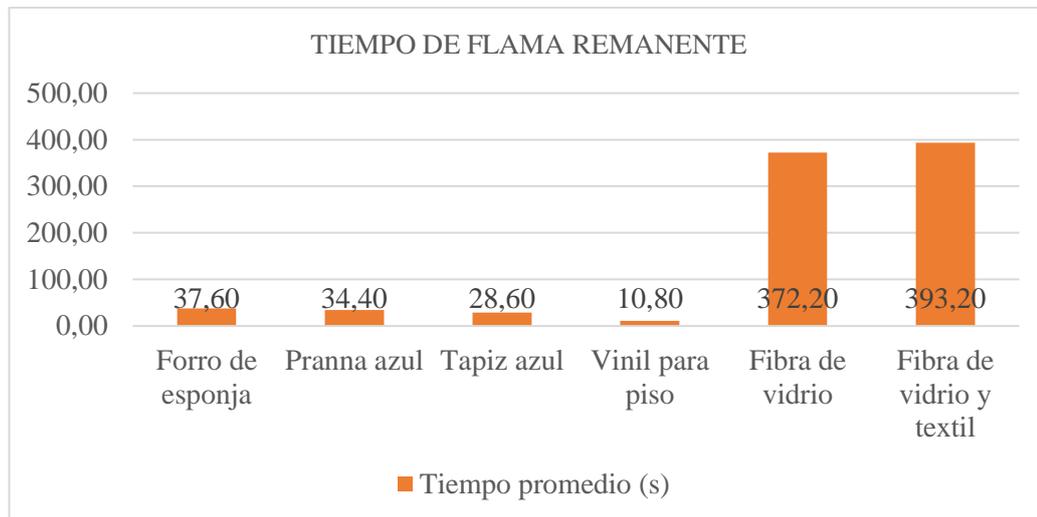
Conclusión

De acuerdo a la tabla 3.2.14 se identifica que el vinil para piso posee un menor tiempo de flama remanente con un promedio de 10,8 segundos en comparación con el material compuesto de fibra de vidrio y textil que posee el tiempo promedio más alto de todos los materiales ensayados, con 393,2 segundos, lo cual indica que material de vinil para piso es auto extingible.

El comportamiento del tiempo post - resplandor o flama remanente de los materiales ensayados se puede evidenciar en la gráfica 3.2.7, en la cual se observa que el tiempo

post - resplandor del vinil para piso es el menor, además, de que fue el material con el menor índice de inflamabilidad. El material con el mayor tiempo post – resplandor es el compuesto de fibra de vidrio, textil y resina poliéster.

Gráfica 3.2.7: Comportamiento del tiempo post – resplandor de los materiales ensayados.



Fuente: Autor

3.2.6 Análisis del comportamiento térmico de los materiales ensayados.

En la tabla 3.2.15 se muestra el comportamiento o variación de la temperatura durante el tiempo de ensayo de cada material. El valor del tiempo y temperatura están tomados cada segundo, el tiempo fue tomado con la ayuda de un cronometro del programa y la temperatura con la ayuda de una termocupla tipo K ubicada en el interior de la máquina a una altura media de la probeta ensayada con una separación aproximada de 10 milímetros.

En la tabla 3.2.15 no se muestra los valores del comportamiento de la temperatura del material de vinil para piso ya que estos valores están tomados únicamente desde que la distancia quemada supera los 38 mm de altura, y en el caso del vinil para piso en ninguna de las muestras ensayadas supera esta altura, por lo tanto, no se registró estos valores.

El termopar también nos permite conocer la temperatura interna de la máquina, la cual ayuda al momento de iniciar el ensayo ya que la norma utilizada especifica que la cámara de inflamabilidad vertical debe poseer una temperatura interna menor o igual a 30 grados centígrados antes de iniciar un ensayo.

Tabla 3.2.15: Comportamiento térmico de los materiales durante el tiempo de ensayo.

COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LOS MATERIALES ENSAYADOS DURANTE EL REGISTRO DE DATOS					
PROMEDIOS DE TEMPERATURA (°C) DE TODAS LAS MUESTRAS ENSAYADAS ESPECIFICADAS POR CADA MATERIAL.					
Tiempo (s)	Promedio del forro de esponja	Promedio de la pranna azul	Promedio del tapiz azul	Promedio del material compuesto de fibra de vidrio	Promedio del material compuesto de fibra de vidrio y textil
1	42,40	38,00	40,05	143,20	60,50
2	42,20	38,80	40,70	145,60	64,05
4	42,30	38,90	40,35	148,40	66,85
6	43,90	39,55	39,65	149,85	68,95
8	44,20	39,90	39,20	152,50	71,85
10	45,10	40,10	40,90	154,70	74,55
12	47,60	40,45	44,35	158,20	77,40
15	50,15	41,80	47,20	161,15	80,40
18	54,15	41,55	51,05	164,10	88,05
21	56,45	43,40	55,30	166,55	93,10
24	59,25	43,20	64,00	169,55	96,20
27	61,45	44,25	69,92	171,65	99,75
30	63,10	44,90	72,33	173,65	106,15
33	63,55	46,17	72,75	175,35	112,50
36	65,44	46,67	78,75	177,65	117,15
39	67,19	50,63	75,63	178,95	121,80
42	68,25	50,38	0,00	181,20	126,85
45	67,75	51,63		182,65	130,85
48	0,00	59,50		184,10	135,95
51		0,00		185,50	140,75
54				186,05	143,25
57				187,15	147,10
60				187,80	154,40
65				187,95	163,50
70				188,40	170,75
75				189,20	176,75
80				188,40	180,70
85				188,70	184,60
90				188,40	187,05
95				187,65	190,85
100				186,45	194,40
110				184,95	196,35
120				181,75	194,55
130				179,15	191,40

COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LOS MATERIALES ENSAYADOS DURANTE EL REGISTRO DE DATOS					
PROMEDIOS DE TEMPERATURA (°C) DE TODAS LAS MUESTRAS ENSAYADAS ESPECIFICADAS POR CADA MATERIAL.					
Tiempo (s)	Promedio del forro de esponja	Promedio de la pranna azul	Promedio del tapiz azul	Promedio del material compuesto de fibra de vidrio	Promedio del material compuesto de fibra de vidrio y textil
140				175,30	188,40
150				171,55	185,55
160				166,95	181,55
170				162,90	177,65
180				157,60	174,10
190				153,05	169,45
200				144,30	160,30
220				136,00	151,95
240				132,50	143,25
260				123,88	134,65
280				128,25	133,63
300				0,00	0,00

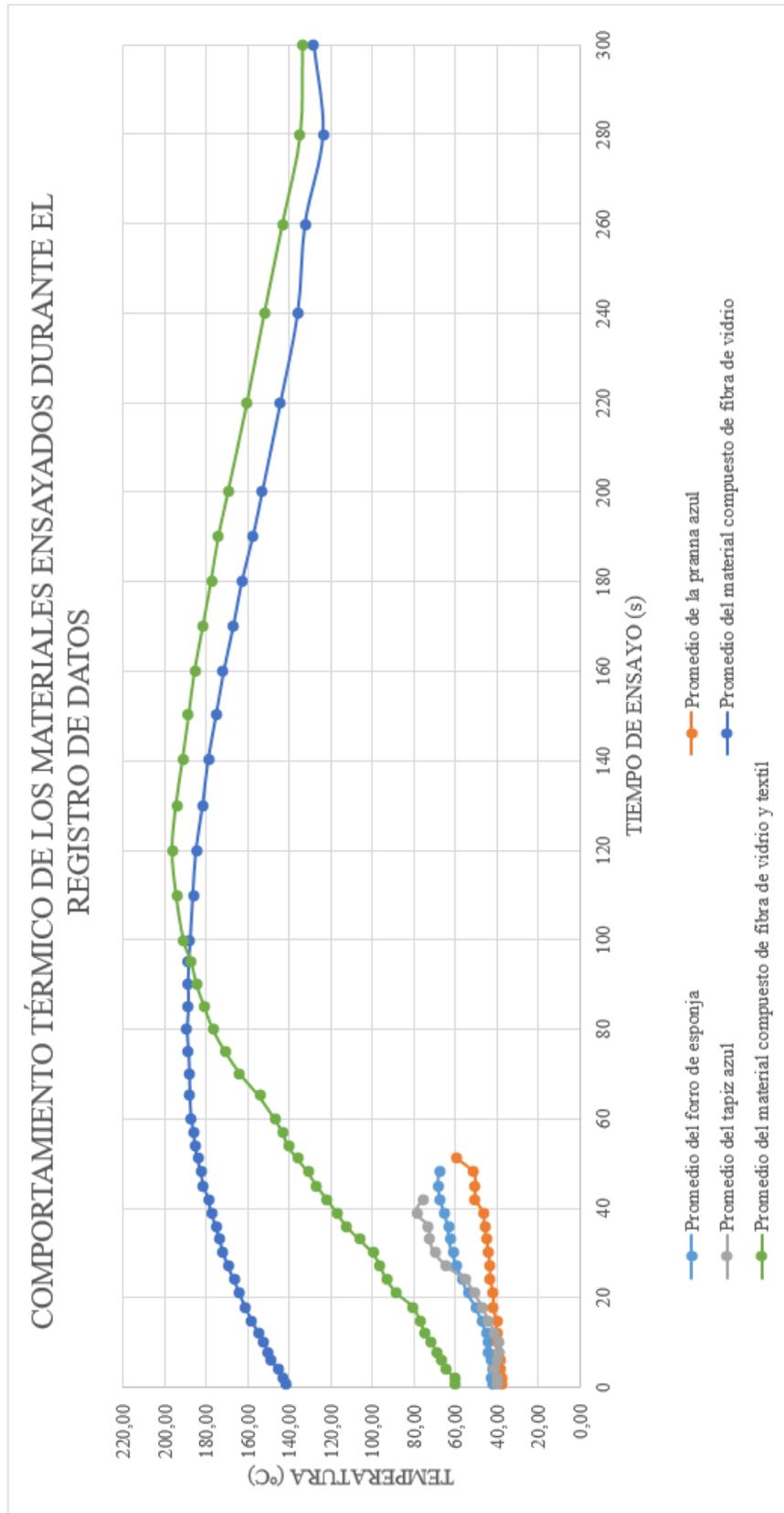
Fuente: Autor

En la gráfica 3.2.8 se muestra el comportamiento de la temperatura de cada uno de los materiales ensayados. Los datos de temperatura graficados están en función del promedio de tiempo de duración de cada material ensayado.

Para visualizar claramente los valores del comportamiento e incremento de la temperatura en los primeros 60 segundos de ensayo se realiza la gráfica 3.2.9, en la cual se puede identificar dicho comportamiento.

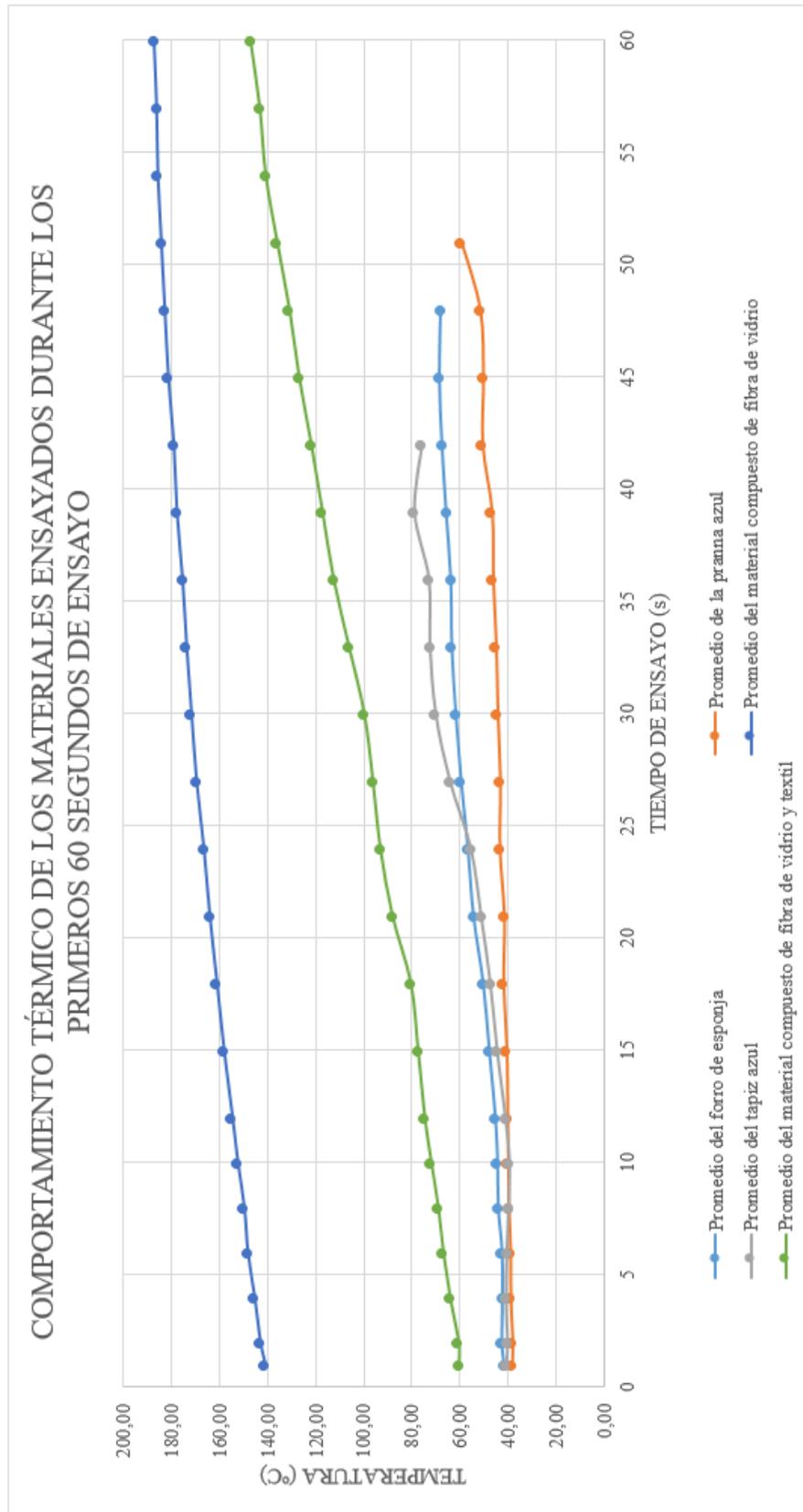
Como se puede visualizar en la gráfica 3.2.9 los materiales que tienen un tiempo total de ensayo menor a 60 segundos su variación de temperatura es mínima, ya que esta varía entre los 35 y 60 grados aproximadamente. En comparación a la variación de temperatura del resto de materiales que tiene una duración de ensayo de hasta 300 segundos. La temperatura de estos materiales varía entre los 60 y 200 grados centígrados aproximadamente, llegando a su punto máximo a mitad del tiempo total de ensayo, ya que por ese tiempo las probetas estas encendidas por completo.

Gráfica 3.2.8: Comportamiento del promedio de las temperaturas de todos los materiales ensayados versus el tiempo total de duración de cada ensayo.



Fuente: Autor

Gráfica 3.2.9: Comportamiento del promedio de las temperaturas de todos los materiales ensayados versus los primeros 60 segundos de duración de cada ensayo.



Fuente: Autor

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El equipo utilizado para el ensayo de inflamabilidad vertical se encuentra en condiciones normales de funcionamiento, sin embargo, el funcionamiento del equipo es completamente manual, como el encendido, control de altura de la llama, el registro del tiempo de aplicación directa a una fuente de ignición, el registro del tiempo de duración del ensayo, así como también presenta la necesidad de utilizar un medidor de temperatura externo que permita determinar la temperatura interna de la cámara antes de iniciar un ensayo. La no precisión del registro manual de todos estos datos incurriría en el incumplimiento del procedimiento especificado en la norma ASTM D6413.
- De acuerdo con los parámetros especificados en la norma ASTM D6413 para el funcionamiento de la máquina se procede a seleccionar componentes que permitan controlar el encendido de la llama, determinar la presencia de la llama y regular la altura de la misma de forma automática, además de añadir una termopar tipo K que permita determinar la temperatura interior de la cámara, la cual sea visualizada con la ayuda de una interfaz de un programa creado para que permita controlar el funcionamiento de la máquina desde un ordenador, en el cual se pueda visualizar los datos recolectados en el transcurso del ensayo.
- Finalizado la creación de la interfaz de manejo y la instalación de todos los componentes seleccionados para el control de la máquina, se procede con las pruebas de funcionamiento, siendo necesario una calibración de gas y oxígeno para que permita el encendido de la llama y detección de los sensores instalados, ya que dichos sensores detectan únicamente la presencia de llama de color amarillo. Para lo cual al encenderse el porcentaje de gas es de un 80% y el oxígeno de un 0%, posteriormente los valores cambian llegando a abrirse el oxígeno hasta un 22% con el fin de tener la presencia de llama amarilla. El porcentaje de gas varía entre un 55 y 65%, debido a que el software de control mediante dos sensores ira regulando la altura de llama hasta alcanzar los 38 mm requeridos y de eso dependerá el porcentaje de apertura, además dependerá de si la bombona está llena o a punto de terminarse. Realizada la calibración en el encendido la lectura de

sensores y recolección de datos es idónea, juntamente con la generación de un reporte del ensayo realizado que permite el programa.

- La presencia de corrientes de aire en el exterior de la máquina afecta el proceso de regulación automática de la altura de llama, ya que la máquina posee orificios de ventilación en la parte lateral inferior de la máquina, lo que hace que la llama crezca de manera repentina cuando aparece estas corrientes de aire.
- Los ensayos de inflamabilidad de los materiales realizados demostraron que el forro de esponja, la pranna, al igual que el tapiz azul no cumplen con el reglamento ecuatoriano, la pranna cumple únicamente con el RTE INEN 038 y 041, siendo estas menos exigentes que la RTE INEN 043, sin embargo los ensayos realizados de vinil para piso, material compuesto de fibra de vidrio y resina poliéster, y material compuesto de fibra de vidrio, textil y resina poliéster, cumplen con el reglamento técnico ecuatoriano, considerando que las probetas de material compuesto se consumieron totalmente pero su tiempo de consumo fue largo por lo cual el índice de inflamabilidad es bajo.

4.2 Recomendaciones

- Limpiar los residuos desprendidos de los materiales ensayados después de cada practica para evitar que obstruyan la salida de gas, de aire, ya que estos residuos pueden influir en tiempo post-resplandor. La limpieza se debe hacer de la superficie de la porta probetas, las paredes internas de la cámara y el mechero.
- Conservar la máquina en lugar cubierto para evitar que se mojen los componentes electrónicos, ya que estos son sensibles a la humedad y pueden dañarse, además de provocar un corto circuito al encender la máquina.
- Realizar los ensayos de inflamabilidad vertical en un ambiente cerrado, pero que contenga una campana de ventilación o extractor de gases para cuando se finalice el ensayo. El ambiente cerrado permitirá regular la altura de llama de manera precisa.
- Utilizar equipo de protección personal adecuado, ya que al realizar los ensayos la cámara puede generar gases tóxicos y perjudiciales para la salud, además de que al finalizar el ensayo y manipular la porta probetas, este puede estar a altas temperaturas.

Referencias bibliográficas

- [1] M. Santos, “Un enfoque aplicado del control inteligente,” *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. I, n° 8, pp. 283-296, 2011.
- [2] J. C. Quezada, J. Bautista López, E. Flores García y V. Quezada Aguilar, “Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable,” *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. XV, n° 1, pp. 41-50, 2014.
- [3] C. Ulloa , J. M. Nuñez, A. Suárez y L. Chengxian, “Design and development of a PV-T test bench based on Arduino,” *Energy Procedia*, vol. I, n° 141, pp. 71-75, 2017.
- [4] F. Candelas, G. García, S. Puente, J. Pomares, C. Jara, J. Pérez, D. Mira y F. Torres, “Experiencias en el uso de Arduino para experimentos de laboratorio de control automático y robótica.,” *IFAC'PapersOnLine*, vol. XLVIII, n° 29, pp. 105-110, 2015.
- [5] K. Villa y J. Krasnys, “Small-Scale Vertical Flammability Testing for Fabrics,” *Fire Safety Journal*, vol. 1, n° 16, pp. 229-241, 1990.
- [6] E. Pazmiño, “Sistema semiautomático de suministro de botellas en la operación de llenado para incrementar la producción de la envasadora del laboratorio de sistemas de medición y control industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica,” Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2015, p. 167.
- [7] N. F. Medina, “Control de una estación de mezcla para la dosificación y preparación de bebidas, aplicable al sistema de envasado y embotellado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica,” Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2015, p. 160.
- [8] C. B. Castro, “Estudio del comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías y su incidencia en la

homologación de modelos y competitividad de la empresa carrocería industria metálica Cepeda,” Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2014, p. 255.

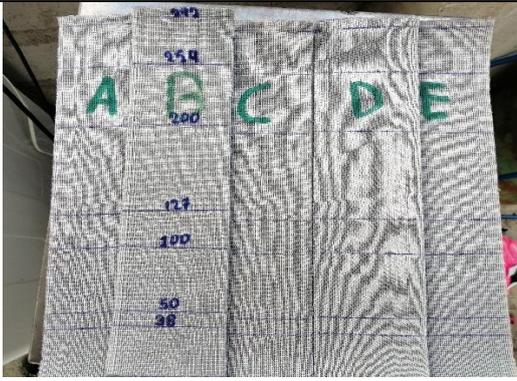
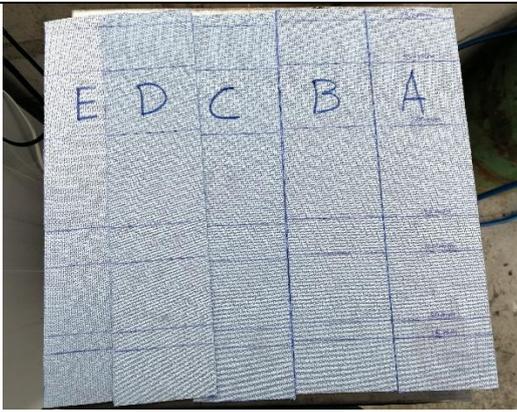
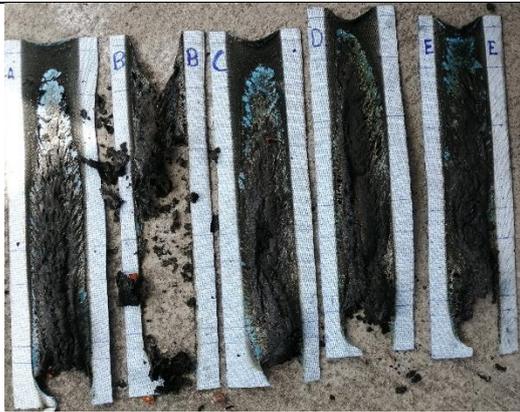
- [9] A. F. Cabrera, “Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de inflamabilidad vertical de materiales utilizados en el interior de carrocerías,” Primera ed., Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [10] J. Vilaboa, “Gestión de la automatización de plantas industriales en Chile,” *Gestión de la Automatización de Plantas Industriales en Chile*, vol. XII, n° 1, pp. 33-41, 2004.
- [11] P. Daneri, “PLC Automatización y Control Industrial,” Primera ed., Buenos Aires: Editorial Hispano Americana S.A. - HASA, 2008.
- [12] J. Domingo Peña, J. Gámiz Caro, A. Grau i Saldes y H. Martínez García, “Introducción a los autómatas programables,” Primera ed., Catalunya: UOC, 2003.
- [13] Intelitek, “<https://shop.intelitek.com>,” Intelitek, 2018. [En línea]. Available: https://shop.intelitek.com/SkillsUSA-Robotics-and-Automation-Technology-PLC-Kit_p_139.html. [Último acceso: 22 Noviembre 2018].
- [14] R. Enríquez Herrador, “Guía de Usuario de Arduino,” Primera ed., Córdoba: Universidad de Córdoba, 2009.
- [15] S. Nazaré y A. Horrocks, “Flammability testing of fabrics,” *University of Bolton*, vol. I, n° 1, pp. 339-388, 2010.
- [16] ISO 3795, “Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry/Determination of behavior of interior materials,” Second ed., Switzerland: International Organization for Standardization, 1989.
- [17] ASTM D 6413, “Standard Test Method for Flame Resistance of Textiles (Vertical Test),” West Conshohocken: ASTM International, 2015.
- [18] M. Patiño y N. Valdés Romaña, “Química Básica,” Segunda ed., Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano, 2010.

- [19] R. Sinclair, "Textiles and Fashion," Primera ed., Cambridge: Woodhead Publishing, 2015.
- [20] S. Kilinc, "Handbook of fire resistant textiles," Primera ed., Cambridge: Woodhead Publishing, 2013.
- [21] A. Besednjak, "Materiales compuestos. Procesos de fabricación de embarcaciones," Primera ed., Catalunya: Universidad Politecnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politecnica, 2005.
- [22] M. Guancha, L. May, J. López , J. Soto, S. Rendón y K. Mondragón, "Comportamiento reológico del material compuesto de almidón de papa (comercial) reforzado con material paticulado de guadua (*Angustifolia Kunth*)," *Technology: Comprehensive Works*, vol. LXXIX, nº 2, pp. 16-19, 2015.
- [23] D. Hull, "Materiales compuestos," Primera reimpressa ed., Barcelona: Reverté, 2003.
- [24] C. Riba, "Diseño concurrente," Primera ed., Barcelona: Edicions UPC, 2002.

ANEXOS

Anexo A: Estado de las probetas de los materiales ensayados

Tabla de figuras de las muestras de antes y después de realizar el ensayo de inflamabilidad vertical.

Figura del antes de realizar el ensayo	Figura del después de realizar el ensayo.
Forro de esponja	
	
Pranna azul	
	
Tapiz azul	
	

Vinil para piso



Material compuesto de fibra de vidrio y resina poliéster



Material compuesto de fibra de vidrio, textil y resina poliéster





Designation: D 6413 – 99

TESTEX Textile Instrument Ltd
Offers a wide range of textile testing equipment with eu
quality and chinese price, kindly contact us for more info
Web : www.textileinstruments.net
Email: sales@textileinstruments.net

Standard Test Method for Flame Resistance of Textiles (Vertical Test)¹

This standard is issued under the fixed designation D 6413; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method is used to measure the vertical flame resistance of textiles.

1.1.1 As a part of the measure of flame resistance, after-flame and afterglow characteristics are evaluated.

1.2 This standard shall be used to measure and describe the response of materials, products, or assemblies to heat and flame under controlled laboratory conditions and shall not be used to describe or appraise the fire hazard or fire risk of materials, products, or assemblies under actual fire conditions.

1.3 The values stated in either SI units or other units are to be regarded separately. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system shall be used independently without combining values.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*

D 123 Terminology Relating to Textiles²

D 1776 Practice for Conditioning Textiles for Testing²

D 4391 Terminology Relating to Burning Behavior of Textiles³

3. Terminology

3.1 *Definitions*—For definitions of terms relating to the combustion of textiles, see Terminology D 4391. For definitions of other textile terms used in this test method, refer to Terminology D 123.

3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard:*

3.2.1 *afterflame, n*—persistent flaming of a material after the ignition source has been removed.

3.2.2 *after-flame time, n*—the length of time for which a material continues to flame after the ignition source has been removed.

3.2.3 *afterglow, n*—glow in a material after the removal of an external ignition source or after the cessation (natural or

induced) of flaming of the material.

3.2.4 *afterglow time, n*—the time afterglow continues after the removal of the ignition source and the cessation of flaming.

3.2.5 *char length, n*—in measuring flame resistance of textiles, the distance from the fabric edge, which is directly exposed to the flame to the furthest point of visible fabric damage after a specified tearing force has been applied.

3.2.6 *charring, n*—the formation of carbonaceous residue as the result of pyrolysis or incomplete combustion.

3.2.7 *flame, n*—as related to ignition of textiles, a controlled hot, luminous zone of gas or matter in gaseous suspension, or both, of constant size and shape that is undergoing combustion as evidenced by a low-intensity heat flux of less than 1 kw, such as candle flame or match flame.

3.2.8 *flame application time, n*—the time interval for which the ignition flame is applied to a material.

3.2.9 *flame resistance, n*—the property of a material whereby flaming combustion is prevented, terminated, or inhibited following application of a flaming or nonflaming source of ignition, with or without subsequent removal of the ignition source.

3.2.10 *glow, n*—visible, flameless combustion of the solid phase of a material.

3.2.11 *ignition, n*—the initiation of combustion.

3.2.12 *melting, n*—a liquification of material under the influence of heat.

3.2.13 *smoldering, n*—the combustion of a solid material without accompaniment of flame but generally with the production of smoke.

4. Summary of Test Method

4.1 A specimen is positioned vertically above a controlled flame and exposed for a specified period of time. The flame then is removed, and afterflame time and afterglow time are measured.

4.2 Char length is measured under a specified force.

4.3 Any evidence of melting or dripping is noted.

5. Significance and Use

5.1 This test method determines the response of textiles to a standard ignition source, deriving measurement values for afterflame time, afterglow time, and char length.

5.2 The vertical flame resistance, as determined by this test method, only relates to a specified flame exposure and application time.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-13 Textiles and is the direct responsibility of Subcommittee D13.52 on Flammability. Current edition approved April 10, 1999. Published August 1999.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 07.01.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 07.02.

5.3 This test method maintains the specimen in a static, draft-free, vertical position and does not involve movement except that resulting from the exposure.

5.4 Test Method D 6413 has been adopted from Federal Test Standard No. 191A method 5903.1, which has been used for many years in acceptance testing. The between-laboratory precision of this test method has not been established. Refer to Section 14 for single-laboratory precision.

5.4.1 If there are differences or practical significance between reported test results for two laboratories (or more), comparative tests should be performed to determine if there is a statistical bias between them, using competent statistical assistance. As a minimum, the test samples used should be as homogeneous as possible, that are drawn from the material from which the disparate test results are obtained, and that are assigned randomly in equal numbers to each laboratory for

testing. Other materials with established test values may be used for this purpose. The test results from the two laboratories should be compared using a statistical test for unpaired data, at a probability level chosen prior to the testing series. If a bias is found, either its cause must be found and corrected, or future test results must be adjusted in consideration on the known bias.

6. Apparatus

6.1 *Test Cabinet and Accessories*, fabricated in accordance with the requirements specified in Figs. 1-5. Galvanized sheet metal or other suitable metal can be used. The entire inside back wall of the cabinet shall be painted black to facilitate the viewing of the test specimen and pilot flame.

6.1.1 The test cabinet shall be set up in a laboratory hood or with comparable equipment so that combustion gases can be

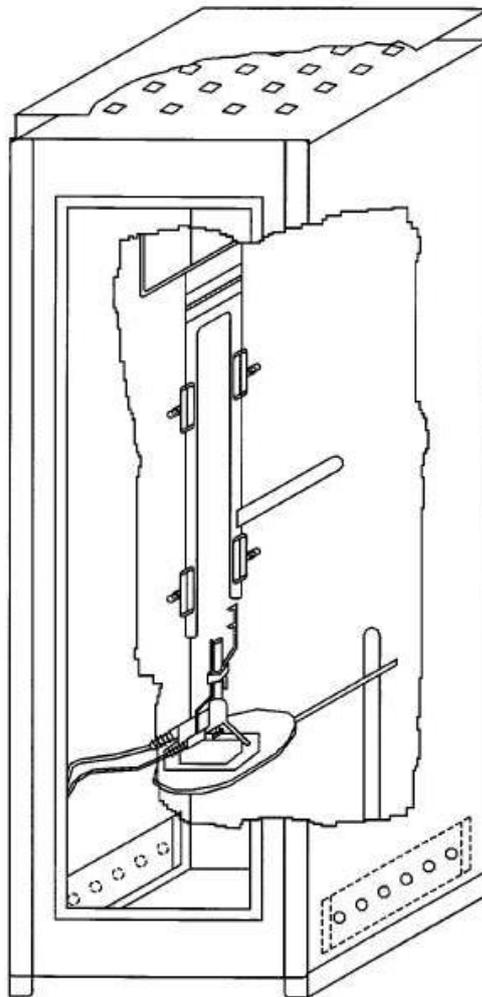
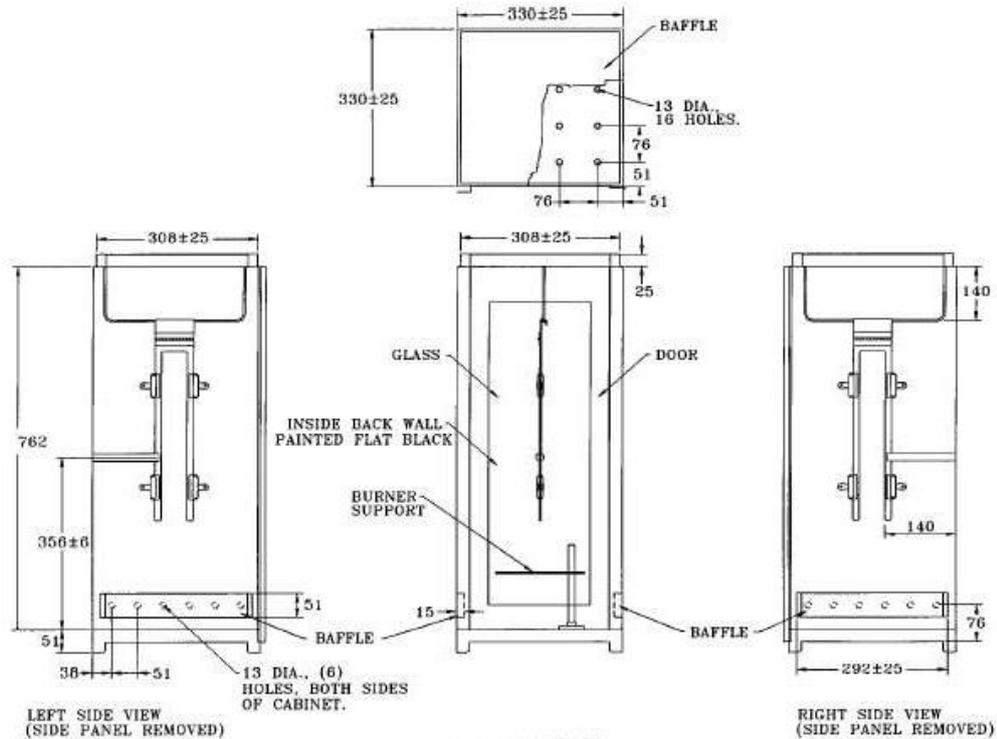


FIG. 1 Test Apparatus



ALL DIMENSIONS IN mm
FIG. 2 a Test Apparatus Construction Details

removed from the test lab environment. Precautions must be taken to minimize the draft through the laboratory hood while testing. Open doors or windows are examples of unnecessary causes of drafts and must be avoided. A ventilation smoke tube kit⁴ may be used to check for the presence of drafts.

6.2 *Burner*, equipped with a needle valve to adjust flame height (see Fig. 4).

6.2.1 The burner shall be constructed by combining a 10 mm (0.38 in.) inside diameter barrel 76 ± 6 mm (3 ± 0.25 in.) long with a base from an adjustable valve burner. A Tirrill burner is recommended, but a Bunsen burner modified to conform to this test method also will suffice.

6.2.2 The pilot light tube shall have an inside diameter of approximately 1.5 mm (0.06 in.) and shall be spaced 3 mm (0.12 in.) away from the burner edge.

6.2.3 Gas controls and connections shall be as specified in Fig. 5. The solenoid valve shall be capable of being fully opened or fully closed in less than 0.2s and activated by an adjustable timer.

6.2.4 On the side of the barrel of the burner, opposite the burner pilot light there shall be a flame height gage constructed of metal spaced approximately 13 mm (0.50 in.) from the

barrel and extending above the burner. The gage shall have two prongs approximately 8 mm (0.32 in.) long marking the distances of 19 mm (0.75 in.) and 38 mm (1.50 in.) above the top of the burner.

6.2.5 The burner shall be movable when placed in the cabinet and capable of adjustments to center the burner directly below the center bottom edge of the specimen when performing the tests.

6.3 *Gas Regulator Valve System*, a control system with a delivery rate designed to furnish gas to the burner under a pressure of 17.2 ± 1.7 kPa (2.5 ± 0.25 lbf/in.²) at the burner inlet. The manufacturer's recommend delivery rate for the valve system shall include the required pressure.

6.4 *Gas Mixture*, methane, 99 % pure.

6.5 *Test Specimen Holder*, constructed as shown in Fig. 3. The assembly is shown in Figs. 1 and 2.

6.6 *Specimen Holder Clamps*, capable of firmly holding the test specimen in the test specimen holder.

6.7 *Laboratory Hood*, in which to carry out the test.

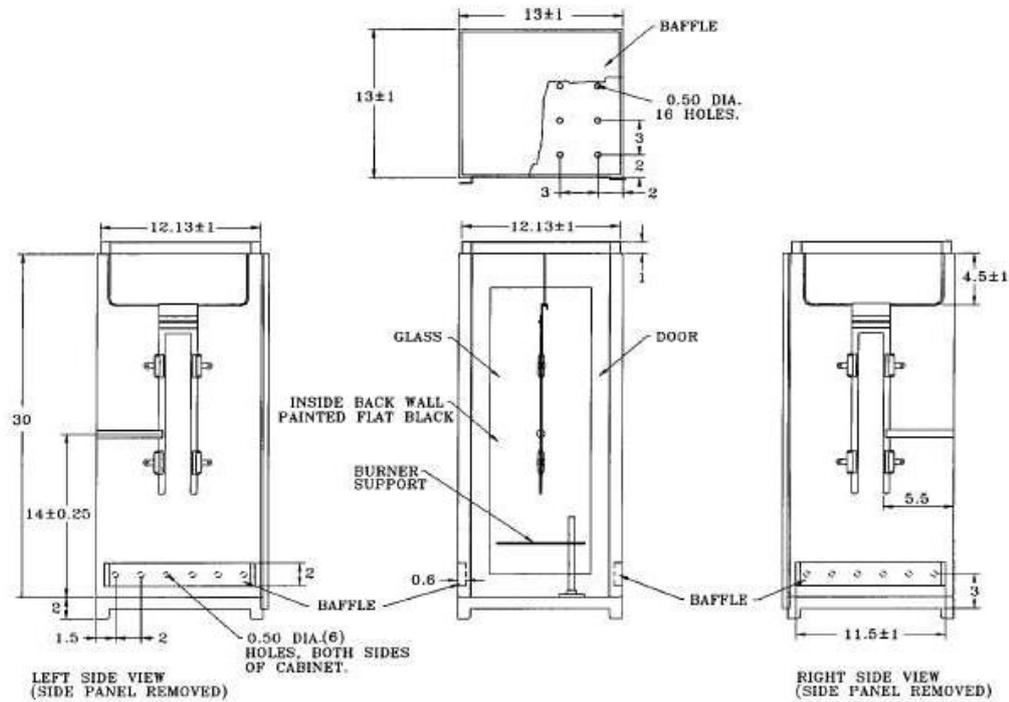
6.8 *Stop Watch*, or other device to measure the burning time to 0.2 s.

6.9 *Measuring Scale*, graduated in increments of at least 3 mm (0.12 in.) to measure the length of char.

6.10 *Metal Hooks and Weights*—Metal hooks and a range of weights to produce a series of total loads, which will be used

⁴A ventilation smoke tube kit is available from A-Line Safety Appliance Company, Pittsburgh, PA 15230.

D 6413



ALL DIMENSIONS IN INCHES

FIG. 2 b Test Apparatus Construction Details (continued)

to determine char length. The metal hooks shall consist of 1-mm (0.04-in.) diameter steel wire, 76 mm (3 in.) long. The hook is formed by bending the wire to 45° angle forming a hook 3 mm (0.5 in.) from one end. This hook is used for puncturing the fabric.

6.11 *Flame Impingement Timer*, a timer and electrical gas solenoid used to control the interval, which gas is supplied to the burner.

7. Hazards

7.1 Normal precautions applicable to pressurized flammable gases, open flames, hot flames, hot surfaces, burning fabrics and combustion, off gases and solid residue shall be employed.

7.2 Conduct the tests in a hood to contain the gases evolved during testing and for exhaust of the gases after each test.

8. Preparation of Apparatus

8.1 Adjust gas pressure to 17.2 ± 1.7 kPa (2.50 ± 0.25 lbf/in.²) and ignite pilot flame. Adjust the pilot flame to a height of approximately 3 mm (0.12 in.) when measured from its lowest point. Be sure that the tip does not alter shape of the test flame during the 12s exposure time.

8.1.1 Adjust the burner flame using the needle valve in the base of the burner to achieve a flame height of 38 mm (1.50 in.). This height is achieved by fully closing the air opening on the burner tube base and fully opening the solenoid valve.

NOTE 1—Tape may be used to close off the air openings on the burner.

8.1.2 Position the burner so that the middle of the lower edge of the specimen holder is centered 19 mm (0.75 in.) above the burner.

NOTE 2—It may be necessary to turn off nearby lights to make sure of the accuracy of intersect of the midpoint of the flame with the mounting clamp.

8.2 Adjust the timer to provide a 12 ± 0.2 -s flame to the specimen.

NOTE 3—Using a hand-held timer or stopwatch, verify the flame time.

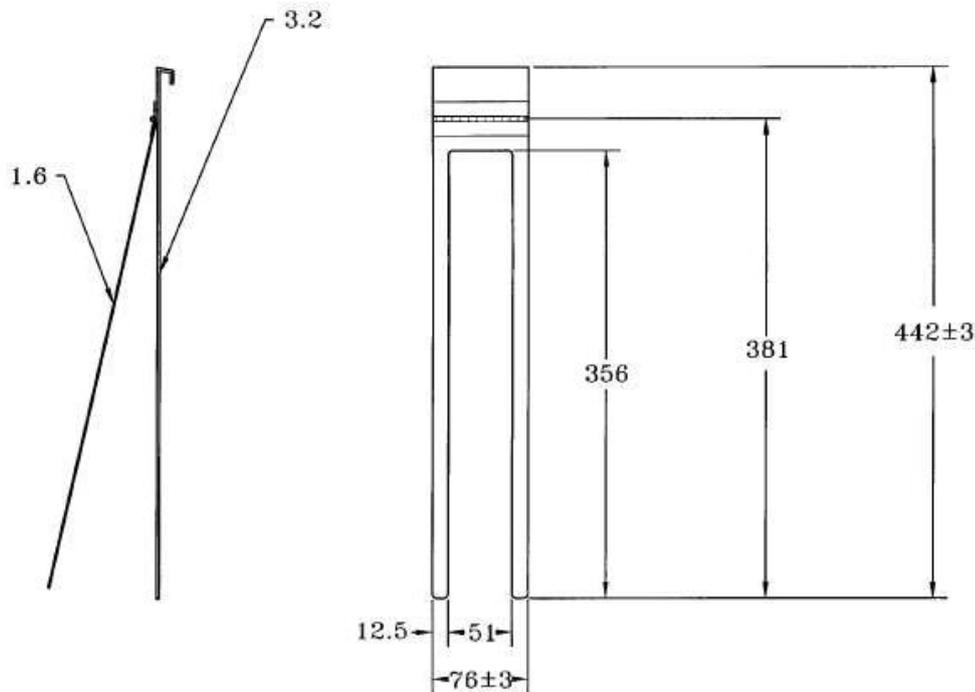
8.2.1 Do this by measuring the interval between the opening and closing of the solenoid with an accurate laboratory timer or stopwatch.

9. Sampling

9.1 *Primary Sampling Unit*—Consider rolls of fabric or fabric components of fabricated assemblies to be the primary sampling unit, as applicable.

9.2 *Laboratory Sampling Unit*—As a laboratory sampling unit take from rolls at least one full-width piece of fabric that is 1 m (1 yd) long along the selvage (machine direction), after removing first a 1-m (1-yd) length. For fabric components of fabricated assemblies the entire assembly may be used.

9.3 *Test Specimens*—From each laboratory sampling unit, cut five lengthwise and five widthwise test specimens 76 mm (3.0 in.) by 300 mm (12 in.). For woven fabrics, the long dimensions are cut parallel to the warp yarns for lengthwise



ALL DIMENSIONS IN mm.

FIG. 3 a Specimen Holder Construction Details

tests and parallel to the filling yarns for widthwise tests. Take lengthwise specimens from different positions across the width of the fabric. Consider the long direction as the direction of the test. Label to maintain specimen identity.

9.3.1 Cut specimens representing a broad distribution diagonally across the width of the laboratory sampling unit. Ensure specimens are free of folds, creases, or wrinkles. Avoid getting oil, water, grease, etc., on the specimens when handling.

9.3.2 If the fabric has a pattern, ensure that the specimens are a representative sampling of the pattern.

10. Conditioning

10.1 Bring the laboratory sampling units or test specimens to moisture equilibrium as directed in Practice D 1776, except no preconditioning is necessary.

10.2 Each specimen to be tested shall be exposed to the test flame within 4 min after removal from the standard atmosphere or placed in a desiccator without desiccant or equivalent after conditioning for storage until testing and transfer to the testing area.

11. Procedure

11.1 Mount and expose each specimen to the flame within 4 min of removal from the conditioning area or storage.

11.2 Clamp the test specimen between the two halves of the holder, with the bottom of the specimen even with the bottom

of the holder. With the holder held vertically, secure the specimen in the holder with a minimum of four clamps. Position two clamps near the top of the holder, one on each side to stabilize the specimen. Similarly, position two clamps at the bottom of the holder, one on each side.

11.3 Turn off the hood ventilation. Insert the specimen holder containing the specimen into the test cabinet and position the burner with the middle of the lower edge of the test specimen centered 19 mm (0.75 in.) above the burner and leveled with the bottom metal prong.

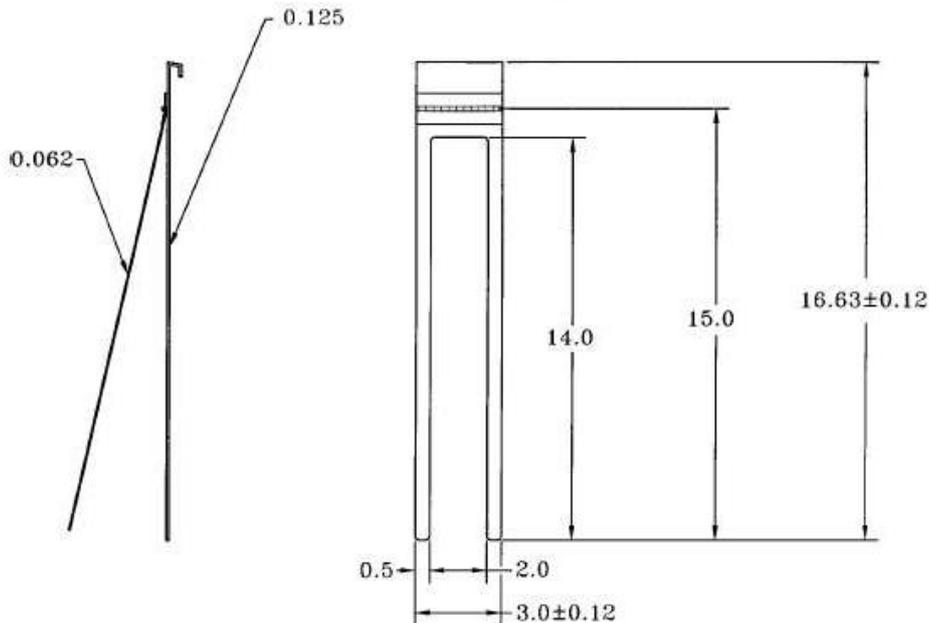
11.4 Start the flame impingement timer and expose the specimen for the 12 ± 0.2 s. Observe the specimen for melting or dripping during the flame exposure. Record any observations. Immediately after the flame is removed, start a stopwatch for measurement of the afterflame and afterglow time.

11.5 Observe how long the specimen continues to flame after the 12 s exposure time. Record the afterflame time to within 0.2 s.

11.6 Observe how long the specimen continues to glow after the afterflame ceases or after removal of the flame if there is no afterflame. Record this afterglow time to the nearest 0.2 s. Do not extinguish the glow because of potential effect on char length.

11.7 Remove the specimen holder from the test cabinet. Turn on the hood ventilation to clear the test cabinet of fumes and smoke. Allow the specimen to cool.

11.8 Measure the char length as shown in Fig. 6.



ALL DIMENSIONS IN inches.

FIG. 3 b Specimen Holder Construction Details (continued)

11.8.1 Make a crease by folding the specimen along a line through the peak of the highest charred area and parallel to the sides of the specimen.

11.8.2 Puncture the specimen with the hook approximately 6 mm (0.25 in.) from the bottom edge and from the side edge of the specimen.

11.8.2.1 Attach a weight of sufficient mass to give a combined mass of the weight with the hook that will result in the appropriate tearing force. See Table 1 to determine the designated total tearing force for fabrics of different basis weights.

11.8.3 Apply the tearing force as follows. Grasp the corner of the specimen on the opposite bottom fabric edge from where the hook and weight are attached. Raise the specimen upward in a smooth continuous motion until the total tearing force is supported by the specimen. Note any fabric tear in the charred area of the specimen. Mark the end of the tear with a line across the width of the specimen and perpendicular to the fold line.

11.8.4 Measure the char length along the undamaged edge of the specimen to the nearest 3 mm (0.12 in.).

12. Calculation

12.1 *Afterflame Time*—Calculate the average afterflame time to the nearest 0.5 s for the lengthwise and widthwise directions for each laboratory sample.

12.2 *Afterglow Time*—Calculate the average afterglow time to the nearest 0.5 s for the lengthwise and widthwise directions for each laboratory sample.

12.3 *Char Length*—Calculate the average char length to the nearest 3 mm (0.12 in.) for the lengthwise and widthwise

directions for each laboratory sample.

13. Report

13.1 State that the samples were tested as directed in Test Method D 6413. Describe the materials or product tested.

13.2 Report the following fabric lengthwise and widthwise information for individual specimens, for the laboratory sampling unit and for the lot as applicable to a material specification or contract order.

13.2.1 Afterflame time.

13.2.2 Afterglow time.

13.2.3 Char length.

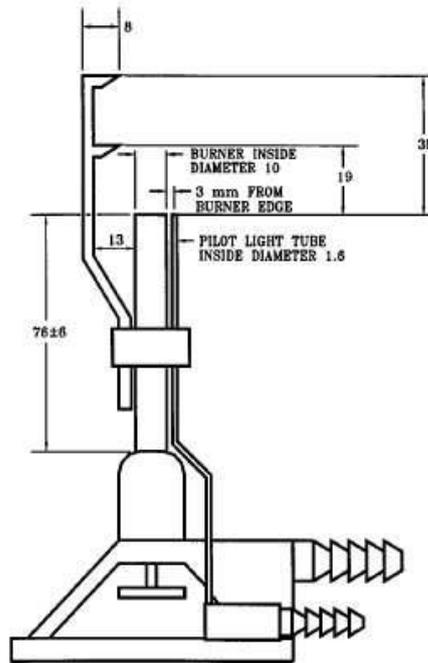
13.2.4 Occurrence of melting or dripping, if any.

14. Precision and Bias

14.1 Precision:

14.1.1 *Single Laboratory Study*—Seven flame resistant woven fabrics were tested in one laboratory, using one operator to determine char length, afterflame time, and afterglow time and three values measured on each specimen by the procedure. Ten specimens were taken from each fabric sample, five in the lengthwise (machine) and five in the widthwise (cross-machine) direction. This single-laboratory data set is analyzed and used in writing a temporary precision statement, pending a full interlaboratory study. Until the full study is completed, users of the test method are advised to exercise conventional statistical caution in making any comparisons of the test results.

14.1.2 *Char Length*—Variances for lengthwise and widthwise specimens are similar, ranging in value from 0.043 to 0.632, with an average value of 0.320 in.²(standard deviation



ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS

FIG. 4 a Burner and Flame Height Gage Construction

= 0.566 in.) as determined by analysis of variance. Critical differences, based on this value and a 95 % probability level, may be applied either to lengthwise average comparisons, or to widthwise average comparisons, to determine significance.

14.1.3 *Afterflame*—Variances for lengthwise and widthwise specimens are similar, ranging in value from 0.008 to 0.106 with an average value of 0.053 2 (standard deviation = 0.230) as determined by analysis of variance. Critical differences, based on this value and a 95 % probability level, may be applied either to lengthwise average comparisons, or to widthwise average comparisons, to determine significance.

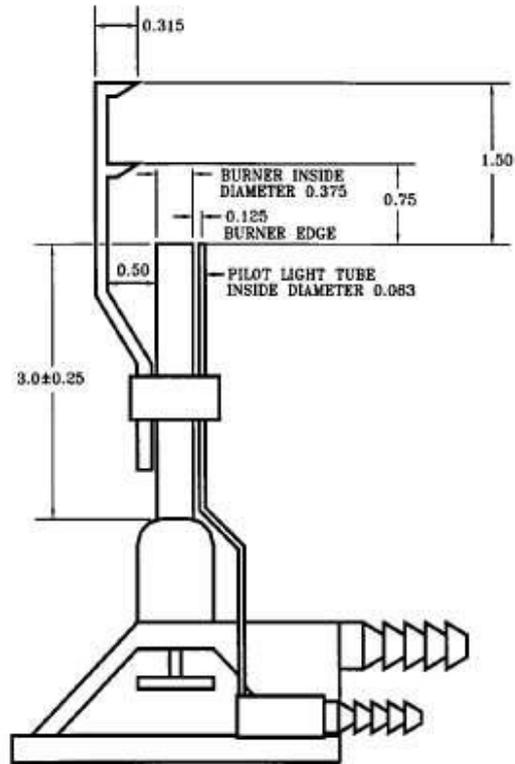
14.1.4 *Afterglow*—Variances for lengthwise and widthwise specimens were more dissimilar, but became similar, when four fabrics, with lengthwise and widthwise variances less than 0.9 and with an average value of 0.278 S^2 (standard deviation = 0.570) were placed in Group 1, and two fabrics, with lengthwise and widthwise variances greater than 1.0 and with an average value of 1.870 S^2 (standard deviation = 1.367) are

placed in Group 2, both as determined by analysis of variance. One fabric could not be placed in either group. A table of critical differences is calculated for each of the two groups, based on each group's variance value and a 95 % probability level. Apply the appropriate group table values, either to lengthwise average comparisons, or to widthwise average comparisons, depending on whether or not the variance values for the averages being compared fall closer to 0.28 or closer to 1.87.

14.2 *Bias*—The procedure of this test method produces a value that can be defined only in terms of a test. There is no independent, referee test method by which bias may be determined. This test method has no known bias. Tables 2-4

15. Keywords

15.1 afterflame; afterglow; char length; flammability; textiles; vertical flame



ALL DIMENSIONS IN INCHES.
 FIG. 4 b Burner and Flame Height Gage Construction (continued)

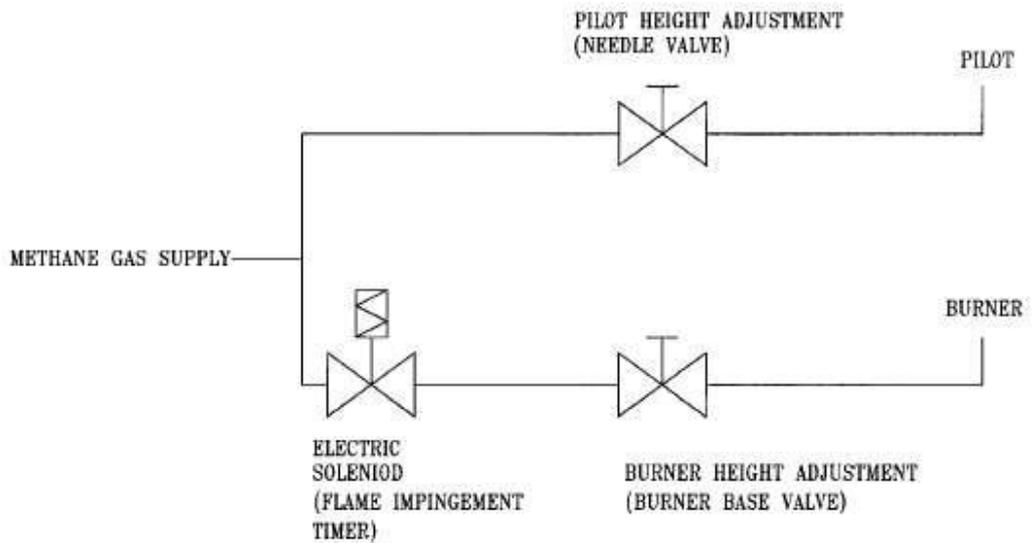
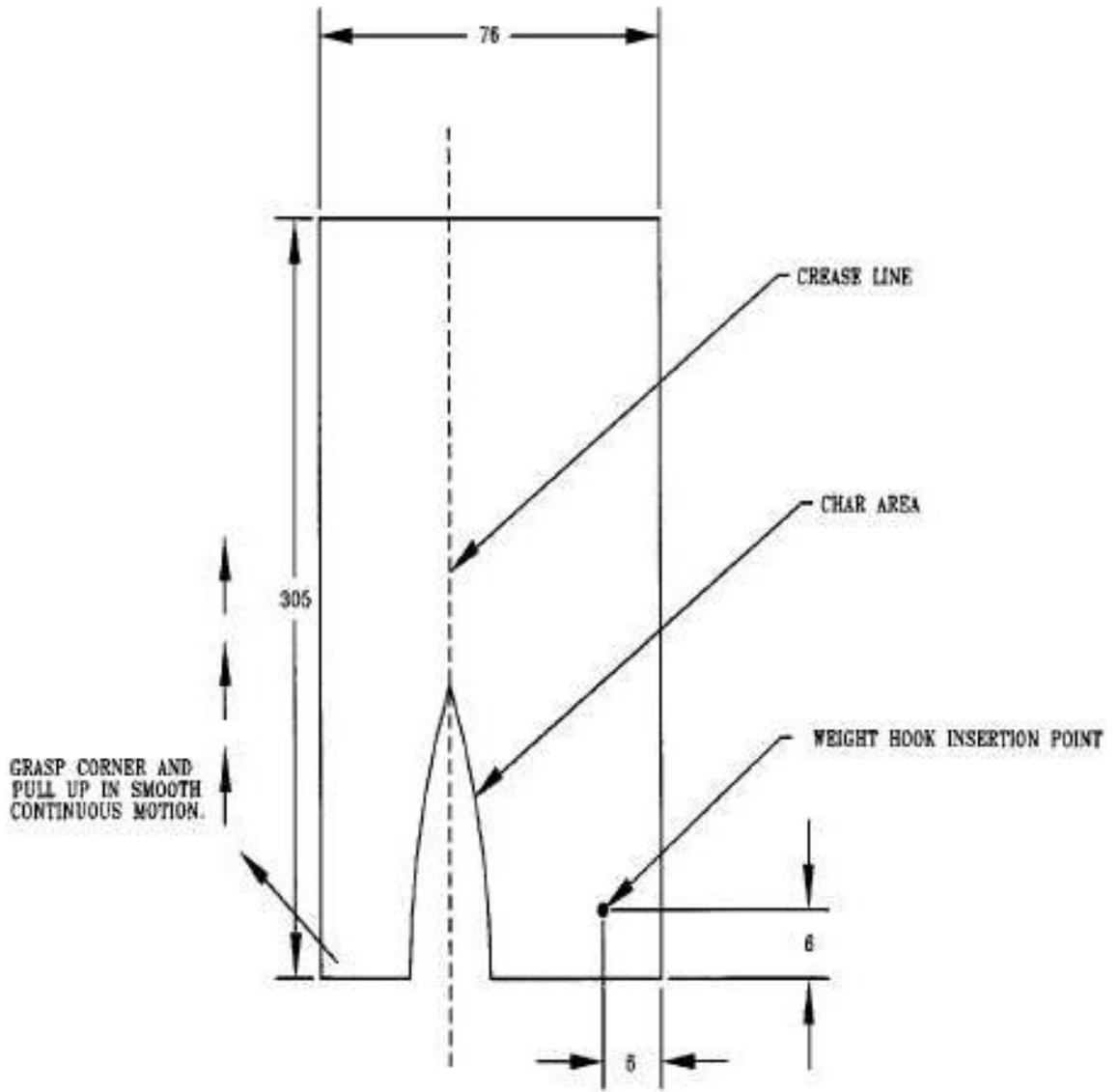


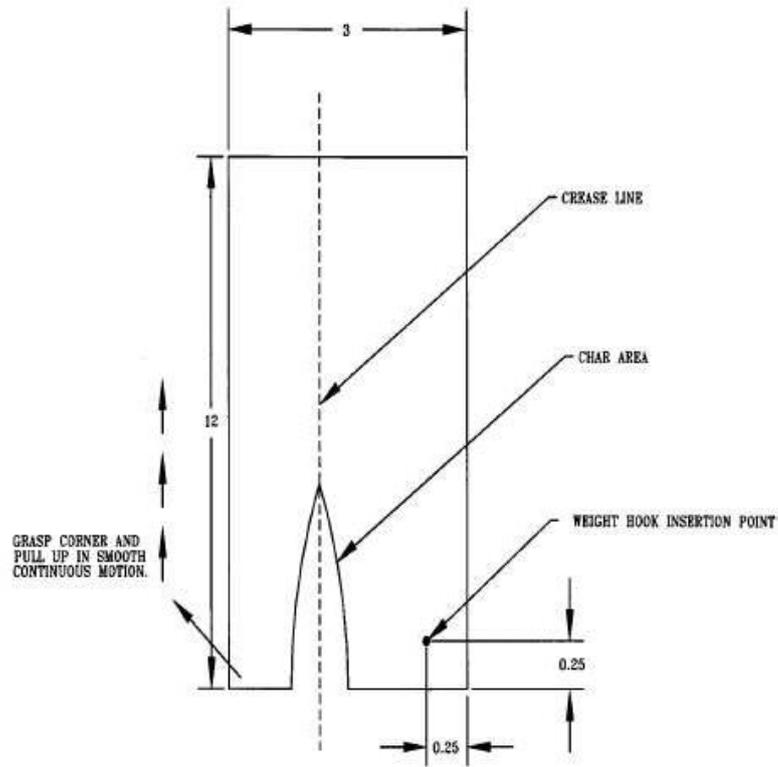
FIG. 5 Schematic of Methane Gas Controls and Adjustments



ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS

FIG. 6 a Char Length Measurement

ASTM D 6413



ALL DIMENSIONS IN INCHES

FIG. 6 b Char Length Measurement (continued)

TABLE 1 Tearing Force for Char Length Determination

g/m ²	Fabric Basis Weight ^A		Total Tearing Force	
	oz/yd ²	oz/yd ²	g	oz
68 to 203	2.0 to 6.0		100	4.0
over 203 to 508	over 6.0 to 15.0		200	8.0
over 508 to 780	over 15.0 to 23.0		300	12.0
over 780	over 23.0		475	16.0

^AThe Fabric Basis Weight refers to the weight of cloth before the addition of any fire retardant treatment or coating.

TABLE 2 Within-Laboratory Critical Differences

Char Length (in.) (95 % Probability Level)			
N ^A	SE ^B	CD ^C	
1	0.57	1.58	
3	0.33	0.91	
5	0.25	0.71	
7	0.21	0.60	

^AN - Number of determinations per average.

^BSE - Standard Error for N determinations.

^CCD - 2.8 SE

TABLE 3 Within-Laboratory Critical Differences

Afterflame (s) (95 % Probability Level)			
N ^A	SE ^B	CD ^C	
1	0.23	0.64	
3	0.13	0.37	
5	0.10	0.29	
7	0.09	0.24	

^AN - Number of determinations per average.

^BSE - Standard Error for N determinations.

^CCD - 2.8 SE

TABLE 4 Within-Laboratory Critical Differences

Afterglow (s) (95 % Probability Level)		
Group 1 (Variance approximately 0.28)		
N^A	SE^B	CD^C
1	0.53	1.48
3	0.30	0.85
5	0.24	0.66
7	0.20	0.56
Group 2 (Variance approximately 1.87)		
N	SE	CD
1	1.37	3.83
3	0.79	2.21
5	0.61	1.71
7	0.52	1.45

^A N – Number of determinations per average.

^B SE – Standard Error for N determinations.

^C CD – 2.8 SE .

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (<http://www.astm.org>).

Anexo C: Atlas Material Testing Solutions (Horizontal vertical flame chamber)



The image shows the Atlas HVFAA Horizontal Vertical Flame Chamber. It is a white, rectangular industrial testing chamber with a black control panel on the left side. The control panel features several buttons, a digital display, and a large dial. The main chamber door is open, revealing a yellow interior with a central vertical rod and two horizontal rods. The background is a bright yellow gradient with a sunburst effect. The Atlas logo is in the top left corner, and the AMETEK logo is in the bottom right corner.

ATLAS
MATERIAL TESTING SOLUTIONS

HVFAA

Horizontal Vertical Flame Chamber

Atlas' HVFAA Horizontal Vertical Flame Chamber accurately determines the flammability of cabin compartment materials and electric wire. The chamber is designed to perform Bunsen burner tests in accordance with FAA's *Aircraft Material Fire Test Handbook* DOT/ FAA/AR-00/12, chapters 1.0 - 4.0 (FAR 25.853, 25.855, 25.1359).

AMETEK
MEASUREMENT, COMMUNICATIONS
& TESTING

Anexo D: Norma técnica ecuatoriana de requisitos de vehículos automotores y carrocerías de buses NTE INEN 1323:2009.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1323:2009
Primera revisión

VEHICULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS.

Primera Edición

ROAD VEHICLES. BUS BODIES. REQUIREMENTS

First Edition

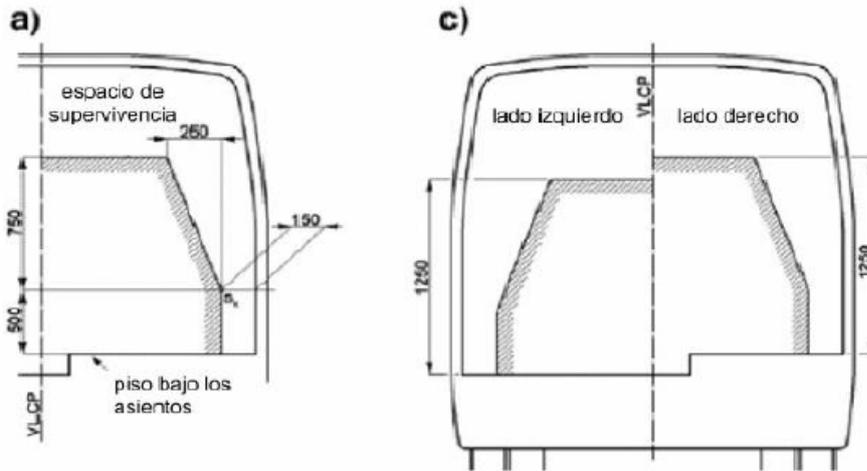
DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos
MC 01.01-401
CDU: 629.11.011.6
CIU: 3843
ICS: 43.020.60

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p align="center">VEHÍCULOS AUTOMOTORES CARROCERIAS DE BUSES REQUISITOS</p>	<p align="center">NTE INEN 1323:2009 Primera Revisión 2009-02</p>
<p align="center">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de buses para todas sus modalidades.</p> <p align="center">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a todas las carrocerías de buses, sean importadas o de construcción nacional. (Ver nota 1).</p> <p>2.2 Esta norma incluye a las carrocerías que son parte de los chasis carrozados importados y carrocerías autoportantes</p> <p align="center">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de la presente NTE INEN se adoptan las definiciones establecidas en las NTE INEN ISO 3833 vigente, NTE INEN 1 155 vigente, y las que a continuación se detallan:</p> <p>3.1.1 <i>Carga de aceleración brusca (A_b)</i>. Corresponde a la fuerza producida por la aceleración brusca del vehículo.</p> <p>3.1.2 <i>Carga de frenado (F)</i>. Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo.</p> <p>3.1.3 <i>Carga de giro (G)</i>. Corresponde a la fuerza producida por el giro de un vehículo.</p> <p>3.1.4 <i>Carga por Resistencia del Aire frontal (R_{af})</i>. Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal.</p> <p>3.1.5 <i>Carga muerta (M)</i>. Corresponde al peso total de la carrocería en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios.</p> <p>3.1.6 <i>Carga viva (V)</i>. Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.</p> <p>3.1.7 <i>Carrocería</i>. Conjunto de estructura, elementos de seguridad y confort que se adiciona al chasis de forma fija, para el transporte de personas.</p> <p>3.1.8 <i>Carrocería autoportante</i>. Aquella que en su diseño conforma el bastidor e incluye en su estructura los anclajes necesarios para el equipo mecánico y eléctrico.</p> <p>3.1.9 <i>Bastidor o chasis</i>. Constituye el soporte de todos los órganos principales del vehículo (motor, transmisión, suspensión sobre la que se apoya, dirección, ruedas, frenos).</p> <p>3.1.10 <i>Espacio de supervivencia</i>. Es el volumen que se obtiene en el compartimento de ocupantes, desplazando en línea recta el plano vertical y transversal indicado en la figura 1, de manera que se pase el punto S_R de la figura 2 desde el punto S_R del último asiento exterior a través del punto S_R de cada asiento exterior intermedio hasta el punto S_R del primer asiento exterior del ocupante.</p> <p>NOTA 1.- La definición de buses de acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 vigente.</p> <p align="right"><i>(Continua)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos</p>		

FIGURA 1. Vista transversal del espacio de supervivencia. (Ver nota 2)

Especificación del espacio de supervivencia

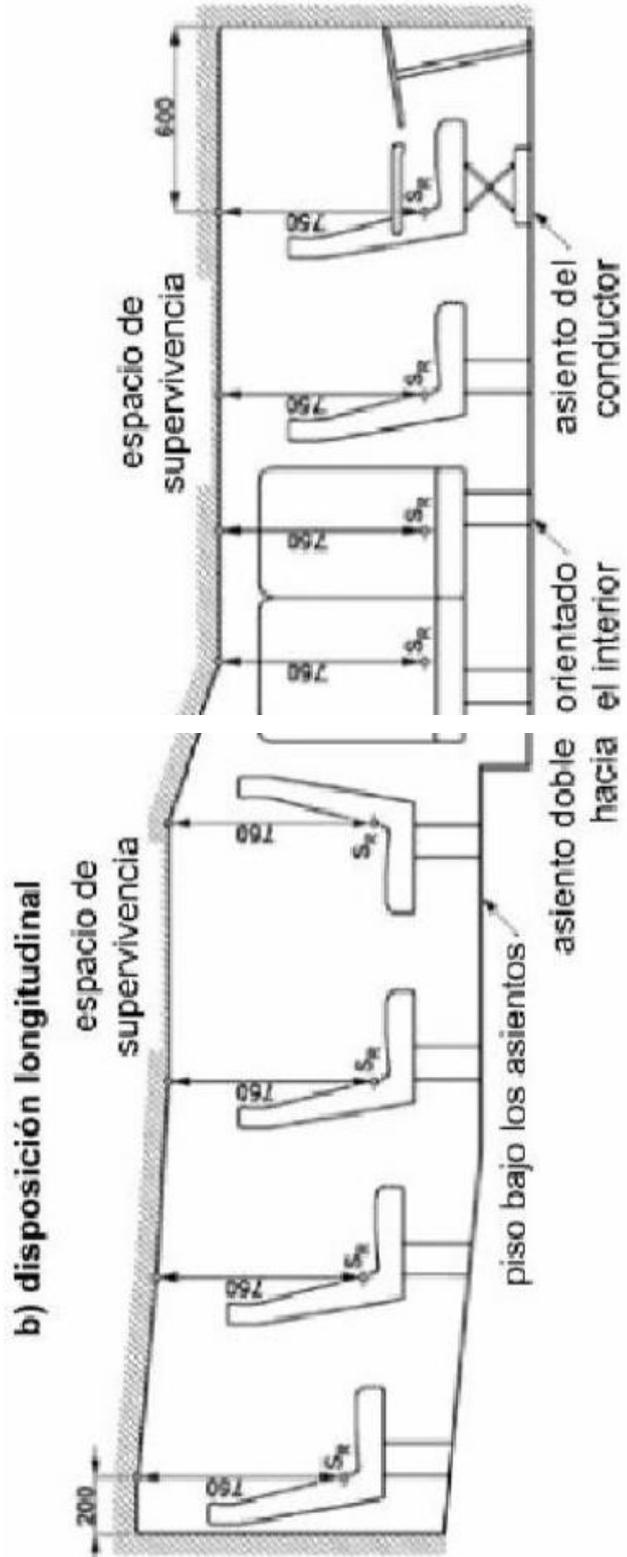
a) y c) disposiciones laterales



NOTA 2. El objetivo de las figuras 1 y 2 es indicar las dimensiones en milímetros del espacio de supervivencia. Las figuras 1 y 2 no están relacionadas con una forma geométrica o distribución de asientos específica en las carrocerías.

(Continúa)

FIGURA 2 Vista longitudinal del espacio de supervivencia



3.1.11 Peso máximo admisible para el chasis. Conocida también como capacidad de carga. Es la carga útil máxima emitida para la cual fue diseñado el vehículo. Este valor es proporcionado por el fabricante del chasis.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Consideraciones de diseño de la carrocería. Se debe considerar lo siguiente:

4.1.1 Las especificaciones del chasis, lo cual incluye:

- Tipo de Servicio de la carrocería.
- Peso bruto vehicular (PBV).
- Capacidad de carga de los ejes.
- Peso del chasis en vacío o tara, total y por ejes.
- Relación peso/potencia.

4.1.2 La estabilidad, lo cual incluye:

- Distribución de masa
- Altura del centro de gravedad
- Dimensiones de la carrocería
- Rigidez de suspensión.
- Capacidad de inclinación (rolido).

4.1.3 El confort, lo cual incluye:

- Aislamiento acústico y térmico.
- Ventilación.
- Hermeticidad.
- Ergonomía.

4.1.4 El mantenimiento, lo cual incluye:

- Accesibilidad a los elementos del vehículo.

4.1.5 La seguridad, lo cual incluye:

- Seguridad activa y pasiva.

4.1.6 Método de anclaje y montaje, lo cual incluye:

- Disposiciones y recomendaciones del fabricante del chasis (manual de carrozado).

4.1.7 Estructura, lo cual incluye:

- Materiales metálicos y no metálicos.
- Uniones y juntas.
- Tratamientos de materiales.
- Geometría.
- Resistencia estructural.

(Continúa)

5. REQUISITOS

5.1 Estructura de las carrocerías de buses

5.1.1 Cargas de Diseño. Para el análisis cuasi estático de la estructura de la carrocería se aplicarán las cargas especificadas en el presente numeral.

5.1.1.1 Cargas vivas. Se determinarán de acuerdo con la tabla 1.

TABLA 1. Cargas vivas de diseño.

TIPO DE SERVICIO (ver nota 3)	MASA DE UN OCUPANTE (kg)	MASA MINIMA DE EQUIPAJE DE MANO POR PASAJERO (kg)	MASA MINIMA DE EQUIPAJE A TRANSPORTARSE EN BODEGAS PORTA EQUIPAJES (kg) (ver nota 4)	ESPACIO NECESARIO POR PASAJERO DE PIE (m ²)
Urbano	70	-	-	0,16
Urbano (escolar e institucional)	70	-	-	Sin pasajeros de pie
Interurbano (Intraprovincial)	70	5	100 x Vol	0,16
Larga Distancia (Interprovincial y turismo)	70	5	100 x Vol	Sin pasajeros de pie

5.1.1.2 Carga de Giro (G). Debe calcularse en función de la fuerza centrífuga que se genera al ingresar el vehículo en una curva de determinado radio de giro y a cierta velocidad. Esta fuerza centrífuga deberá ser inferior a la fuerza de vuelco, calculada sobre la base del peso total del bus a plena carga y su centro de gravedad. La velocidad crítica deberá ser considerada de al menos 90 km/h y el radio de giro se establece en función de la tabla 2.

TABLA 2.- Velocidades, radios mínimos y peraltes en carretera. (Ver Nota 5)

Velocidad (del vehículo) (km/h)	Radio de curvatura de la carretera (m)	Peralte (%)
80	250	8
85	300	
90	350	
95	400	
100	450	
105	500	
110	550	
115	600	
120	700	
125	800	
130	900	6,97
135	1050	6,25
140	1250	5,49
145	1475	4,84
150	1725	4,29

NOTA 3.- De acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 vigente y al Reglamento de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre vigente.

NOTA 4.- Vol.- Volumen de las bodegas portaequipajes en m³

NOTA 5.- Tabla determinada al documento Norma 3.1-IC

(Continúa)

5.1.1.3 Carga de frenado (F). Se asume una desaceleración mayor o igual a 4 m/s^2 (ver Nota 6).

5.1.1.4 Carga de aceleración brusca (A_b). Se calcula con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario.

5.1.1.5 Carga por resistencia del aire frontal (R_{af}). Se la aplicará como la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$R_{af} = (1/2) \times (C_x) \times \rho \times A_f \times V^2$$

Donde:

R_{af} = Carga por resistencia Aerodinámica, en (N).

ρ = Densidad del aire, en (kg/m^3).

V = Velocidad del aire, en (m/s). (Como mínimo 25 m/s).

A_f = Área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en (m^2).

C_x = Coeficiente de resistencia frontal del aire. (Como mínimo 0.7)

5.1.2 Combinaciones de cargas básicas. Las estructuras de las carrocerías deben ser diseñadas de tal manera que resistan los esfuerzos determinados en base al menos a las siguientes combinaciones de cargas básicas:

5.1.2.1 Según método ASD (Allowable strength design)

1: M

2: M + V

3: M + V + G

4: M + V + F

5: M + V + F + R_{af}

6: M + V + R_{af}

7: M + V + A_b

8: M + V + A_b + R_{af}

5.1.2.2 Según método LRFD (Load resistance factor design)

1: 1,4M+V

2: 1,2M + 1,6V + 0,5G

3: 1,2M + 0,5V + 1,6G

4: 1,2M + 1,6F + 0,8 R_{af}

5: 1,2M + 0,5 V + 0,5F + 1,3 R_{af}

6: 1,2M + 1,5 A_b + 0,5V

7: 0,9M – 1,3 R_{af}

8: 0,9M + 1,3 R_{af}

5.1.3 Factores. Los factores a utilizarse según el método ASD o LRFD serán los indicados en: Specification for Structural Steel Buildings (AISC) y North American Specification for the design of Cold Formed Steel-Structural Members (AISI).

5.1.4 Las cargas combinadas, según los dos métodos (ASD y LRFD), deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores a 1/240 veces su longitud.

NOTA 6. De acuerdo con el Ensayo del Tipo 0 con motor embragado para vehículos clase N de la DIRECTIVA 98/12/CE DE LA COMISIÓN EUROPEA, Anexo 2, Ensayos de frenado y rendimiento de los dispositivos de frenado.

(Continúa)

5.1.5 Resistencia de la estructura. Las estructuras de carrocerías deberán cumplir las siguientes condiciones:

5.1.5.1 Debe resistir una carga estática sobre el techo, equivalente al cincuenta por ciento (50%) del peso máximo admisible para el chasis, distribuido uniformemente a lo largo del mismo, sin experimentar deformaciones en ningún punto, que superen los setenta milímetros (70 mm).

5.1.5.2 Durante el ensayo de resistencia de la estructura o ni una vez finalizado el mismo, la estructura de la carrocería debe resistir para que el espacio de supervivencia no resulte invadido según el alcance del documento Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure de las Naciones Unidas. (Ver Nota 7)

5.1.6 Materiales de la estructura. Deben ser perfiles estructurales protegidos contra la corrosión que cumplan con las NTE INEN correspondientes vigentes. (Ver nota 8).

5.1.7 Soldadura de carrocerías. Las carrocerías de buses deben soldarse de acuerdo con las normas vigentes AWS D8.8 para componentes de acero y/o AWS D8.14 para componentes de aluminio.

5.1.7.1 El proceso y procedimiento de soldadura será calificado de acuerdo con las normas vigentes AWS D1.3 para acero, AWS D1.2 para aluminio y AWS D1.6 para acero inoxidable.

5.1.8 Manuales. El fabricante de carrocerías debe disponer y aplicar la información indicada en los manuales de fabricación y montaje de carrocerías provistos por el fabricante de chasis. Para ello el fabricante de chasis debe entregar obligatoriamente dichos manuales específicos para cada modelo de chasis.

5.2 Unión chasis-carrocería. Las uniones entre el chasis y la carrocería se realizarán siguiendo exclusivamente las recomendaciones del fabricante del chasis para bus de transporte de pasajeros, indicadas en su manual de fabricación y montaje de carrocerías de buses.

5.3 Documentos técnicos. El proveedor de carrocerías debe disponer de memorias de cálculo estructural, listado de materiales, planos de construcción dimensionales, eléctricos, y neumáticos; para cada modelo de carrocería y chasis. El formato de los planos debe cumplir con el CPE INEN 03 Código de Dibujo Técnico-Mecánico.

5.4 Vidrios de seguridad. Los vidrios deben cumplir con la NTE INEN 1669 vigente y con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

5.5 Elementos de seguridad. Las carrocerías de buses deben cumplir con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

5.6 Los dispositivos de alumbrado, espejos retrovisores y señalización luminosa deben cumplir con la NTE INEN 1 155 vigente y con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

5.7 Otros Requisitos

5.7.1 Superficies de pisos y áreas de entrada y salida. Deben ser de material antideslizante.

5.7.2 Equipo e instalación eléctrica. Deben cumplir con lo indicado en el numeral 7.5.2 y 7.5.3 de la Directiva Europea 2001/85 CE (ver anexo A).

5.7.3 Pintura. Debe cumplir con las NTE INEN correspondientes vigentes (ver nota 8).

NOTA 7. Mientras no exista un documento normativo INEN equivalente

NOTA 8. En el caso de no existir Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN se deben utilizar las normas o reglamentos equivalentes de reconocido prestigio, tales como: ASTM, DIN, JIS, ANSI.

(Continúa)

5.7.4 Aislamiento térmico y acústico. Debe cumplir con lo indicado en el numeral 7.5.1 de la Directiva Europea 2001/85 CE (ver Anexo A).

5.7.5 Flamabilidad de materiales. Retardante al fuego con un índice de llama no menor de 150 bajo la norma ASTM E 162 o un máximo de 250 mm/min según la norma ISO 3795.

5.7.6 Sujeción de Parabrisas. Debe cumplir con lo dispuesto en el documento normativo FMVSS 212 vigente.

5.7.7 Los materiales del piso, la perfilera de las ventanas y de las puertas deben cumplir con las NTE INEN vigentes (ver Nota 8).

5.7.8 Los sistemas eléctricos y neumáticos deben estar ocultos (ver Anexo A).

5.7.9 Salidas de emergencia. El número mínimo de salidas de emergencia será de acuerdo a la tabla 3.

TABLA 3. Número mínimo de salidas de emergencia

Número de pasajeros	Número total mínimo de salidas de emergencia
17-30	4
31-45	5
46-60	6
61-75	7
76-90	8
Mayor a 90	9

6. ENSAYOS

6.1 Los ensayos serán los indicados en la presente norma.

6.2 Métodos de ensayo de resistencia de la estructura.

La estructura del bus se ensayará por cualquiera de los métodos de ensayo contemplados en el numeral 6 del documento Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure, de las Naciones Unidas.

7. ROTULADO

7.1 Las carrocerías deben disponer de una placa inalterable de identificación, con fines de rastreo, de fácil acceso, visible, legible y debe disponer de al menos la siguiente información:

- Nombre de la empresa fabricante de la carrocería.
- Número de certificado de evaluación de la conformidad de la estructura (NCE).
- Capacidad de pasajeros.
- Fecha de la fabricación (de finalización) (MM/AAAA).
- Número de producción (seis dígitos alfanuméricos).
- Número de chasis (VIN)
- País de origen de la carrocería.

Tamaño mínimo de la placa: 148,5 mm de largo
105 mm de ancho (formato A6).

7.2 El fabricante será responsable de marcar el número de producción indeleblemente en al menos dos lugares de la carrocería.

(Continua)

ANEXO A

Texto de los numerales 7.5.1, 7.5.2 y 7.5.3 de la Directiva 2001/85/CE.

7.5.1 Compartimento del motor

7.5.1.1 En el compartimento del motor no se utilizará ningún material de isonización inflamable o susceptible de impregnarse de combustible o lubricante, salvo que dicho material esté recubierto de un revestimiento impermeable.

7.5.1.2 Se adoptarán las debidas precauciones, ya sea configurando de forma adecuada el compartimento del motor, ya sea disponiendo orificios de drenaje, para evitar en la medida de lo posible que pueda acumularse combustible o aceite lubricante en alguna parte del compartimento del motor.

7.5.1.3 Entre el compartimento del motor o cualquier otra fuente de calor (como un dispositivo destinado a absorber la energía liberada cuando un vehículo desciende por una larga pendiente, por ejemplo un ralentizador, o un dispositivo utilizado como calefactor del habitáculo, exceptuando sin embargo, los que funcionan por circulación de agua caliente) y el resto del vehículo, deberá colocarse una pantalla de separación resistente al calor. Todas las mordazas, juntas, etc. utilizadas en unión con dicha pantalla de separación deberán ser resistentes al fuego.

7.5.1.4 Podrá instalarse en el compartimento de viajeros un dispositivo calefactor que funcione por un método distinto del de circulación de agua caliente, siempre que este rodeado de material que resista las temperaturas que produzca el dispositivo, no emita gases tóxicos y esté situado de forma que los viajeros no puedan entrar en contacto con una superficie caliente.

7.5.2 Equipo e instalación eléctricos

7.5.2.1 Todos los cables deben estar bien aislados y todos los cables y material eléctrico deben resistir las condiciones de temperatura y humedad a las que están expuestos. En cuanto al compartimento del motor, se prestará especial atención a su resistencia a la temperatura ambiente y a los efectos de todos los posibles productos contaminantes.

7.5.2.2 Ninguno de los cables utilizados en los circuitos eléctricos deben transmitir una corriente de intensidad superior a la admisible para el cable en cuestión. Habida cuenta de su forma de montaje y de la temperatura ambiente máxima.

7.5.2.3 Cada circuito eléctrico que alimente un elemento del sistema distinto del motor de arranque, el circuito de encendido (encendido por chispa), las bujías de incandescencia, el dispositivo de parada del motor, el circuito de carga y la conexión a tierra de la batería, deben estar provisto de un fusible o de un disyuntor. No obstante, podrán ir protegidos por un fusible o un disyuntor comunes, siempre que su potencia nominal no sobrepase los 16 A.

7.5.2.4 Todos los cables deben ir bien protegidos y firmemente fijados, de manera que no puedan ser dañados por cortes, abrasiones o roces.

7.5.2.5 Cuando la tensión eficaz supere los 100 voltios en uno o más de los circuitos eléctricos de un vehículo, se conectará un conmutador manual de aislamiento, capaz de desconectar dichos circuitos de la alimentación eléctrica principal, a todos los polos que no vayan conectados eléctricamente a tierra, situándolo en el interior del vehículo de modo que el conductor pueda acceder fácilmente a él, todo ello, siempre que dicho conmutador de aislamiento no pueda desconectar ninguno de los circuitos eléctricos que alimentan las luces exteriores obligatorias del vehículo. No obstante esto no será aplicable cuando se trate de circuitos de encendido de alta tensión o de circuitos autónomos incorporados a un elemento de equipo en el vehículo.

7.5.2.6 Todos los cables eléctricos deben estar colocados de tal forma que ninguna parte de los mismos pueda entrar en contacto con ningún tubo de carga de combustible ni con ninguna parte del sistema de escape, ni pueda estar sometida a calor excesivo, a menos que vayan provistos de aislamiento y protección especial, por ejemplo en el caso de una válvula de escape solenoide.

7.5.3 Baterías

7.5.3.1 Todas las baterías deben estar sólidamente fijadas y fácilmente accesibles.

7.5.3.2 El compartimento de las baterías estará separado del habitáculo destinado a los viajeros y del habitáculo del conductor y contará con ventilación por aire del exterior.

7.5.3.3 Los polos de la batería irán provistos de protección contra el riesgo de cortocircuito.

APENDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 03:1989	<i>Código de Dibujo Técnico Mecánico.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1155:2008	<i>Vehículos automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad. Primera Revisión.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1669:1990	<i>Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3833:2008	<i>Vehículos automotores. Tipos. Términos y definiciones. Primera Revisión.</i>
Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE 034:2008	<i>Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores.</i>
Reglamento a la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre.	
ASTM E 162 Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source.	
AWS D1.2 Structural Welding Code- Aluminium.	
AWS D1.3 Structural Welding Code- Sheet Steel.	
AWS D1.6 Structural Welding Code- Stainless Steel.	
AWS D8.8M. Specification for Automotive weld quality-Arc Welding of Steel.	
AWS D8.14M/D8.14. Specification for automotive and light truck components weld quality aluminium arc welding.	

Directiva Europea: Directiva 98/12/CE de la Comisión del 27 de enero de 1998 por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 71/320/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los dispositivos de frenado de determinadas categorías de vehículos a motor y sus remolques.

Directiva Europea: Directiva 2001/85/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 20 de noviembre del 2001, relativa a las disposiciones especiales aplicables a los vehículos utilizados para el transporte de viajeros con más de ocho plazas además del asiento del conductor, y por la que se modifican las Directivas 70/156/CEE y 97/27/CE.

FMVSS 212. Federal Motors Vehicles Safety Standard 212. Windshield Mounting.

ISO 3795. Road Vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry. Determination of burning behaviour of interior materials.

Norma 3.1-IC: *Trazado*. O.M. de 27 de diciembre de 1999. Boletín Oficial del Estado, número 28, de 2 de febrero de 2000. MINISTERIO DE FOMENTO (2000) Madrid.

Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure

Specification for Structural Steel Buildings. American Institute Steel Construction.

North American Specification for the design of Cold Formed Steel-Structural Members. American Iron and Steel Institute.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Regulation 36. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to their General Construction.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1323 Primera Revisión	TÍTULO: VEHÍCULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS	Código: MC 01.01-401
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2007-06	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1985-07-05 Oficialización con el Carácter de Obligatoria Por Acuerdo No. 545 de 1985-07-31 publicado en el Registro Oficial No. 260(s) de 1985-08-29 Fecha de iniciación del estudio: 2007-06	

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: Carrocerías de buses

Fecha de iniciación: 2008-04-22

Fecha de aprobación: 2008-07-15

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Ing. Alexis Ortiz, (Presidente)
 Ing. Christian Villacrés
 Ing. Santiago Mena
 Sr. Luis A. Mosquera T.
 Sr. Pedro Santos

Sr. Raúl Ruiz Dueñas
 Sr. Johnny Lowndes
 Ing. Ángel Portilla
 Sr. Carlos Jácome
 Sr. Iván Paredes
 Ing. Lenin Jimenez
 Sr. Medardo Cepeda
 Sr. Ricardo Medina

Ing. James Casteline
 Arq. Vinicio Manzano
 Sr. Luis Patricio Pérez
 Sr. Robert Velasco
 Sr. Jorge Enrique Salgado.
 Sr. Carlos Laniano
 Sr. Raúl Morales
 Ing. Pedro Cabrera
 Sbte. Luis Palacios

Sr. Jorge Ledesma
 Sr. Bladimir Pico
 Ing. Luigi M. Lertora Velarde
 Sr. Rubén Román
 Sr. Francisco Borja
 Sr. Moisés Flores
 Ing. Jorge Álvarez
 Sr. Vicente Chávez

Sr. Carlos Carchi
 Ing. Jorge Cevallos
 Sr. Carlos Pillapa
 Ing. José Sánchez López

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

CIMEPI
 IBIMCO
 CIMEPI
 IMETAM C.A
 COOPERATIVA ARTESANAL DE PRODUCCIÓN DE CARROCERIAS METALICAS TUNGURAHUA-IMPEDSA.
 ARTESANOS
 SIKA ECUATORIANA SA
 AUTEK S.A.
 EPN-CCICEV
 SERMAN
 CINA E
 I. MUNICIPIO DE LOJA- UMTTT-L
 CEPEDA CIA LTDA
 AEADE

 METROVIA
 DIRECCIÓN NACIONAL DE TRÁNSITO METÁLICAS PAPER'S
 ESPE
 LA CASA DEL PARABRISAS Y VIDRIERIA J.S
 ALUVID VENTANAS
 CHARLIE AUTOGLASS- CRISSETSA
 UMT-CUENCA
 DIRECCION NACIONAL DE TRANSITO Y TRANSPORTE TERRESTRE
 ATTE
 PICOSA-CANFAC
 CIMEG-COLEGIO DE ING. MEC. DEL GUAYAS
 DINA-VOLKSWAGEN
 COVIAL
 FAIRIS C.A.
 CORPAIRE
 CÁMARA DE TRANSPORTE – TRANSPORTES SAN CRISTOBAL
 GLASSUIT LOJA
 D.N.T.
 CARROCERIAS PILLAPA
 STARMOTORS

Ing. Marco Grijalva	GM OBB
Ing. Víctor Paredes	MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS
Ing. Elizabeth Guamán	CCICEV
Sr. Francisco Velasco	MOVIMIENTO JUSTICIA VIAL
Lcda. Piedad Aguilar	CANFAC
Ing. Geovany Novillo A	ESPOCH- FACULTAD INGENIERIA. MECÁNICA-
Sr. Clemente Ponce	AEADE
Sr. Víctor Jimenez	COVIAL
Ing. Flavio Cotacachi	CONSEJO NACIONAL DE TRANSITO Y TRANSPORTE TERRESTRE
Ing. Patricio Lara	CCICEV
Sr. Marco García	ATTE ASOCIACIÓN TRANSPORTE TURÍSTICO DEL ECUADOR
Ing. Pablo Viteri	NEOHYUNDAI
Ing. Alvaro Meza	CARROCERIAS PATRICIO CEPEDA
Srta. Myriam Salgado	LA CASA DEL PARABRISAS
Ing. Santiago Benavides	CIMEPI
Ing. John A. Quintana I.	CIMEG
Ing. Diego Dávila	ANETA
Dr. Freddy Sánchez	POLISAN
Ing. Santiago Vargas	VARMA S.A.
Ing. Carlos Landires	COLEGIO DE INGENIEROS MECANICOS DEL GUAYAS-CIMEG
Ing. Galo Espín	CRILAMIT S.A.
Ing. Ángel Tierra	ESPOCH-FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Sr. Julio Llerena	CARROCERIAS JC LLERENA
Ing. Santiago Montero	SIKA
Ing. José Miranda	MIRAL
Ing. Santiago Moya	PICOSA
Sra. América Núñez	CARROCERIAS CUENCA
Ing. Antonio Chamorro	EMSAT
Sr. Marcelo Valencia r	DINA S.A.
Tlgo. Daniel Mosquera	IMETAM
Ing. Juan Revelo	ROOFTEC ECUADOR S.A.
Sr. Damián Llerena	CARROCERIAS JC LLERENA
Ing. Hugo Paredes, (Secretario Técnico)	INEN

Otros trámites: Esta NTE INEN 1323:2009 (Primera revisión), remplaza a la NTE INEN 1323:1985.

♦¹⁰ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue DESREGULARIZADA, pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA, según Resolución Ministerial y oficializada mediante Resolución No. 14158 de 2014-04-21, publicado en el Registro Oficial No. 239 del 2014-05-06.

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2008-11-28

Oficializada como: Obligatoria
Registro Oficial No. 519 de 2009-02-02

Por Resolución No. 142-2009 de 2009-01-29

Anexo E: Reglamento técnico ecuatoriano para buses Urbano (RTE INEN 038).



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO

RTE INEN 038:2010
Segunda revisión

BUS URBANO.

Primera Edición

URBAN BUS.

First Edition

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, vehículos automotores, bus urbano.
MC: 08.08-901
CDU: 629.113
CIU: 3843
ICS: 43.020

Anexo F: Reglamento técnico ecuatoriano para buses Escolares (RTE INEN 041)



Quito - Ecuador

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 041:2013
Segunda Revisión

VEHÍCULOS DE TRANSPORTE ESCOLAR

Primera edición

SCHOOL TRANSPORT VEHICLES

First edition

DESCRIPTORES: Ingeniería del transporte, vehículos automotores, transporte escolar.
MC 08.07-901
CDU: 629.1.07
CIIU: 3843
ICS: 43.020

Anexo G: Reglamento técnico para buses Interprovinciales (RTE INEN 043)



GOBIERNO NACIONAL DE
LA REPÚBLICA DEL ECUADOR



Baquerizo Moreno E8-29 y
6 de Diciembre
Edificio INEN
www.normalizacion.gob.ec
Quito – Ecuador

RESOLUCIÓN No. 15 211

MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD

SUBSECRETARÍA DE LA CALIDAD

CONSIDERANDO:

Que de conformidad con lo dispuesto en el Artículo 52 de la Constitución de la República del Ecuador, *“Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características”;*

Que el Protocolo de Adhesión de la República del Ecuador al Acuerdo por el que se establece la Organización Mundial del Comercio – OMC, se publicó en el Registro Oficial Suplemento No. 853 del 2 de enero de 1996;

Que el Acuerdo de Obstáculos Técnicos al Comercio - AOTC de la OMC, en su Artículo 2 establece las disposiciones sobre la elaboración, adopción y aplicación de Reglamentos Técnicos por instituciones del gobierno central y su notificación a los demás Miembros;

Que se deben tomar en cuenta las Decisiones y Recomendaciones adoptadas por el Comité de Obstáculos Técnicos al Comercio de la OMC;

Que el Anexo 3 del Acuerdo OTC establece el Código de Buena Conducta para la elaboración, adopción y aplicación de normas;

Que el Anexo 3 del Acuerdo OTC establece el Código de Buena Conducta para la elaboración, adopción y aplicación de normas;

Que la Decisión 376 de 1995 de la Comisión de la Comunidad Andina creó el “Sistema Andino de Normalización, Acreditación, Ensayos, Certificación, Reglamentos Técnicos y Metrología”, modificado por la Decisión 419 del 30 de julio de 1997;

Que la Decisión 562 de 25 de junio de 2003 de la Comisión de la Comunidad Andina establece las “Directrices para la elaboración, adopción y aplicación de Reglamentos Técnicos en los Países Miembros de la Comunidad Andina y a nivel comunitario”;

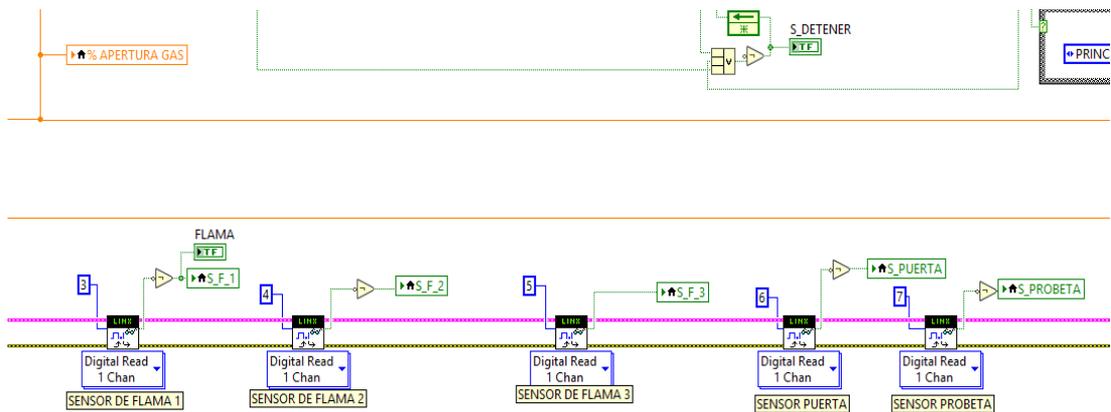
Que mediante Ley No. 2007-76, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 26 del 22 de febrero de 2007, reformada en la Novena Disposición Reformatoria del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 351 del 29 de diciembre de 2010, constituye el Sistema Ecuatoriano de la Calidad, que tiene como objetivo establecer el marco jurídico destinado a: *“i) Regular los principios, políticas y entidades relacionados con las actividades vinculadas con la evaluación de la conformidad, que facilite el cumplimiento de los compromisos internacionales en esta materia; ii) Garantizar el cumplimiento de los derechos ciudadanos relacionados con la seguridad, la protección de la vida y la salud humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente, la protección del consumidor contra prácticas engañosas y la corrección y sanción de estas prácticas; y, iii) Promover e incentivar la cultura de la calidad y el mejoramiento de la competitividad en la sociedad ecuatoriana”;*

Que mediante Resolución No. 15 154 del 22 de abril de 2015 que entró en vigencia a partir de la presente fecha sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial, deja sin efecto la Resolución No. 14 429 del 22 de septiembre de 2014, la misma que contiene la Primera Revisión del Reglamento Técnico Ecuatoriano 043 *“Vehículos de transporte público de pasajeros Intraregional, Interprovincial e Intraprovincial”;* publicada en el Registro Oficial No. 338 del 22 de septiembre de 2014 y, en su lugar se pone en vigencia el Reglamento Técnico Ecuatoriano 043:2010 *“Bus interprovincial e Intraprovincial”* y, su Modificatoria 1, publicados en el Registro Oficial No. 207 del 04 de junio de 2010 y, No. 929 del 09 de abril de 2013, respectivamente;

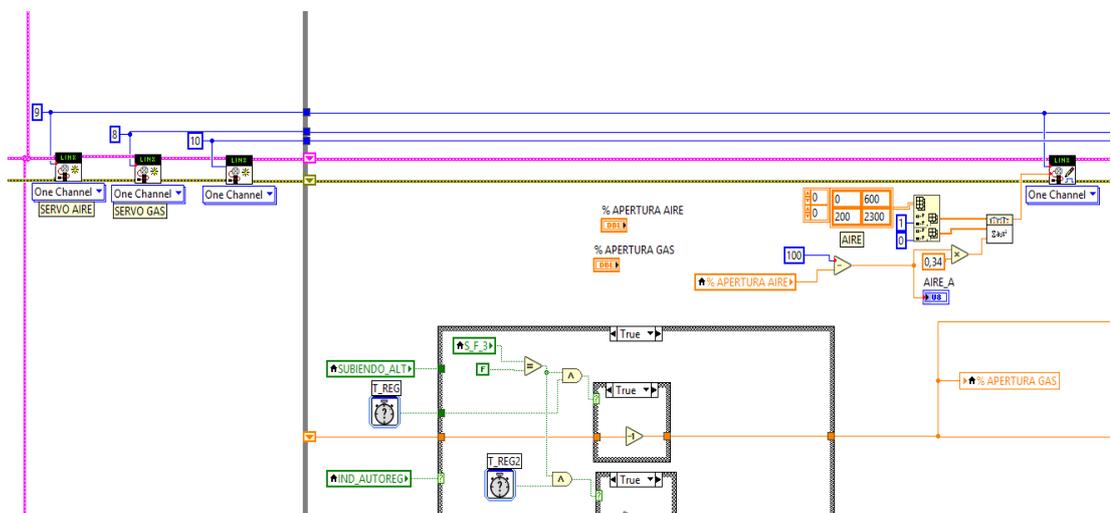
Que el Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN, de acuerdo a las funciones determinadas en el Artículo 15, literal b) de la Ley No. 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, reformada en la Novena Disposición Reformatoria del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 351 del 29 de diciembre de 2010, y siguiendo el

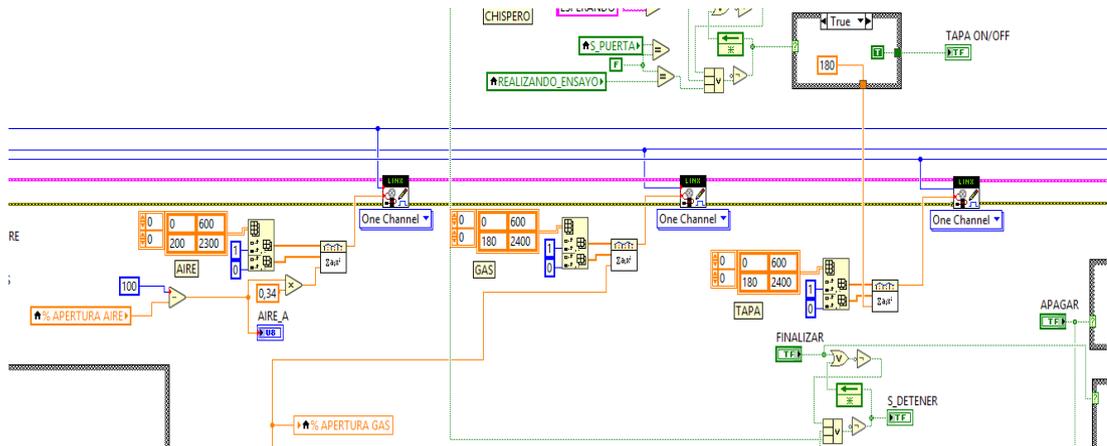
Descripción de la programación realizada en un software específico para Arduino.

Anexo H: Pines utilizados para la lectura de sensores de flama y de proximidad. El pin digital 3 de la placa de Arduino está conectado al sensor de flama número 1, el pin número 4 está conectado al sensor de flama 2, el pin número 5 está conectado al sensor de flama número 3, el pin número 6 está conectado al sensor de la puerta y el pin número 7 está conectado al sensor de la probeta.

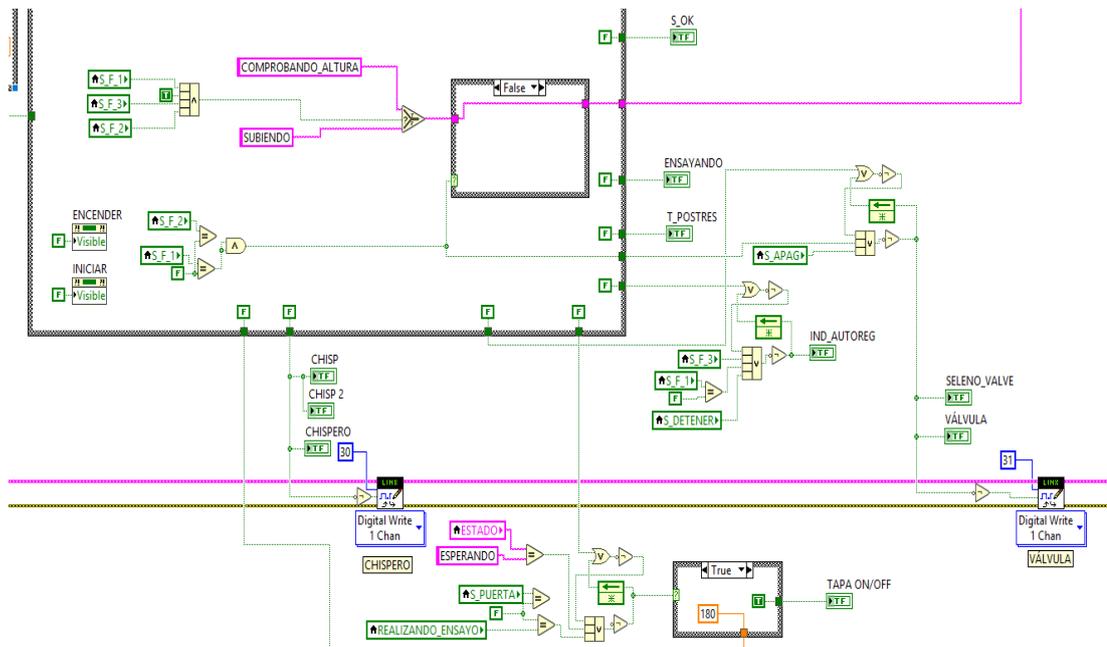


Anexo I: Pines utilizados para el control de servomotores. Para el control de servomotores se utilizó parte de los pines con salida PWM, para lo cual el servo motor que controla la altura de llama está conectado al pin número 8, el servomotor que controla el paso del aire está conectado al pin número 9 y el servo motor que abre y cierra la tapa del mechero está conectado al pin número 10 del Arduino.

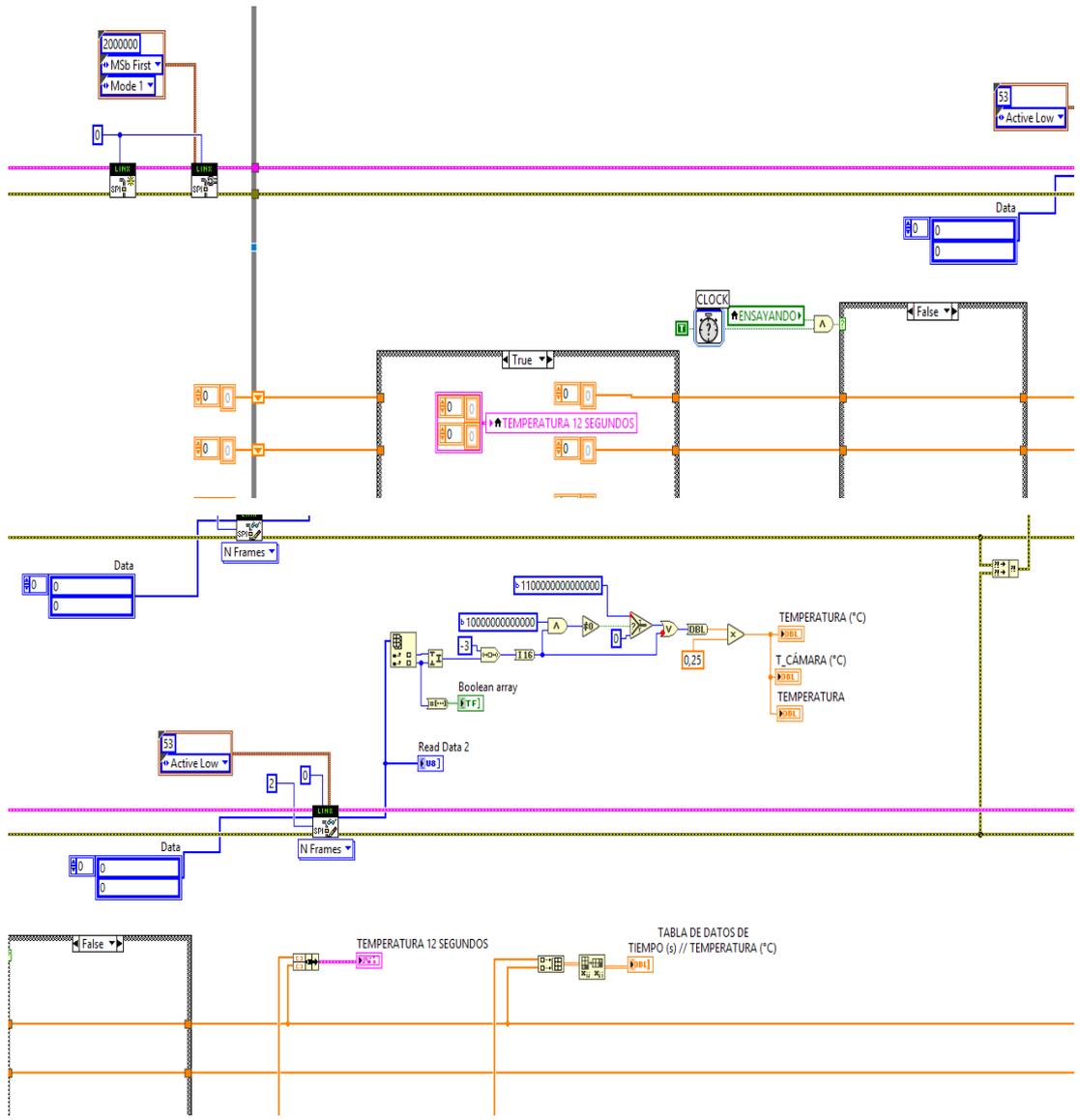




Anexo J: Pines que controlan el accionamiento de los relés. Para activar el relé que controla el encendido del chispero se utilizó el pin número 30 y para controlar el relé que enciende la válvula solenoide se utilizó el pin 31 de la placa de Arduino.



Anexo K: Pines utilizados para leer la temperatura mediante un termopar tipo K. Para leer el valor de temperatura se utilizó el bus SPI en Arduino, con una configuración maestro - esclavo, para el cual la placa de Arduino MEGA viene configurado de la siguiente forma: el pin SCK del módulo MAX 6675 va conectado al pin 52, el pin MISO o SO va conectado al pin 50 y el pin SS o CS debe ir conectado al puerto 53 de la placa de Arduino.

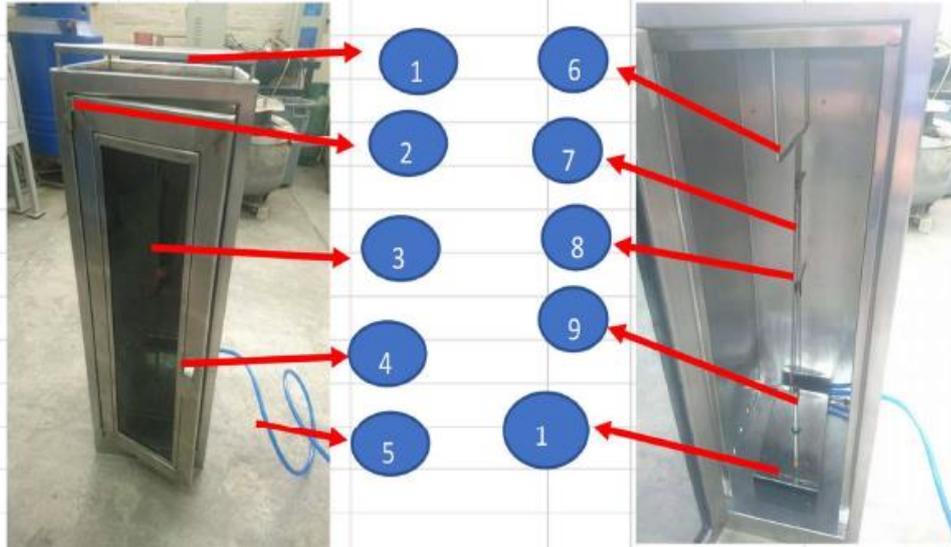


Anexo L: Manual de mantenimiento de la máquina (parte estructural). Tomado del proyecto de titulación de Cabrera Valencia Álvaro Fabricio.

	<p>Plan de mantenimiento</p>	
<p>DATOS TECNICOS</p>		
<p>Nombre:</p>	<p>Cabina de pruebas de Inflamabilidad Vertical</p>	
<p>Código:</p>	<p></p>	
<p>Producto final:</p>	<p>Combustion de materiales</p>	
<p>Dimensiones genera</p>	<p>760x330x330mm</p>	
<p>Especificaciones:</p>	<p>La cabina de pruebas de inflamabilidad vertical se realizo para poder elaborar el procedimiento y determinar el indice de inflamabilidad de los materiales textiles utilizados en el interior de las carrocerias</p>	
<p>Fotografía:</p>	<p></p>	



Nombre:	Cabina de pruebas de Inflamabilidad Vertical
Código:	
Producto final:	Combustion de materiales



1	Placa Superior	6	Soporte Porta Muestra
2	Visagra Puerta	7	Porta Muestra
3	Vidrio	8	Soporte Lateral Porta Muestra
4	Manilla Puerta	9	Mechero de Bunsen
5	Manguera de GLP	10	Recogedora de Escoria

MATRIZ AMFE BANCO DE PRUEBAS DE INFLAMABILIDAD VERTICAL											
Sección: Laboratorio FICM			Realizado por: Alvaro Cabrera			# hoja: 1					
Equipo: Banco de Inflamabilidad Vertical			Fecha: 05/03/2018							Nombre ficha:	
# falla	Componente	Función	Falla Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones			Recomendaciones	
							F	G	D		MPR
01	Mechero Bunsen	Generar llama	No generar llama	Fuga de gas	Mala manipulación	Inadecuada llama de trabajo	6	5	5	150	Revisar el estado del mechero después de cada prueba
02	Valvula de gas	Regulación de flujo de gas	Variación de flujo	Fuga de gas	Mala manipulación	Rosca aislada	6	6	5	180	Cambiar por una nueva
03	Manguera de gas	Transporte de flujo de gas	Deficiente sujeción	Fuga de gas	Manguera en mal estado o mala manipulación	Mal funcionamiento	6	7	8	336	Cambio de manguera
04	Porta muestra	Sujeción de probetas	Deficiente sujeción	Caída de la probeta	Quemadura del porta muestras	Deficiente sujeción	4	5	5	100	Cambio de porta muestras
05	Pinzas de sujeción	Sujetar la probeta con el porta muestras	No sujeta	Deficiente Sujeción	Pinzas en mal estado	Sujeción Deficiente	4	5	6	120	Cambio de pinzas
06	Visagra de puerta	Abrir y cerrar la puerta	Inmovilizar la puerta	Desgaste de las guías	Exceso de fricción de los componentes	Aflojamiento de la puerta	6	7	5	210	Cambio de visagras o lubrificar visagras
07	Vidrio	Visualización de la prueba	Agnatamiento del vidrio	Temperaturas de trabajo muy altas	El vidrio no posee las propiedades especificadas	Ruptura del vidrio	8	8	5	320	Cambiar por vidrio templado
08	Seguro de puerta	Sujetar la puerta con la cabina	Cierre de la puerta inadecuado	Puerta semi abierta	Deficiente sujeción	Escape de gases	6	6	4	144	Cambio de seguro

Valores de F, G y D			
Frecuencia (1-10)	Gravedad (1-10)	Detección (1-10)	
Imposible	1-2	Insignificante	1-2
Remoto	3-4	Moderado	3-4
Ocasional	5-6	Importante	5-6
Frecuente	7-8	Crítico	7-8
Muy Frecuente	9-10	Catastrófico	9-10