



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD APLICADO A MATERIALES DE AUTOPARTES SEGÚN LA NORMA ISO 3795”

**PADILLA PORRAS DIEGO MAURICIO
SERRANO AGUIAR CARLOS OSWALDO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-06-10

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

DIEGO MAURICIO PADILLA PORRAS

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO PARA ENSAYOS DE
INFLAMABILIDAD APLICADO A MATERIALES DE AUTOPARTES SEGÚN
LA NORMA ISO 3795”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán G.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Sinchiguano
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Edwin Pozo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: DIEGO MAURICIO PADILLA PORRAS

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD APLICADO A MATERIALES DE AUTOPARTES SEGÚN LA NORMA ISO 3795”

Fecha de Examinación: 2013 – 12 - 19

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|--|---------|------------|-------|
| Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Pablo Sinchiguano (DIRECTOR DE TESIS) | | | |
| Ing. Edwin Pozo (ASESOR) | | | |

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán G.
f) Presidente del tribunal

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-06-10

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

CARLOS OSWALDO SERRANO AGUIAR

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO PARA ENSAYOS DE
INFLAMABILIDAD APLICADO A MATERIALES DE AUTOPARTES SEGÚN
LA NORMA ISO 3795”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán G.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Sinchiguano
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Edwin Pozo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CARLOS OSWALDO SERRANO AGUIAR

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD APLICADO A MATERIALES DE AUTOPARTES SEGÚN LA NORMA ISO 3795”

Fecha de Examinación: 2013 – 12 - 19

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|--|---------|------------|-------|
| Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Pablo Sinchiguano (DIRECTOR DE TESIS) | | | |
| Ing. Edwin Pozo (ASESOR) | | | |

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán G.
f) Presidente del tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecida en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos–científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Diego Mauricio Padilla Porras

Carlos Oswaldo Serrano Aguiar

DEDICATORIA

A todas aquellas personas que estuvieron conmigo en mis triunfos y fracasos, de manera especial a Dios por iluminarme, ayudarme y no dejarme vencer ante la adversidad, a mis queridos padres José Luis y Martha, a mis hermanos Consuelito y Jorge Luis y a mis adorados Abuelitos que con su amor, cariño, apoyo incondicional, sacrificio y esfuerzo brindado han podido hacer que pueda cumplir uno de mis grandes sueños.

Diego Padilla Porras

A Dios por darme la vida y la de mi familia. A mi madre Mariana, a mis hermanos Jorge y Katherine que han sido mi apoyo y fortaleza en los buenos y, sobre todo en los malos momentos a lo largo de esta carrera.

A mis abuelitos, tíos y primos que han sido un gran aliento en mi vida y así lograr grandes triunfos, alegrías y sobretodo salir adelante ante las adversidades.

Carlos Serrano Aguiar

AGRADECIMIENTO

A Dios con todo mi corazón te doy gracias por haber estado conmigo todo este tiempo, por haberme protegido de los peligros de la vida y por cuidar de mi familia.

Con toda el alma agradezco a mis padres José Luis y Martha que me han apoyado siempre para poder llegar a este punto de mi vida, este anhelo logrado es para ustedes.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, especialmente a la Escuela de Ingeniería Mecánica, a mis maestros quienes con sus conocimientos me ayudaron a formarme como profesional.

Agradezco al Ing. Pablo Sinchiguano, Director de tesis y al Ing. Edwin Pozo, Asesor de tesis, quienes con sus conocimientos y apoyo ayudaron al desarrollo y culminación de esta investigación.

Y en especial a todos los amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito éste trabajo.

Diego Padilla Porras

En primer lugar quiero atribuir un gran respeto a la ESPOCH junto con la Escuela de Ingeniería Mecánica, que nos acogió ayudándonos a ser hombres de bien y ahora unos grandes profesionales. A los ingenieros tutores de tesis que nos brindaron su sabiduría, conocimiento apoyándonos en varios aspectos necesarios para el desarrollo de nuestro proyecto.

A mi madre, hermanos, a toda mi familia ya que por ellos es lo que soy y seré.

A mis amigos, compañeros que hemos pasado muchos momentos que los recordaré por siempre.

Carlos Serrano Aguiar

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| 1. INTRODUCCIÓN | |
| 1.1 Antecedentes..... | 1 |
| 1.2 Justificación..... | 2 |
| 1.3 Objetivos..... | 3 |
| 1.3.1 <i>Objetivo general</i> | 3 |
| 1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> | 3 |
| 2. MARCO TEÓRICO | |
| 2.1 Combustión..... | 4 |
| 2.1.1 <i>Combustión completa</i> | 5 |
| 2.1.2 <i>Combustión incompleta</i> | 6 |
| 2.1.3 <i>Combustión estequiométrica o teórica</i> | 6 |
| 2.1.4 <i>Combustión con exceso de aire</i> | 6 |
| 2.1.5 <i>Combustión con defecto de aire</i> | 6 |
| 2.1.6 <i>Combustión lenta</i> | 6 |
| 2.1.7 <i>Combustión rápida</i> | 7 |
| 2.1.7.1 <i>Deflagración</i> | 7 |
| 2.1.7.2 <i>Detonación</i> | 7 |
| 2.2 Combustible..... | 8 |
| 2.2.1 <i>Propiedades de los combustibles</i> | 9 |
| 2.2.1.1 <i>Composición</i> | 9 |
| 2.2.1.2 <i>Poder calorífico</i> | 10 |
| 2.2.1.3 <i>Viscosidad</i> | 11 |
| 2.2.1.4 <i>Densidad</i> | 12 |
| 2.2.1.5 <i>Límite de inflamabilidad</i> | 12 |
| 2.2.1.6 <i>Punto de inflamación</i> | 12 |
| 2.3 Comburentes..... | 13 |
| 2.3.1 <i>Aire teórico o requerido</i> | 14 |
| 2.3.2 <i>Oxígeno teórico</i> | 14 |
| 2.3.3 <i>Exceso de aire</i> | 14 |
| 2.4 Llamas..... | 14 |
| 2.4.1 <i>Llamas de pre-mezcla</i> | 14 |
| 2.4.1.1 <i>Laminares</i> | 15 |
| 2.4.1.2 <i>Turbulentas</i> | 15 |
| 2.4.2 <i>Llamas de difusión</i> | 15 |
| 2.5 Mechero de Bunsen..... | 17 |
| 2.6 Materiales utilizados en el recubrimiento interno de vehículos de transporte..... | 19 |
| 2.6.1 <i>Termoplásticos</i> | 19 |
| 2.6.1.1 <i>PA (Poliamida)</i> | 19 |
| 2.6.1.2 <i>PC (Policarbonato)</i> | 20 |
| 2.6.1.3 <i>PE (Polietileno)</i> | 20 |
| 2.6.1.4 <i>PP (Polipropileno)</i> | 21 |
| 2.6.1.5 <i>PP-EPDM (Etileno- Propileno- Dieno- Monómero)</i> | 22 |
| 2.6.1.6 <i>PVC (Cloruro de Polivinilo)</i> | 22 |
| 2.6.2 <i>Elastómeros</i> | 23 |
| 2.6.3 <i>Materiales compuestos</i> | 24 |
| 2.6.4 <i>Tejidos</i> | 26 |
| 2.7 Equipo para ensayos de inflamabilidad..... | 29 |
| 2.7.1 <i>Acero inoxidable</i> | 29 |
| 2.7.1.1 <i>Clasificación de los aceros inoxidables</i> | 29 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 2.7.2 | <i>Circuitos y componentes electrónicos.....</i> | 30 |
| 2.7.2.1 | <i>Microcontroladores PIC.....</i> | 31 |
| 2.7.2.2 | <i>Fuente de poder.....</i> | 34 |
| 2.7.2.3 | <i>Transformador.....</i> | 34 |
| 2.7.2.4 | <i>Rectificador.....</i> | 34 |
| 2.7.2.5 | <i>Filtro.....</i> | 35 |
| 2.7.2.6 | <i>Regulador de voltaje.....</i> | 35 |
| 2.7.2.7 | <i>Relés.....</i> | 36 |
| 2.7.2.8 | <i>Válvula solenoide.....</i> | 36 |
| 2.7.2.9 | <i>LCD (Pantalla de cristal líquido).....</i> | 37 |
| 2.7.2.10 | <i>Potenciómetro.....</i> | 38 |
| 2.7.2.11 | <i>Teclado matricial.....</i> | 39 |
| 2.7.2.12 | <i>Módulo electrónico de ignición por chispa.....</i> | 40 |
| 2.7.2.13 | <i>Resistencias.....</i> | 41 |
| 2.7.2.14 | <i>Condensador o capacitor.....</i> | 42 |
| 2.7.2.15 | <i>Oscilador electrónico.....</i> | 42 |
| 3. | DISEÑO Y CÁLCULO DEL EQUIPO | |
| 3.1 | <i>Generalidades.....</i> | 44 |
| 3.2 | <i>Descripción del equipo.....</i> | 44 |
| 3.3 | <i>Cálculo térmico.....</i> | 45 |
| 3.3.1 | <i>Quemador de gas.....</i> | 45 |
| 3.3.2 | <i>Combustible.....</i> | 46 |
| 3.3.3 | <i>Cálculo del calor útil.....</i> | 47 |
| 3.3.4 | <i>Cálculo del calor total requerido por el sistema.....</i> | 48 |
| 3.3.5 | <i>Gasto del combustible.....</i> | 49 |
| 3.3.6 | <i>Análisis estequiométrico.....</i> | 49 |
| 3.3.6.1 | <i>Combustión con aire teórico.....</i> | 49 |
| 3.3.6.2 | <i>Combustión con exceso de aire.....</i> | 50 |
| 3.3.6.3 | <i>Análisis volumétrico de los productos de la combustión.....</i> | 50 |
| 3.3.6.4 | <i>Relación aire combustible.....</i> | 51 |
| 3.3.6.5 | <i>Gasto de aire.....</i> | 51 |
| 3.3.6.6 | <i>Densidad de los gases quemados.....</i> | 51 |
| 3.4 | <i>Diseño mecánico.....</i> | 52 |
| 3.4.1 | <i>Cámara de combustión.....</i> | 52 |
| 3.4.2 | <i>Portamuestras.....</i> | 55 |
| 3.4.3 | <i>Peine de metal.....</i> | 56 |
| 3.5 | <i>Diseño eléctrico – electrónico.....</i> | 57 |
| 3.5.1 | <i>Funcionamiento del equipo y su sistema automático.....</i> | 57 |
| 3.5.2 | <i>Circuito eléctrico.....</i> | 57 |
| 3.5.3 | <i>Funcionamiento del programa.....</i> | 61 |
| 3.5.4 | <i>Programación.....</i> | 64 |
| 4. | CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO | |
| 4.1 | <i>Generalidades.....</i> | 72 |
| 4.2 | <i>Construcción del equipo.....</i> | 72 |
| 4.2.1 | <i>Elaboración del cuerpo del equipo.....</i> | 72 |
| 4.2.2 | <i>Portamuestras en forma de U.....</i> | 78 |
| 4.2.3 | <i>Conexión para la entrada del gas.....</i> | 80 |
| 4.3 | <i>Construcción eléctrica- electrónica del equipo.....</i> | 82 |
| 4.4 | <i>Manual de operación.....</i> | 84 |
| 4.5 | <i>Manual de mantenimiento.....</i> | 85 |
| 4.5.1 | <i>Inspección.....</i> | 85 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 4.5.2 | <i>Limpieza</i> | 86 |
| 4.6 | Flujograma de construcción según la norma ASME..... | 86 |
| 5. | MÉTODO DE ENSAYO | |
| 5.1 | Requerimientos y recomendaciones para el ensayo..... | 90 |
| 5.1.1 | <i>Muestras</i> | 90 |
| 5.1.2 | <i>Calibración de instrumentos</i> | 91 |
| 5.2 | Condiciones previas al ensayo..... | 94 |
| 5.2.1 | <i>Dimensionamiento de la cámara de acondicionamiento</i> | 94 |
| 5.3 | Método de cálculo..... | 97 |
| 5.4 | Informe de ensayo..... | 97 |
| 5.5 | Guía de práctica del ensayo..... | 98 |
| 6. | PRUEBAS DEL EQUIPO Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS | |
| 6.1 | Pruebas del equipo..... | 116 |
| 6.1.1 | <i>Pruebas del sistema eléctrico-electrónico</i> | 116 |
| 6.1.2 | <i>Cámara de combustión</i> | 117 |
| 6.2 | Resultados de los ensayos..... | 118 |
| 7. | COSTOS | |
| 7.1 | Costos directos..... | 131 |
| 7.1.1 | <i>Costos de materiales y accesorios mecánicos</i> | 131 |
| 7.1.2 | <i>Costos de materiales y accesorios eléctricos</i> | 132 |
| 7.1.3 | <i>Costos por maquinaria a utilizar</i> | 133 |
| 7.1.4 | <i>Costo de mano de obra</i> | 133 |
| 7.1.5 | <i>Total de costos directos</i> | 134 |
| 7.2 | Costos indirectos..... | 134 |
| 7.3 | Costos totales..... | 134 |
| 8. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | |
| 8.1 | Conclusiones..... | 135 |
| 8.2 | Recomendaciones..... | 136 |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1. Clasificación de gases combustibles | 11 |
| 2. Límites de inflamabilidad de algunos gases | 12 |
| 3. Punto de inflamabilidad de algunos gases. | 13 |
| 4. Comparación entre los tipos de llama | 16 |
| 5. Características para la identificación de plásticos | 27 |
| 6. Propiedades generales de los aceros inoxidable..... | 30 |
| 7. Código de colores de las resistencias | 41 |
| 8. Temperaturas de llama en el aire del gas natural y GLP | 47 |
| 9. Exceso de aire | 50 |
| 10. Densidad de productos de combustión | 52 |
| 11. Voltajes de accesorios | 58 |
| 12. Componentes electrónicos..... | 83 |
| 13. Manual de operación..... | 84 |
| 14. Inspección de componentes del equipo | 86 |
| 15. Limpieza del equipo | 86 |
| 16. Frecuencia de calibración de equipos de medición | 93 |
| 17. Utilización de los instrumentos de medición | 93 |
| 18. Funcionamiento del sistema eléctrico - electrónico | 116 |
| 19. Resultados de los ensayos | 130 |
| 20. Materiales y accesorios mecánicos | 131 |
| 21. Materiales y accesorios eléctricos | 132 |
| 22. Costos por máquinas y equipo a utilizar | 133 |
| 23. Costos de mano de obra | 133 |
| 24. Total de costos directos | 134 |
| 25. Costos indirectos..... | 134 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1. Triángulo de fuego | 4 |
| 2. Combustión lenta | 7 |
| 3. Combustión rápida | 8 |
| 4. Llamas de pre-mezcla | 15 |
| 5. Llamas de difusión | 16 |
| 6. Mechero de Bunsen con válvula aguja | 17 |
| 7. Tipos de llama en un quemador Bunsen dependiendo del flujo de aire | 18 |
| 8. Poliamida para vehículos (moqueta) | 20 |
| 9. Panel de control de un autobús | 20 |
| 10. Polietileno para tapicería | 21 |
| 11. Polipropileno en la industria automotriz | 22 |
| 12. Paragolpes de autobús | 22 |
| 13. Techo de autobús | 23 |
| 14. Poliuretano | 24 |
| 15. Aplicación de la fibra de vidrio | 25 |
| 16. Aplicación de los tejidos | 26 |
| 17. Fuentes de acero inoxidable | 29 |
| 18. Componentes electrónicos activos | 31 |
| 19. Componentes electrónicos pasivos | 31 |
| 20. Microcontrolador | 32 |
| 21. Transformador, rectificador, filtro y regulador | 34 |
| 22. Regulador de voltaje | 35 |
| 23. Relé | 36 |
| 24. Válvula solenoide | 37 |
| 25. Pantalla LCD | 38 |
| 26. Potenciómetro | 39 |
| 27. Teclado matricial | 39 |
| 28. Módulo electrónico de ignición por chispa | 40 |
| 29. Resistencias | 41 |
| 30. Capacitores | 42 |
| 31. Oscilador electrónico | 43 |
| 32. Mechero de Bunsen | 46 |
| 33. Equipo para ensayos | 53 |

| | | |
|-----|--|----|
| 34. | Cámara de combustión | 54 |
| 35. | Portamuestras..... | 55 |
| 36. | Platina AISI 304 | 56 |
| 37. | Peine de metal | 56 |
| 38. | Fuente de poder..... | 59 |
| 39. | Control realizado por el PIC F16 877A | 60 |
| 40. | Control realizado por el PIC F16 628A | 61 |
| 41. | Menú principal..... | 62 |
| 42. | Opción 1..... | 62 |
| 43. | Opción 2..... | 63 |
| 44. | Opción 3..... | 63 |
| 45. | Cronómetros | 64 |
| 46. | Chapa metálica | 72 |
| 47. | Corte de la chapa metálica..... | 73 |
| 48. | Agujeros en la chapa metálica | 73 |
| 49. | Parte frontal del equipo | 74 |
| 50. | Parte inferior del equipo | 74 |
| 51. | Placa superior o tapa | 75 |
| 52. | Chapa metálica bandeja..... | 75 |
| 53. | Bandeja..... | 76 |
| 54. | Doblado de la chapa metálica | 76 |
| 55. | Cuerpo del equipo..... | 77 |
| 56. | Visor..... | 77 |
| 57. | Equipo pulido | 78 |
| 58. | Portamuestras inferior y superior | 79 |
| 59. | Peine de metal en el portamuestras inferior | 79 |
| 60. | Portamuestras construido | 80 |
| 61. | Conexión neumática (GLP) | 81 |
| 62. | Instalación de encendedores..... | 81 |
| 63. | Panel de control | 82 |
| 64. | Conexión eléctrica..... | 84 |
| 65. | Simbología de procesos según la Norma ASME | 87 |
| 66. | Flujograma de construcción del equipo | 88 |
| 67. | Flujograma de construcción del portamuestras | 89 |
| 68. | Dimensiones de la muestra..... | 90 |
| 69. | Consideraciones para calibración de instrumentos | 92 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 70. | Distribución de probetas en el habitáculo de acondicionamiento..... | 95 |
| 71. | Cámara de acondicionamiento..... | 95 |
| 72. | Niquelina tubular de baja potencia | 96 |
| 73. | Ventilador alabes centrífugo..... | 96 |
| 74. | Bandeja de circulación de aire | 97 |
| 75. | Funcionamiento del equipo | 117 |

SIMBOLOGÍA

| | | |
|-----------------|--|---------------------|
| y_i | Fracción molar | |
| m_i | Masa del componente | kcal |
| T_g | Temperatura de transición vítrea | °C |
| Q_{util} | Calor útil | kcal/h |
| M | Masa | kg |
| C_p | Calor específico | Cal/gr. °C |
| T_f | Temperatura final | °C |
| T_o | Temperatura inicial | °C |
| T | Tiempo | h |
| F_s | Coeficiente de pérdidas de energía | |
| $Q_{requerido}$ | Calor requerido | kW |
| \dot{m}_c | Gasto de combustible | kg/h |
| H_{ci} | Poder calorífico | kcal/kg |
| L | Coeficiente de exceso de aire | |
| n_T | Número total de moles de productos de combustión | Moles |
| n_i | Número de moles del producto | Moles |
| M_a | Masa del aire | kg |
| M_c | Masa del combustible | kg |
| $r_{a/c}$ | Relación aire combustible | kg. Aire/ kg. Comb. |
| \dot{m}_a | Gasto de aire | kg/h |
| ρ | Densidad | kg/m ³ |
| ρ_p | Densidad de productos de combustión | kg/m ³ |

LISTA DE ABREVIACIONES

| | |
|-----------|--|
| ISO | Institute Standard Organization |
| ISO/TC 22 | Institute Standard Organization / Technical committees Road Vehicles |
| ISO/TC 23 | Institute Standard Organization / Technical committees Tractors and Machinery for Agriculture and Forestry |
| US-FMVSS | United States - Federal Motor Vehicle safety standards |
| INEN | Instituto Ecuatoriano de Normalización |
| RTE | Reglamento Técnico Ecuatoriano |
| NTE | Norma Técnica Ecuatoriana |
| PCS | Poder Calorífico Superior |
| PCI | Poder Calorífico Inferior |
| PA | Poliamida |
| PC | Policarbonato |
| PE | Polietileno |
| PP | Polipropileno |
| PP-EPDM | Etileno-Propileno-Dieno-Monómero |
| PVC | Cloruro de Polivinilo |
| AISI | American Iron and Steel Institute |
| CD | Corriente Directa |
| CA | Corriente Alterna |
| PIC | Peripheral Interface Controller |
| LCD | Liquid Cristal Display |

LISTA DE ANEXOS

- A** NORMA ISO 3795
- B** NORMA US-FMVSS 302
- C** SELECCIÓN PLANCHAS DE ACERO INOXIDABLE AISI 304
- D** SELECCIÓN DE PLATINAS DE ACERO INOXIDABLE AISI 304
- E** EXTRACTO DEL REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO 041:2010
- F** EXTRACTO DEL REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO 043:2010
- G** EXTRACTO DE LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA 2 205:2010
- H** EXTRACTO DE LA FICHA TÉCNICA DE HOMOLOGACIÓN VEHICULAR
- I** SELECCIÓN DE LA VÁLVULA SOLENOIDE
- J** RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

RESUMEN

El diseño y construcción del equipo para ensayos de inflamabilidad aplicado a materiales de autopartes según la Norma ISO 3795, tiene por objeto determinar la velocidad de combustión de los materiales utilizados en el recubrimiento interno de vehículos, cuya aplicación va orientada a cumplir con los requisitos establecidos en el plan nacional de Homologación Vehicular y en particular lo que se establece como requerimientos en las normas y reglamentos técnicos nacionales como son: RTE 041-2010 (Bus Escolar), RTE 043-2010 (Bus interprovincial e intraprovincial) y NTE 2205 (Bus urbano); para la certificación del producto (carrocería).

En el diseño del equipo se consideraron las condiciones, parámetros, requisitos y recomendaciones prescritas en la NORMA ISO 3795 y el documento de procedimiento de ensayo US-FMVSS 302; base fundamental para determinar: el tipo de combustible (GLP) y el quemador a gas (Mechero de Bunsen) que proporcionará la flama para la combustión de materiales, además la consideración de materiales con los que se construyó el equipo de acuerdo a las condiciones presentadas por las altas temperaturas en el momento de realizar las pruebas de funcionamiento, adicionalmente se ha elaborado la documentación necesaria del antes, durante y después del ensayo tales como: registro de probetas, procedimiento de ensayo, guía de laboratorio, reporte del ensayo, etc.

Con motivo de garantizar la seguridad y la confiabilidad de los resultados se ha provisto de un panel de control, que previo al diseño del circuito eléctrico en el software Proteus y la programación de los PICs a través de la herramienta informática MicroCode Studio permitieron establecer componentes e instrumentos para constituir el sistema de funcionamiento y control del equipo como: la válvula solenoide, fuente de ignición por chispa, medidor de temperatura, tiempo, etc.

Antes de utilizar el equipo, se recomienda leer el manual de operación y manual de mantenimiento para su correcto manejo.

ABSTRACT

This work is about the design and construction of equipment to test flammability applied to materials belonging to auto parts according to ISO 3795 Norm. The objective is to determine the burning rate of materials utilized to make the inside cover in cars. Its application is directed to meet the requirements of the vehicular homologation national plan, especially what has been established as requirements in the national technical norms and regulations for the product certification (vehicle body); they are the following: RTE 041-2010 (School Bus), RTE 043-2010 (inter and intra provincial bus), and NTE 2205 (urban bus).

When designing the equipment, conditions, parameters, requirements and the recommendations prescribed in ISO 3795 NORM were considered as well as the US-FMVSS 302 document for testing procedure. These considerations are fundamental to determine the fuel type (GLP), the gas burner (Bunsen burner) which will provide the flame to burn the materials, and the materials used to construct the equipment according to the presented conditions of high temperatures at the moment of testing. Additionally, necessary documentation of before, during and after the test was done. This means test tube records, test procedures, laboratory guide, test report, etc.

In order to warrantee safety and reliability of the results, a control panel has been provided. This panel has an electric circuit designed with software Proteus and its programming of PICs was done with the informatics tool MicroCode Studio. These allowed establishing components and instruments to form part of the functioning system and equipment control. Parts such as the solenoid valve, the spark ignition source, the thermometer, the time, etc.

Before using this equipment, it is recommended to read the maintenance operator's manual for its correct use.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Con la masiva producción de automotores de gran variedad y usos, así como autobuses, vehículos de carretera, tractores, maquinaria para agricultura y silvicultura. Estándares nacionales (INEN) e internacionales (ISO y US-FMVSS) han visto la necesidad de regular o restringir el uso de materiales inflamables en el recubrimiento interno de los mismos. En 1976 fue preparado el estándar internacional ISO 3795:1976 conjuntamente con los comités técnicos ISO / TC 22, vehículos de carretera e ISO /TC 23, tractores, maquinaria para agricultura y silvicultura, sin embargo en 1989 fue reemplazada por la segunda edición ISO 3795:1989 (ANEXO A), la cual ha sido extendida para incluir tractores, maquinaria para agricultura y forestación.

La norma ISO 3795:1989, es un estándar internacional que permite la evaluación del comportamiento frente al fuego de materiales utilizados en el recubrimiento interno de vehículos de motor, las consideraciones mostradas en su contenido se basan principalmente en el procedimiento de ensayo definido en el documento US-FMVSS 302 (Federal Motor Vehicle safety standards) (ANEXO B) en vista que este tiene una amplia información y cumple con normas de seguridad.

La norma ISO 3795 es aplicada desde 1976 en Estados Unidos y Europa, mientras que la US-FMVSS rige desde 1991 en Estados Unidos las mismas que son la base de para los requerimientos estipulados en la norma INEN 041, 042 y 2205 que están vigentes desde el año 2010 en nuestro país.

Con la información recopilada acerca del método para determinar el índice de combustión horizontal de los materiales utilizados en el habitáculo de los vehículos, es necesario hacer una evaluación acerca de los resultados obtenidos luego de realizar los ensayos, para lo cual será necesario comparar con reglamentos vigentes en el país

y concluir si el material cumple o no con los requisitos pre-escritos. El Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 041-2010 (Requerimientos de Vehículos de transporte escolar numeral 5.3.7 Inflamabilidad de los materiales), INEN 043-2010 (Requerimientos de Buses interprovincial e intraprovincial numeral 4.2.12 Aislamiento y revestimiento interior-literal e) e INEN 2205 (Requerimientos de Vehículos automotores, bus urbano numeral 5.1.2.7 Elementos de seguridad y control-literal d), (ANEXO E,F,G) establece los requisitos que un medio de transporte masivo de pasajeros debe cumplir para poder circular en el país, mencionando “Los materiales de revestimiento de los asientos, las 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 250mm/min, de acuerdo con la norma ISO 3795”. Estas normas están en vigencia desde el año 2010 en nuestro país para su cumplimiento.

1.2 Justificación

La implementación del equipo, surge de la necesidad de desarrollar ensayos y pruebas de inflamabilidad de materiales que se utiliza en el revestimiento del interior de vehículos diseñados y equipados para el transporte público urbano, escolar, interprovincial e intraprovincial de transporte masivo de pasajeros, ensamblados o fabricados en el país, garantizando la máxima seguridad contra el fuego a los usuarios.

En la actualidad, Ecuador tiene limitación para realizar este tipo de ensayos debido a que no existen equipos suficientes disponibles, el único evaluador de índice de inflamabilidad de materiales utilizados en el recubrimiento interno de vehículos que cuenta el país se encuentra en la ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral), por esta razón los fabricantes omiten pruebas de inflamabilidad de materiales, incumpliendo así normas y reglamentos técnicos estipulados para la construcción de automotores.

En el país existe alrededor de 100 fabricantes de carrocerías. De ellas, más de 67% se localiza en la provincia del Tungurahua. El restante se distribuye en Pichincha, Guayas, Manabí, Imbabura, Azuay, Cotopaxi y El Oro. En la provincia de Chimborazo

existe una cantidad relativamente baja dedicadas a la construcción de carrocerías, entre ellas se pueden destacar las industrias carroceras Megabuss, Mayorga y Alvarado, siendo estas las más importantes dentro de la provincia. Se estima que solo un 20% de las 100 empresas cumple con las especificaciones del INEN para la construcción de carrocerías hasta el año 2010. Desde el 28 de Febrero del 2013 la Agencia Nacional de Transito adjunta en la documentación para la homologación vehicular de transporte de pasajeros el RTE 041 y 043, estableciendo como requerimiento todos los datos de la ficha técnica de cada uno de los automotores, solicitando en el numeral 3.3 literal g (ANEXO H) los límites de propagación de llama de revestimientos de paredes, techo, asientos y piso.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar y construir un equipo para ensayos de inflamabilidad aplicado a materiales de autopartes según la norma ISO 3795.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Determinar las condiciones y los parámetros de diseño del equipo de acuerdo a la NORMA ISO 3795.

Realizar la selección de componentes y el diseño del sistema térmico del equipo.

Construir el equipo de acuerdo a condiciones especificadas.

Establecer los procedimientos del ensayo e informe de resultados de acuerdo a la norma ISO 3795

Implementar el equipo para realizar este tipo de ensayos en la Facultad de Mecánica mediante SERCOMEC, como una manera de atender a un requerimiento nacional en el sistema de transporte público.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Combustión

La combustión es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego.

En toda combustión existe un elemento que arde (combustible) y otro que produce la combustión (comburente), generalmente oxígeno en forma de O₂ gaseoso.

Los tipos más frecuentes de combustible son las materias orgánicas que contienen carbono e hidrógeno.

Figura 1. Triángulo de fuego



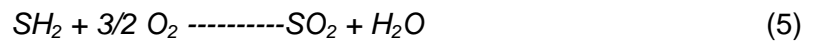
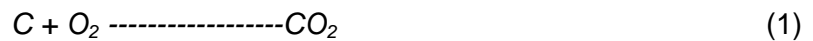
Fuente: <http://grupo7ldf.blogspot.com/2011/10/reaccion-en-cadena-teniendo-en-cuenta.html>

De acuerdo a como se produzcan las reacciones de combustión, estas pueden ser de distintos tipos:

Según la cantidad de comburente:

2.1.1 Combustión completa. Ocurre cuando las sustancias combustibles reaccionan hasta el máximo grado posible de oxidación. En este caso no habrá presencia de sustancias combustibles en los productos o humos de la reacción.

Las reacciones químicas que se utilizan en el estudio de las combustiones técnicas tanto si se emplea aire u oxígeno, son muy sencillas y las principales son:



Estas reacciones corresponden a reacciones completas de sustancias que pueden pertenecer a un combustible gaseoso, líquido o sólido y se expresan para 1 mol o 1 kmol de sustancia combustible.

También es muy común realizar otros cálculos estequiométricos definiendo distintas relaciones a saber.

Composición de humos secos

Composición de humos húmedos

kg de aire / kg de combustible

kmol de aire / kmol de combustible

kg de humos secos / kg de combustible

kg de humos húmedos / kg de combustible

Todas estas relaciones se utilizan para efectuar un balance másico completo de una reacción de combustión.

2.1.2 *Combustión incompleta.* Se produce cuando no se alcanza el grado máximo de oxidación y hay presencia de sustancias combustibles en los gases o humos de la reacción.

Este tipo de reacción se caracteriza por la presencia de sustancias combustibles o también llamados inquemados en los humos o gases de combustión. Estas sustancias generalmente son carbono como hollín, CO, H₂ y también pueden aparecer pequeñas cantidades de los hidrocarburos que se utilizan como combustibles.

2.1.3 *Combustión estequiométrica o teórica.* Es la combustión que se lleva a cabo con la cantidad mínima de aire para que no existan sustancias combustibles en los gases de reacción. En este tipo de combustión no hay presencia de oxígeno en los humos, debido a que este se ha empleado íntegramente en la reacción.

2.1.4 *Combustión con exceso de aire.* Es la reacción que se produce con una cantidad de aire superior al mínimo necesario. Cuando se utiliza un exceso de aire, la combustión tiende a no producir sustancias combustibles en los gases de reacción. En este tipo de combustión es típica la presencia de oxígeno en los gases de combustión.

La razón por la cual se utiliza normalmente un exceso de aire es hacer reaccionar completamente el combustible disponible en el proceso.

2.1.5 *Combustión con defecto de aire.* Es la reacción que se produce con una menor cantidad de aire que el mínimo necesario. En este tipo de reacción es característica la presencia de sustancias combustibles en los gases o humos de reacción.(DANILIN, 1999)

Según la velocidad de propagación:

2.1.6 Combustión lenta. La combustión lenta no produce emisiones de luz generando poca emisión de calor. Se suelen producir en lugares poco ventilados con escasez de comburente o sobre combustibles muy densos. Se trata de fuegos muy peligrosos ya que al darse en condiciones de poca aireación cuando entra aire nuevo en la habitación se produce un aumento del comburente activando el incendio rápidamente.

Figura 2. Combustión lenta



Fuente: <http://www.expower.es/tipos-combustion-combustible.htm>

2.1.7 Combustión rápida. En la combustión rápida se produce una gran emisión de calor y luz con un fuego intenso. Si una combustión es muy rápida se puede producir una explosión. Las explosiones se consideran combustiones instantáneas.

Podemos distinguir entre dos tipos de explosiones:

2.1.7.1 Deflagración. La velocidad de propagación del frente de llamas no supera la velocidad del sonido.

2.1.7.2 Detonación. Una detonación se da cuando la velocidad de propagación del frente de llamas es superior a la velocidad del sonido (340 m/s). (EXPOWER, 2013)

Figura 3. Combustión rápida



Fuente: <http://www.expower.es/tipos-combustion-combustible.htm>.

2.2 Combustible

Combustible es cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor poco a poco. Supone la liberación de una energía de su forma potencial (energía de enlace) a una forma utilizable sea directamente (energía térmica) o energía mecánica (motores térmicos) dejando como residuo calor (energía térmica), dióxido de carbono y algún otro compuesto químico.

Entre los combustibles sólidos se incluyen el carbón, la madera y la turba natural. El carbón se quema en calderas para calentar agua que puede vaporizarse para mover máquinas a vapor o directamente para producir calor utilizable en usos térmicos (calefacción). La turba y la madera se utilizan principalmente para la calefacción doméstica e industrial, aunque la turba se ha utilizado para la generación de energía y las locomotoras o los barcos que utilizaban madera como combustible fueron comunes en el pasado.

Entre los combustibles fluidos, se encuentran los líquidos como el gasóleo, el queroseno o la gasolina (o nafta) y los gaseosos, como el gas natural o los gases licuados de petróleo (GLP), representados por el propano y el butano. Las gasolinas, gasóleos y hasta los gases, se utilizan para motores de combustión interna. El combustible se utiliza en autos lo que contamina grandes ciudades y también el medio ambiente.

En los cuerpos de los animales, el combustible principal está constituido por carbohidratos, lípidos, proteínas, que proporcionan energía para el movimiento de los músculos, el crecimiento y los procesos de renovación y regeneración celular, mediante una combustión lenta, dejando también, como residuo, energía térmica, que sirve para mantener el cuerpo a la temperatura adecuada para que funcionen los procesos vitales.

Se llaman también combustibles a las sustancias empleadas para producir la reacción nuclear en el proceso de fisión, aunque este proceso no es propiamente una combustión.

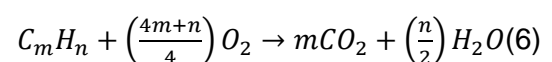
Tampoco es propiamente un combustible el hidrógeno, cuando se utiliza para proporcionar energía (y en grandes cantidades) en el proceso de fusión nuclear, en el que se funden atómicamente dos átomos de hidrógeno para convertirse en uno de helio, con gran liberación de energía. Este medio de obtener energía no ha sido dominado en su totalidad por el hombre (salvo en su forma más violenta: la bomba nuclear de hidrógeno, conocida también como Bomba H) pero en el universo es común, específicamente como fuente de energía de las estrellas.

2.2.1 Propiedades de los combustibles. Las propiedades más características de un combustible son las siguientes:

2.2.1.1 Composición. Conocer la composición de un combustible es muy importante para poder determinar los parámetros característicos estequiométricos de la reacción de combustión y conocer si en él existen sustancias que puedan tener importancia posterior en cuanto a la contaminación o nocividad de los productos de reacción.

La forma más común de indicar la composición de un combustible gaseoso es como porcentaje en volumen de cada uno de sus componentes en condiciones normales.

Para un combustible gaseoso tipo hidrocarburo, la fórmula general es:



Y sus componentes más habituales son:

$\text{CO}_2, \text{CO}, \text{H}_2, \text{O}_2, \text{N}_2, \text{SO}_2, \text{SH}_2$ y H_2O como vapor

Si y_i es la fracción molar, se expresará como:

$$y_i = \frac{\text{Kmol del combustible } i}{\text{Kmol de combustible}} \quad (7)$$

Y debe cumplirse que $\sum_{i=1}^p y_i = 1$ si el gas tiene p componentes.

Para un combustible líquido o sólido, la forma más común de indicar la composición es expresar la cantidad de C, H, S, N, O, H_2O y cenizas en porcentaje de masa referida a un kg de combustible.

Si m_i es la masa del componente i se expresará como:

$$[m_i] = \frac{\text{kg del componente } i}{\text{kg de combustible con cenizas}} \quad (8)$$

Y deberá cumplirse que $\sum_{i=1}^p m_i = 1$ si hay p componentes.

Esta expresión se denomina también composición en “base húmeda”

Para expresar la composición en base seca será:

$$m_1 = m_i \frac{1}{1 - m_a} \quad \text{siendo } m_a \text{ la fracción másica del agua} \quad (9)$$

2.2.1.2 Poder calorífico. El poder calorífico de un combustible es la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustión, referida a la unidad empleada de combustible (kg, kmol, m^3)

De acuerdo a como se expresa el estado del agua en los productos de reacción se puede dividir en:

- Poder calorífico Superior (PCS). Expresa la cantidad de calor que se desprende en la reacción completa de la unidad de combustible con el agua de los humos en forma líquida a 0 °C y 1 atm.
- Poder calorífico Inferior (PCI). Expresa la cantidad de calor que se desprende en la reacción completa de la unidad de combustible con el agua de los humos en estado de vapor.(DANILIN, 1999)

Tabla 1. Clasificación de gases combustibles

| FAMILIA | NOMBRE DEL GAS | COMPONENTE PRINCIPAL | OBSERVACIÓN | DENSIDAD | PCS EN VOLUMEN kWh/m ³ | PCS EN MASA kWh/kg | ÍNDICE DE WOBBE MJ/m ³ (n) | LIMITES DE INFLAMABILIDAD |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| PRIMERA FAMILIA | Gas Manufacturado | Metano + H ₂ +CO | Tóxico en desuso | < 1 | 5,23 | | 19,13 a 27,64 | 6 a 45 |
| SEGUNDA FAMILIA | Gas Natural | Metano | No Tóxico, Inodoro Incoloro | < 1 | 12,2 | | 39,1 a 54,7 | 5 a 15 |
| TERCERA FAMILIA | G.L.P | Propano | No Tóxico | > 1 | 27,29 | 14 | 72,9 a 87,3 | 2,4 a 9,5 |
| | | | Inodoro | | | | | |
| | | | Incoloro | | | | | |
| | | Butano | No Tóxico | > 1 | 36 | 13,95 | | 1,8 a 8,4 |
| | | | Inodoro | | | | | |
| | | | Incoloro | | | | | |

Fuente: NTE INEN 2 260:2010

El GLP tiene un poder calorífico superior de 12037 kcal/kg = 14 kWh/kg.

El Gas Natural tiene un poder calorífico superior de 13477 kcal/kg. Con una densidad absoluta de 0.78 kg/m³

El poder Calorífico inferior del GLP y del Gas Natural es de 11345,18 kcal/kg y 10628 kcal/kg respectivamente (INGMECANICAMC.BLOGSPOT.COM, 2012)

2.2.1.3 Viscosidad. La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal. En realidad todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad

nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones. La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento.

La viscosidad es característica de todos los fluidos, tanto líquidos como gases, si bien, en este último caso su efecto suele ser despreciable, están más cerca de ser fluidos ideales.

2.2.1.4 Densidad. Generalmente se determina de forma experimental y para el caso de los combustibles gaseosos se utiliza la densidad relativa al aire. En la práctica es muy importante conocer este parámetro para saber si el gas combustible se acumula en el techo o en el suelo, en caso de una fuga en un local cerrado.

2.2.1.5 Límite de inflamabilidad. Esta propiedad es característica a los combustibles gaseosos y establece la proporción de gas y aire necesaria para que se produzca la combustión, indicando un límite superior y uno inferior.

Tabla 2. Límites de inflamabilidad de algunos gases

| COMPONENTE | % VOLUMEN AIRE | |
|---|-----------------|-----------------|
| | Límite inferior | Límite superior |
| Monóxido de carbono (CO) | 12,5 | 74 |
| Hidrógeno (H ₂) | 4,1 | 74 |
| Metano (CH ₄) | 5,3 | 14 |
| Etileno (C ₂ H ₄) | 3 | 29 |
| Etano (C ₂ H ₆) | 3,2 | 12,5 |
| Propano (C ₃ H ₈) | 2,4 | 9,5 |
| Butano (C ₄ H ₁₀) | 1,9 | 8,4 |
| Pentano (C ₅ H ₁₂) | 1,4 | 7,8 |
| Benceno (C ₆ H ₆) | 1,4 | 6,7 |
| Gas Natural | 4,8 | 13,5 |

Fuente: <http://dc221.4shared.com/doc/udPMJd70/preview.html>

2.2.1.6 Punto de inflamación. Para que una reacción de combustión se produzca, la mezcla de combustible y comburente debe alcanzar una temperatura mínima necesaria, que recibe el nombre de punto de inflamación.

El punto de inflamación depende del comburente, por lo que su valor no es el mismo si se utiliza oxígeno o aire. Una vez iniciada la reacción, el calor mantendrá la temperatura por encima de la inflamación y la reacción continuará hasta agotarse el combustible.

Tabla 3. Punto de inflamabilidad de algunos gases.

| COMBUSTIBLE | TEMPERATURA °C |
|---------------------------------|----------------|
| H ₂ | 400 |
| CO | 605 |
| CH ₄ | 537 |
| C ₂ H ₆ | 515 |
| C ₃ H ₈ | 450 |
| nC ₅ H ₁₂ | 260 |
| nC ₈ H ₁₈ | 210 |
| C ₆ H ₆ | 535 |

Fuente: <http://dc221.4shared.com/doc/udPMJd70/preview.html>

Otra temperatura importante es la temperatura de combustión o de llama máxima, que se alcanza en la combustión.

2.3 Comburentes

Como ya se ha mencionado anteriormente, el comburente es el agente que aporta el oxígeno a una reacción de combustión y la fuente más usual y económica de oxígeno disponible es el aire.

Si dos reactivos participan en una reacción y uno de ellos es considerablemente más costoso que el otro, es muy común que el reactivo más económico se utilice en exceso con respecto al reactivo más caro. Esto se justifica a efecto de aumentar la conversión del reactivo más caro a expensas del costo del reactivo en exceso. En consecuencia, como el reactivo más económico es el aire, que además es gratis, las reacciones de combustión se realizan invariablemente con más aire del que se necesita, para asegurarse en proporcionar oxígeno en cantidad estequiométrica al combustible.

En el manejo de las ecuaciones de reacciones de combustión generalmente se emplean algunos conceptos importantes, propiedades y definiciones.

2.3.1 Aire teórico o requerido. Es la cantidad exacta de aire necesario para que haya el oxígeno preciso para una combustión completa.

2.3.2 Oxígeno teórico. Son las moles (para un proceso intermitente) o la velocidad de flujo molar (para un proceso continuo) de oxígeno que se necesitan para efectuar la combustión completa del combustible en el reactor, suponiendo que todo el carbono del combustible se oxida para formar CO_2 y todo el H_2 se oxida para formar H_2O .

2.3.3 Exceso de aire. Es la cantidad de aire en exceso con respecto al teórico o requerido para una combustión completa.(DANILIN, 1999)

2.4 Llamas

Cuando se produce la combustión de un elemento inflamable en una atmósfera rica en oxígeno, se observa una emisión de luz, que puede llegar a ser intensa, denominada llama.

Todas las reacciones de combustión son muy exotérmicas y desprenden gran cantidad de energía en forma de calor. La llama es provocada por la emisión de energía de los átomos de algunas partículas que se encuentran en los gases de la combustión, al ser excitados por el intenso calor generado en este tipo de reacciones.

Atendiendo a como se incorpora el oxígeno a la llama, podemos distinguir varios tipos de llamas:

2.4.1 Llamas de pre-mezcla. Cuando el combustible y comburente van mezclados previamente a la combustión, como en el caso de un mechero bunsen. En estas llamas la combustión es más completa y permiten alcanzar mayores temperaturas, presentando otras características como la tonalidad azul.

Figura 4. Llamas de pre-mezcla.



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/elfuego/elfuego.shtml>

Estas llamas pueden presentarse de dos formas básicas:

2.4.1.1 Laminares. Son aquellas llamas de "pre-mezcla", que presentan un frente continuo y claramente definido, presentando el fluido entrante o saliente de forma aerodinámica.

2.4.1.2 Turbulentas. Estas suelen definirse como rellenas. A veces, suelen producir sonidos "desarticulados y confusos". El frente de la llama fluctúa velozmente, presentando muchos remolinos.

Estas turbulencias se deben al "flujo" en el tubo del mechero y a la "llama" misma.

Estas llamas se hallan directamente relacionadas, a flujos de gran velocidad y debido a que abarcan una gran área de combustión. Son muy eficientes en lo que se refiere a la producción de calor por unidad de volumen.

2.4.2 Llamas de difusión. Cuando el comburente se incorpora a la combustión debido al movimiento convectivo de la propia llama, como en el caso de una vela. En este caso la reacción se produce en el exterior de la llama y la combustión es más incompleta y por lo tanto alcanzan una menor temperatura. Estas llamas pueden variar de color aunque predomina el amarillo.

Son el tipo de llamas más común en un recinto cerrado. Este tipo de llamas tiene lugar cuando el combustible y el oxígeno se encuentran el uno con el otro. En este caso, el combustible y el oxígeno no se han mezclado de forma previa antes de su ignición (ambos se encuentran separados, por lo general el combustible formando una bolsa gaseosa inmersa en aire). En este caso lo que ocurre es una mezcla por difusión molecular del oxígeno en la superficie del volumen de gas de combustible, lo cual es un proceso relativamente lento, aun cuando la velocidad del proceso aumente por las elevadas temperaturas. Las llamas de difusión por lo general son amarillas debido a la incandescencia del carbón que se forma en el proceso.

Un ejemplo típico es el de un quemador Bunsen cuando la apertura del aire está cerrada, lo que resulta en una llama lenta, brillante y lacia. (SCRIBD.COM, 2013)

Figura 5. Llamas de difusión



Fuente: Autores

Tabla 4. Comparación entre los tipos de llama

| LLAMAS PREMEZCLADAS | LLAMAS DE DIFUSIÓN |
|--|--|
| Gases mezclados antes de la ignición | Gases no mezclados antes de la ignición |
| Por consiguiente arden limpiamente | Por consiguiente no arden limpiamente |
| Llama más caliente la cual puede distinguirse por: | Llama más fría la cual puede distinguirse por: |
| Color de la llama (azul) | El color de la llama (naranja/roja) |
| Mayor ruido Mayor velocidad de deflagración | Menor ruido |
| Mayor eficiencia de la combustión | Menor eficacia de la combustión |

Fuente:Autores

2.5 Mechero de Bunsen

Un mechero o quemador Bunsen es un instrumento utilizado en laboratorios científicos para calentar o esterilizar muestras o reactivos químicos.

Fue inventado por Robert Bunsen en 1857 y provee una transmisión muy rápida de calor intenso en el laboratorio. Es un quemador de gas del tipo de premezcla y la llama es el producto de la combustión de una mezcla de aire y gas. (EHOWENESPANOL.COM, 2013)

Figura 6. Mechero de Bunsen con válvula aguja



Fuente: Autores

El quemador tiene una base pesada en la que se introduce el suministro de gas. De allí parte un tubo vertical por el que el gas fluye atravesando un pequeño agujero en el fondo de tubo. Algunas perforaciones en los laterales del tubo permiten la entrada de aire en el flujo de gas (gracias al efecto Venturi) proporcionando una mezcla inflamable a la salida de los gases en la parte superior del tubo donde se produce la combustión, muy eficaz para la química avanzada.

El mechero Bunsen es una de las fuentes de calor más sencillas del laboratorio y es utilizado para obtener temperaturas no muy elevadas. Consta de una entrada de gas sin regulador, una entrada de aire y un tubo de combustión. El tubo de combustión está atornillado a una base por donde entra el gas combustible a través de un tubo de goma, con una llave de paso. Presenta dos orificios ajustables para regular la entrada de aire.

La cantidad de gas y por lo tanto de calor de la llama puede controlarse ajustando el tamaño del agujero en la base del tubo. Si se permite el paso de más aire para su mezcla con el gas la llama arde a mayor temperatura (apareciendo con un color azul).

Si los agujeros laterales están cerrados el gas sólo se mezcla con el oxígeno atmosférico en el punto superior de la combustión ardiendo con menor eficacia y produciendo una llama de temperatura más fría y color rojizo o amarillento, la cual se llama "llama segura" o "llama luminosa". Esta llama es luminosa debido a pequeñas partículas de hollín incandescentes.

La llama amarilla es considerada "sucia" porque deja una capa de carbón sobre la superficie que está calentando. Cuando el quemador se ajusta para producir llamas de alta temperatura, éstas (de color azulado) pueden llegar a ser invisibles contra un fondo uniforme.

Si se incrementa el flujo de gas a través del tubo mediante la apertura de la válvula aguja crecerá el tamaño de la llama. Sin embargo, a menos que se ajuste también la entrada de aire, la temperatura de la llama descenderá porque la cantidad incrementada de gas se mezcla con la misma cantidad de aire, dejando a la llama con poco oxígeno. La llama azul en un mechero Bunsen es más caliente que la llama amarilla, la forma más común de encender el mechero es mediante la utilización de un fósforo o un encendedor a chispa.(TPLABORATORIOQUIMICO.BLOGSPOT.COM, 2013)

Figura 7. Tipos de llama en un quemador Bunsen dependiendo del flujo de aire.



Fuente: <http://laboratorio-quimico.blogspot.com/2010/08/mechero-bunsen.html>

1. Válvula del aire cerrada (llama segura).
2. Válvula medio abierta.
3. Válvula abierta al 90%.
4. Válvula abierta por completo (llama azul crepitante). (LABORATORIO-QUIMICO.BLOGSPOT.COM, 2013)

2.6 Materiales utilizados en el recubrimiento interno de vehículos de transporte.

Existe una gran variedad de materiales utilizados en el recubrimiento interno de vehículos, esto depende de la industria carrocería que lo construya. La gran mayoría de materiales están dentro de las familias de los Termoplásticos, y elastómeros, sin dejar de lado las fibras, tejidos y materiales sintéticos.

2.6.1 Termoplásticos. Un termoplástico es un plástico que, a temperaturas relativamente altas se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente.

La mayor parte de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los cuales poseen cadenas asociadas por medio de fuerzas de Van der Waals débiles (polietileno); fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno, o incluso anillos aromáticos apilados (poliestireno).

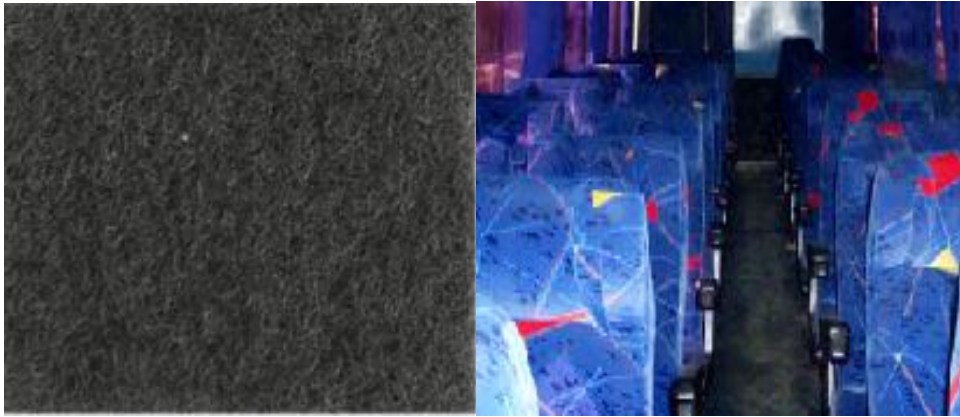
Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables o termofijos en que después de calentarse y moldearse pueden recalentarse y formar otros objetos.

2.6.1.1 PA (Poliámidas). Conocida como nylon, se fabrica en varias densidades. Es tenaz, resistente al desgaste y a los disolventes usuales.

Usos: Rejillas, revestimientos interiores, radiadores, retrovisores, etc.

Entre estos materiales se puede mencionar el material conocido en el mercado como moqueta, que generalmente se utiliza en el piso de los automotores.

Figura 8. Poliamida para vehículos (moqueta)



Fuente: Autores

2.6.1.2 PC (Policarbonato). Son materiales rígidos y duros con una excepcional resistencia al impacto. Son dimensionalmente estables, resistencia a la intemperie y al calor.

Es combustible pero de carácter autoextingible.

Usos: Paragolpes, revestimiento de interiores, carenados de moto, ventanillas, tableros de control etc.

Figura 9. Panel de control de un autobus



Fuente: Autores

2.6.1.3 PE (Polietileno). Es el polímero de mayor producción. Es resistente a los productos químicos y a las elevadas temperaturas, tiene una gran resistencia a la

tracción y al impacto, es de los mejores aislantes eléctricos. Según el procedimiento de polimerización seguido, se distinguen dos variedades de este material:

Polietileno de baja densidad (PE bd): Según el grosor, es más o menos flexible, pero nunca rígido (a no ser que haya sido reticulado).

Es altamente resistente a agentes químicos, tiene una buena estabilidad térmica y no es tóxico. Se adapta de modo especial a los procesos de extracción e inyección.

Polietileno de alta densidad (PE ad): es más rígido y posee una excelente resistencia a altas temperaturas.

Usos: Carcasas de Baterías, paragolpes, revestimientos de interiores, etc. Este material se lo utiliza como tapicería.

Figura 10. Polietileno para tapicería



Fuente: Autores

2.6.1.4 PP (Polipropileno). Tiene idénticas aplicaciones que el “PE ad”, se comporta mejor que este en altas temperaturas, pero peor en las bajas.

Es buen aislante y muy resistente a la tracción y a la abrasión.

Es fácilmente colorearle.

Usos: Similares al polietileno. Es el plástico más utilizado en el automóvil.

Figura 11. Polipropileno en la industria automotriz



Fuente: Autores

2.6.1.5 PP-EPDM (Etileno- Propileno- Dieno- Monómero). Es elástico y absorbe con facilidad los impactos, resiste a altas temperaturas y de buenas propiedades eléctricas. Resiste a los ácidos y disolventes.

Usos: Paragolpes, revestimientos interiores/exteriores, spoilers, cartoneras, etc.

Figura 12. Paragolpes de autobús



Fuente: Autores

2.6.1.6 PVC (Cloruro de Polivinilo). Es resistente a la intemperie y a la humedad, pero no a la temperatura, por lo que hay que añadirle diversos estabilizantes. Es

dimensionalmente estable, se colorea con facilidad y es resistente a la mayoría de los ácidos. Cuando se descompone, desprende humo tóxico de cloruro de hidrógeno (agente cancerígeno).

Usos: Pisos de autocares, cables eléctricos, etc.

Figura 13. Techo de autobús



Fuente: Autores

2.6.2 Elastómeros. Los elastómeros son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma, que es más adecuado para referirse a vulcanizados. Cada uno de los monómeros que se unen entre sí para formar el polímero está normalmente compuesto de carbono, hidrógeno, oxígeno o silicio. Los elastómeros son polímeros amorfos que se encuentran sobre su temperatura de transición vítrea o T_g , de ahí esa considerable capacidad de deformación. A temperatura ambiente las gomas son relativamente blandas ($E \sim 3\text{MPa}$) y deformables.

Se usan principalmente para cierres herméticos, adhesivos y partes flexibles. Comenzaron a utilizarse a finales del siglo XIX, dando lugar a aplicaciones hasta entonces imposibles (como los neumáticos de automóvil).

PU (Poliuretano) y PUR (Poliuretano rígido). Son la base de diversos elastómeros. Poseen una excelente resistencia a la abrasión y una notable resistencia al desgarramiento. Son muy resistentes al aceite y a la gasolina, absorben perfectamente las vibraciones, y son además grandes aislantes térmicos. El poliuretano conforma también la base del material denominado RIM (poliuretano de reacción de moldeado por inyección) y del R-RIM (poliuretano reforzado).

Usos: Cantoneras, revestimientos interiores, asientos, etc. Se utiliza principalmente como tapicería de asientos. (págs. 130-154; AGUEDA, y otros)

Figura 14. Poliuretano



Fuente: Autores

2.6.3 Materiales compuestos. Son aquellos materiales que se forman por la unión de dos materiales para conseguir la combinación de propiedades que no es posible obtener en los materiales originales. Estos compuestos pueden seleccionarse para lograr combinaciones poco usuales de rigidez, resistencia, peso, rendimiento a alta temperatura, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad. Los materiales son compuestos cuando cumplen las siguientes características:

- Están formados de 2 o más componentes distinguibles físicamente y separables mecánicamente.
- Presentan varias fases químicamente distintas, completamente insolubles entre sí y separadas por una interfase.
- Sus propiedades mecánicas son superiores a la simple suma de las propiedades de sus componentes (sinergia).
- No pertenecen a los materiales compuestos, aquellos materiales polifásicos; como las aleaciones metálicas, en las que mediante un tratamiento térmico se cambian la composición de las fases presentes.

Estos materiales nacen de la necesidad de obtener materiales que combinen las propiedades de los cerámicos, los plásticos y los metales. Por ejemplo en la industria

del transporte son necesarios materiales ligeros, rígidos, resistentes al impacto y que resistan bien la corrosión y el desgaste, propiedades éstas que rara vez se dan juntas.

Dentro de todos los materiales compuestos el más usado es: Materiales Compuestos reforzados con fibras suelen ser un agente reforzante como una fibra fuerte: fibra de vidrio, cuarzo, kevlar, Dyneema o fibra de carbono que proporciona al material su fuerza a tracción, mientras que otro componente (llamado matriz) que suele ser una resina como epoxy o poliéster que envuelve y liga las fibras, transfiriendo la carga de las fibras rotas a las intactas y entre las que no están alineadas con las líneas de tensión. También, a menos que la matriz elegida sea especialmente flexible, evita el pandeo de las fibras por compresión. Algunos compuestos utilizan un agregado en lugar de, o en adición a las fibras.

En términos de fuerza, las fibras (responsables de las propiedades mecánicas) sirven para resistir la tracción, la matriz (responsable de las propiedades físicas y químicas) para resistir las deformaciones, y todos los materiales presentes sirven para resistir la compresión, incluyendo cualquier agregado.

Los golpes o los esfuerzos cíclicos pueden causar que las fibras se separen de la matriz, lo que se llama de laminación.

El material más utilizado en la industria automotriz es la fibra de vidrio por sus buenas características citadas anteriormente y su uso está en los asientos de autobuses, paredes y techos internos, etc.(TECNOLOGIADELOSPASTICOS.BLOGSPOT.COM, 2013)

Figura 15. Aplicación de la fibra de vidrio



Fuente:Autores

2.6.4 Tejidos. Es un producto textil es el resultado de tejer hilos, filamentos o fibras para formar una tela, este tipo de material es muy utilizado en el recubrimiento de los interiores de los vehículos específicamente en la tapicería de los asientos. El más utilizado en este tipo de aplicación es:

El damasco es un tipo de tejido del tipo sarga o raso, en el cual por un lado la trama sirve de fondo y la urdimbre forma los dibujos. Muy utilizado en el recubrimiento de asientos para buses.(ES.SCRIBD.COM, 2013)

Descripción:

- Nombre: Damask.
- Tipo: Tejido plano
- Construcción: Ligamento saten 4 x 1 / Sarga
- Densidad: 35 (U) /15 (T)
- Peso: 250 - 300 g/m²
- Hilados: 30/2 (U) / 8,5 (T) Ne
- Fibras: Algodón 100%, Lino, Viscosa, Seda, Mezclas
- Características: Tejido Jacquard con efectos mates y brillantes sin doble cara.
- Principales usos: Forros de asientos de autobuses, Mantelería, Cortinería, etc.(REDTEXTILARGENTINA.COM, 2013)

Figura 16. Aplicación de los tejidos



Fuente: Autores

Tabla 5. Características para la identificación de plásticos

| Tipo de plástico | Nombre | Aplicación | Temp. | Arde | Color de la llama | Forma de la llama | Humo |
|-------------------------------------|---------------|---|----------|------|-----------------------|--------------------------|----------------------|
| Acrilonitrilo butadieno estireno | Abs | Rejilla radiador, tapacubos. | 300 | Bien | Amarillo anaranjado | Alargada | Muy negro |
| Abs policarbonato alpha | Abs-pc-alpha | Paragolpes, carenados de motos | 300-350 | Bien | Amarillo | Irregular y ancha | Negro |
| Etileno propileno caucho propileno | Epdmpa | Spoiler, revestimientos interiores y exteriores | 275-300 | Bien | Amarillo y azulada | Regular y baja | Suave |
| Poliamida | Pa | Tapacubos, rejillas radiador | 350-400 | Mal | Amarillo claro | Irregular, herbosa | No |
| Policarbonato | Pc | Parachoques, ensanchamientos de ruedas | 300 | Mal | Amarillo oscuro | Irregular | Negro Amarillento |
| Policarbonato polibutileno | Pc- pbtpxenoy | Rejillas, revestimientos | 300- 350 | Bien | Amarillo | Ancha irregular | Negro |
| Polietileno | Pe | Depósitos, baterías, calefacción-Ventilación | 275-300 | Mal | Amarillo claro y azul | Ancha, corta e irregular | No |
| 27 Polipropileno | Pp | Depósitos de expansión, canalizaciones-ventilación | 275-300 | Bien | Amarillo claro | Alta, muy irregular | Suave |
| Oxido de polifenileno | Ppo | Cantoneiras, salpicaderos | 350-400 | Bien | Amarillo claro, azul | Irregular y baja | No |
| Cloruro de polivinilo | Pvc | Plastificados y revestimientos de radiador | 265-300 | Mal | Amarillo y azul | Ancha e irregular | Negro |
| Resina epoxi | Ep | Adhesivo | | Bien | Amarilla | Irregular | Negro |
| Poliesterinsatur. + fibra de vidrio | Gup | Portones, capos, isotermos | | Mal | Amarillo y azul | Regular | Negro |
| Poliuretano reticulado | Pur | Espuma integral, derivados, paragolpes, spoilers, cantoneiras | | Bien | Amarillo anaranjado | Irregular y ancha | Negro |
| Poliester insaturado | Pu | Apoya brazos, relleno de asientos, Salpicaderos | | | | Brillante y clara | |

| Nombre | Desprende hollín | Chisporroteo | Goteo | Resto del residuo | Autoapagado | Olor al apagado |
|--------------|------------------|---------------|------------------------|-------------------------|-------------|------------------------|
| Abs | Si, copos | Si | Si, alargado | Carbonizado | No | Dulzón a goma |
| Abs-pc alpha | Si | Si | Incandescente | Carbonizado | No | Dulzón a goma |
| Epdmpa | No | No | Goteo Rápido | Gota plana | No | Cera y a goma |
| Pa | No | Si | Goteo Lento | Gota cristalizada | No | Agrio y cuerno quemado |
| Pc | Si | Si | Acaramelado | Carbonizado, cristalino | Si | Agridulce |
| Pc-pbtpxenoy | Si | Si | Incandescente | Carbonizado | No, fácil | Dulzón y a carburo |
| Pe | No | Si | Gota muy incandescente | Gota plana | No | Cera |
| Pp | No | No | Goteo Rápido | Gota plana como vela | No | Aceite |
| Ppo | No | Si | Residuo carbonizado | Carbonizado ceniza | No | A ropa quemada |
| Pvc | No | Si | Descolgado | Carbonizado | Si | Cable eléctrico |
| Ep | No | Si, como humo | Se contrae | Incandescente | Si | Carne quemada |
| Gup | No | No | No | No | No | |
| Pur | No | Si | Incandescente | Irregular carbonizado | No | Irritante |
| Pur | | | Forma copos | | | Dulce y desagradable |

Fuente: Elementos mecánicos y sintéticos, Eduardo Águeda, Joaquín Gracia, José Navarro, J.L. García, Tomás Gómez-Página 158-159

2.7 Equipo para ensayos de inflamabilidad

2.7.1 Acero inoxidable. En metalurgia, el acero inoxidable se define como una aleación de acero con un mínimo de 10 % de cromo contenido en masa. Otros metales que puede contener por ejemplo son el molibdeno y el níquel.

El acero inoxidable es un acero de elevada resistencia a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales aleantes que contiene, poseen gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro (los metales puramente inoxidables, que no reaccionan con oxígeno son oro y platino, y de menor pureza se llaman resistentes a la corrosión, como los que contienen fósforo). Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro sea atacado y oxidado por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno.

Figura 17. Fuentes de acero inoxidable



Fuente: <http://www.cotersadecv.com/bajas.html>

2.7.1.1 Clasificación de los aceros inoxidables. El acero inoxidable puede ser clasificado en cinco familias diferentes; cuatro de ellas corresponden a las particulares estructuras cristalinas formadas en la aleación: austenita, ferrita, martensita y dúplex (austenita mas ferrita); mientras que la quinta son las aleaciones endurecidas por precipitación, que están basadasmás en el tipo de tratamiento térmico usado que en la estructura cristalina.

Tabla 6. Propiedades generales de los aceros inoxidable

| PROPIEDADES GENERALES DE LOS ACEROS INOXIDABLES | | | | | |
|---|---------------------------|------------|------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo | Resistente a la corrosión | Dureza | Magnéticos | Endurecibles por Tratamiento Térmico | Soldabilidad |
| Martensíticos | Baja | Alta | Si | Si | Pobre |
| Ferríticos | Buena | Media-Baja | Si | No | Limitada |
| Austeníticos | Excelente | Alta | No | No | Excelente |

Fuente:<http://bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>.

El tipo de material utilizado en la construcción del equipo de ensayos de inflamabilidad es el AISI 304, ya que tiene propiedades adecuadas para una gran cantidad de aplicaciones. Se recomienda para construcciones ligeras soldadas que requieran buena resistencia a la corrosión.

Tiene buen desempeño en temperaturas elevadas (800 a 900° C) y buenas propiedades mecánicas. Es recomendable cuando se requiera soldar altos espesores de material. Algunas aplicaciones son equipo químico de proceso, accesorios para aviones, remaches, equipo para hospitales, etc.(BONNET, 2013)

2.7.2 Circuitos y componentes electrónicos. Los componentes electrónicos convierten en señal eléctrica procedente del exterior (Luz, sonido, temperatura, etc.). Procesan estas señales y la transforman en otra fuente de energía, que produce otro efecto (activa un timbre, hace vibrar un altavoz, etc.)

Los dispositivos electrónicos están compuestos de circuitos electrónicos.

Un circuito electrónico es una asociación de componentes que funcionando en conjunto, realizan un determinado tratamiento de las señales eléctricas (generan ondas, aumentan potencia, etc.). Un circuito electrónico consta de componentes activos, son aquellos capaces de generar, modificar o ampliar una señal eléctrica.

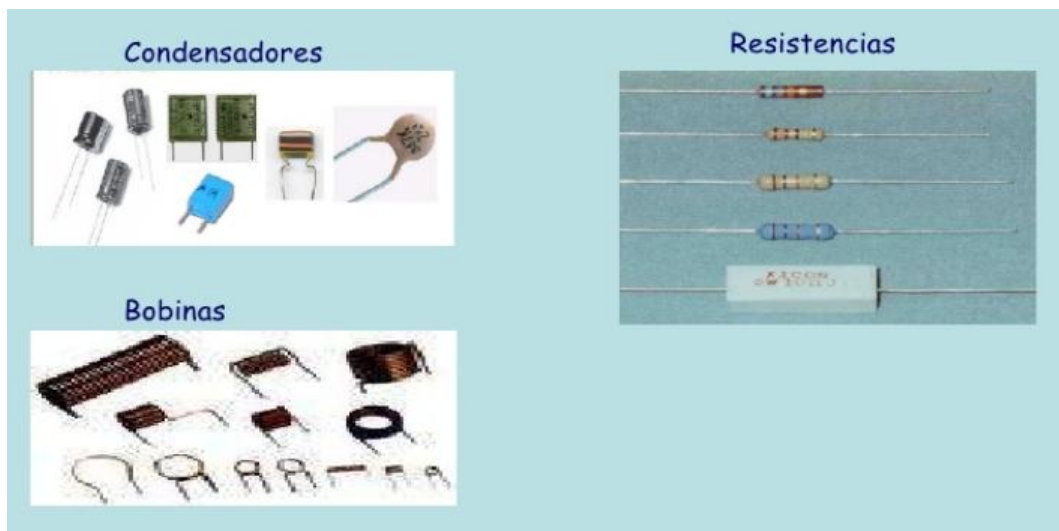
Figura 18. Componentes electrónicos activos



Fuente: <http://www.slideshare.net/julioserranoserrano/circuitos-elctricos-y-electronicos-6929416>

Y componentes pasivos, aquellos que no proporcionan ganancia, pero si consumen energía eléctrica.

Figura 19. Componentes electrónicos pasivos



Fuente: <http://www.slideshare.net/julioserranoserrano/circuitos-elctricos-y-electronicos-6929416>

2.7.2.1 Microcontroladores. Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes: Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso). Memoria RAM para Contener los datos. Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM. Líneas de E/S para comunicarse con el exterior. Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.). Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema. Los productos que para su regulación incorporan un microcontrolador disponen de las siguientes ventajas: Aumento de prestaciones: un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo. Aumento de la fiabilidad: al reemplazar el microcontrolador por un elevado número de elementos disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes. Reducción del tamaño en el producto acabado: La integración del microcontrolador en un chip disminuye el volumen, la mano de obra y los stocks. Mayor flexibilidad: las características de control están programadas por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.

El microcontrolador es en definitiva un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Debido a su reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna. En este caso el controlador recibe el nombre de controlador empotrado (embedded controller). (GALEON.COM, 2013)

Figura 20. Microcontrolador



Fuente: Autores

Los PIC más utilizados son:

- PIC12C508/509 (encapsulamiento reducido de 8 pines, oscilador interno, popular en pequeños diseños como el iPod remote).
- PIC12F629/675
- PIC16F84 (Considerado obsoleto, pero imposible de descartar y muy popular)
- PIC16F84A (Buena actualización del anterior, algunas versiones funcionan a 20 MHz, compatible 1:1)
- PIC16F628A (Es la opción típica para iniciar una migración o actualización de diseños antiguos hechos con el PIC16F84A. Posee puerto serial, módulos de comparación análoga, PWM, módulo CCP, rango de operación de voltaje aumentado, entre otras)
- PIC16F88 (Nuevo sustituto del PIC16F84A con más memoria, oscilador interno, PWM, etc que podría convertirse en popular como su hermana).

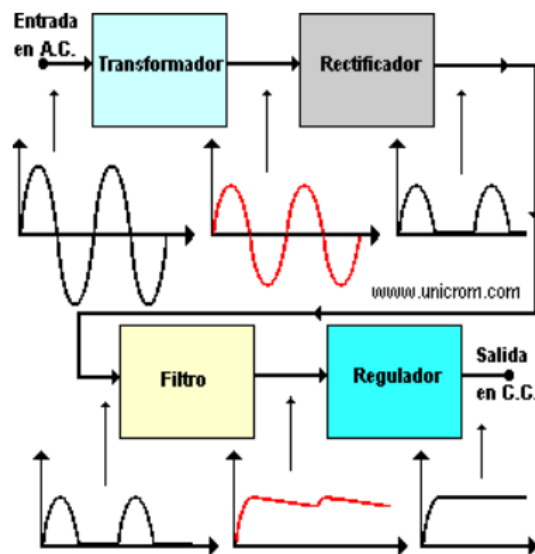
La subfamilia PIC16F87X y PIC16F87XA (los hermanos mayores del PIC16F84 y PIC16F84A, con cantidad de mejoras incluidas en hardware. Bastante común en proyectos de aficionados).

- PIC16F886/887 (Nuevo sustituto del 16F876A y 16F877A con la diferencia que el nuevo ya se incluye oscilador interno).
- PIC16F193x (Nueva gama media de PIC optimizado y con mucha RAM, ahora con 49 instrucciones por primera vez frente a las 35 de toda la vida).
- PIC18F2455 y similares con puerto USB 2.0
- PIC18F2550 manejo de puertos USB 2.0 y muy versátil.
- dsPIC30F3011 (Ideales para control electrónico de motores eléctricos de inducción, control sobre audio, etc).

- PIC32 (Nueva gama de PIC de 32 bits, los más modernos ya compatible con USB 2.0). (ARENCIBIA, 2013)

2.7.2.2 Fuente de poder. Esta fuente está constituida por varios elementos, transformador, rectificador y filtro, acoplando estos cuatro elementos para convertir 120 V de CA a 24, 12, 9, etc. de CD.

Figura 21. Transformador, rectificador, filtro y regulador



Fuente: http://www.unicrom.com/Tut_fuente poder_transformador_rectificador_filtro_regulador.asp

2.7.2.3 Transformador. El transformador entrega en su secundario una señal con una amplitud menor a la señal de entrada, la señal que se entrega en el secundario del transformador deberá tener un valor acorde a la tensión (voltaje) final, de corriente continua, que se desea obtener.

Es decir los transformadores se utilizan para disminuir o elevar voltajes de corriente alterna. En nuestro caso para disminuir el voltaje.

2.7.2.4 Rectificador. El rectificador convierte la señal anterior en una onda de corriente continua pulsante, y en el caso del diagrama, se utiliza un rectificador de 1/2 onda (elimina la parte negativa de la onda.)

Los rectificadores están formados por diodos y se utilizan en el proceso de transformación de una señal de corriente alterna a corriente continua, permitiendo el paso o no de los semiciclos de ondas de corriente alterna.

2.7.2.5 Filtro. El filtro, formado por uno o más condensadores (capacitores), alisa o aplanan la onda anterior eliminando el componente de corriente alterna (CA) que entregó el rectificador.

Los capacitores se cargan al valor máximo de voltaje entregado por el rectificador y se descargan lentamente cuando la señal pulsante desaparece.

Los filtros, pueden ser de varios tipos y se utilizan para eliminar los componentes de C.A. no deseados.

2.7.2.6 Regulador de voltaje. El regulador recibe la señal proveniente del filtro y entrega un voltaje constante sin importar las variaciones en la carga o del voltaje de alimentación.

Figura 22. Regulador de voltaje



Fuente:Autores

Los reguladores son un grupo de elementos o un elemento electrónico, que se encarga de que el voltaje de salida no varíe de su valor nominal en cualquier condición.

2.7.2.7 Relés. Conmutador eléctrico especializado que permite controlar un dispositivo de gran potencia mediante un dispositivo de potencia mucho menor. Un relé está formado por un electroimán y unos contactos conmutadores mecánicos que son impulsados por el electroimán.

Éste requiere una corriente de sólo unos cientos de miliamperios generada por una tensión de sólo unos voltios, mientras que los contactos pueden estar sometidos a una tensión de cientos de voltios y soportar el paso de decenas de amperios. Por tanto, el conmutador permite que una corriente y tensión pequeñas controlen una corriente y tensión mayores. Técnicamente un relé es un aparato electromecánico capaz de accionar uno o varios interruptores cuando es excitado por una corriente eléctrica.(UNICROM.COM, 2013)

Figura 23. Relé



Fuente:Autores

2.7.2.8 Válvula solenoide. Dispositivo operado eléctricamente variando la corriente que circula a través de un solenoide (conductor ubicado alrededor de un émbolo, en forma de bobina) y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada. Al circular la corriente por el solenoide genera un campo magnético que atrae el émbolo móvil, al finalizar el efecto del campo magnético, el émbolo vuelve a su posición por efecto de la gravedad, un resorte o por presión del fluido a controlar.

Figura 24. Válvula solenoide



Fuente: http://www.ecured.cu/index.php/V%C3%A1lvula_solenoide

Se hallan muchos tipos de válvulas de solenoide. Todas ellas trabajan con el principio físico antes descrito, sin embargo se pueden agrupar de acuerdo a su aplicación, construcción o forma. Acción Directa u Operadas mediante piloto, normalmente abierta o normalmente cerrada y de acuerdo al número de vías.

Al escoger una válvula, debemos tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Fluido a controlar (características de viscosidad y pH)
- Rangos de Presión con los que se desea trabajar (MOPD y MinOPD)
- Temperatura del fluido (y del medio externo).
- Tipo de cañería o conexión (tamaño y estilo).
- Características eléctricas de la válvula (rangos de voltaje que trabaja; CD o CA)
- Opciones específicas para la aplicación:
 - Normalmente abierta o cerrada.
 - Presión segura de trabajo (SWP)
 - Con o sin vástago manual, etc. (ECURED.CU, 2013)

2.7.2.9 LCD (Pantalla de cristal líquido). Una pantalla de cristal líquido o LCD (sigla del inglés liquid crystal display) es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora.

A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.

Figura 25. Pantalla LCD



Fuente: Autores

Las Pantallas de cristal, están altamente difundidas en la actualidad. Son muy útiles porque permiten mostrar información o datos de manera muy clara. La mayoría de los electrodomésticos y diversos equipos electrónicos traen uno o varios de ellos porque presentan la gran ventaja del bajo consumo de potencia.(OOCITIES.ORG, 2013)

2.7.2.10 Potenciómetro. Un potenciómetro es un componente electrónico similar a los resistores pero cuyo valor de resistencia en vez de ser fijo es variable, permitiendo controlar la intensidad de corriente a lo largo de un circuito conectándolo en paralelo o la caída de tensión al conectarlo en serie.

Un potenciómetro es un elemento muy similar a un reóstato, la diferencia es que este último disipa más potencia y es utilizado para circuitos de mayor corriente, debido a esta característica, por lo general los potenciómetros son generalmente usados para variar el voltaje en un circuito colocados en paralelo, mientras que los reóstatos se utilizan en serie para variar la corriente.

Figura 26. Potenciómetro



Fuente: Autores

Los usos más comunes del potenciómetro son los referidos al control de funciones de equipos eléctricos, como el volumen en los equipos de audio y el contraste o el brillo en la imagen de una pantalla LCD.

2.7.2.11 Teclado matricial. Un teclado matricial es un simple arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos. Un teclado matricial 4×4 solamente ocupa 4 líneas de un puerto para las filas y otras 4 líneas para las columnas, de este modo se pueden leer 16 teclas utilizando solamente 8 líneas de un microcontrolador.

Figura 27. Teclado matricial



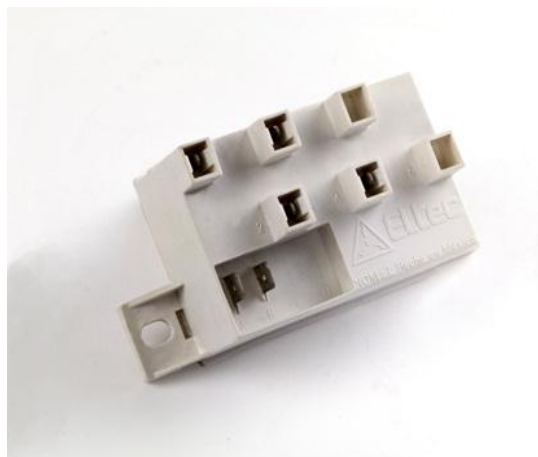
Fuente: Autores

El teclado matricial proporciona una interfaz sencilla de entrada de datos. Sus usos pueden ser tan variados como aplicaciones que precisen de la introducción manual de datos puedan ocurrírsele al diseñador. Desde una calculadora, pasando por una cerradura codificada, un termostato programable, etc.(INGENIATIC.EUITT.UPM.ES, 2013)

2.7.2.12 *Módulo electrónico de ignición por chispa.* Es un medio de encendido instantáneo para todos los electrodomésticos que funcionan mediante gas. El sistema está compuesto por las series EI y EBI de módulos electrónicos de ignición por chispas, y la serie B de electrodos/bujía.

Los módulos de la serie EI operan con 120V o 220V CA y producen un tren de chispas en las bujías, de manera que si el gas está presente, la energía liberada por la chispa lo enciende, aun en condiciones de uso extremas.

Figura 28. Módulo electrónico de ignición por chispa



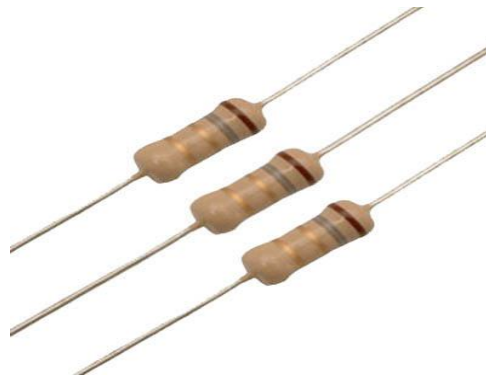
Fuente: Autores

Los módulos de la serie EBI operan con una pila alcalina (AA, AAA y 9V) por lo que son la solución ideal para los electrodomésticos alejados de un contacto de corriente alterna que utilizan gas como combustible, como parrillas, estufas, cocinas portátiles, chimeneas entre otros.

Las series EI y EBI se pueden fabricar con dos tipos de salidas: salida continua que produce chispas cuando el interruptor está encendido, o salida de reignición que en ausencia de flama produce chispas. El cliente puede solicitar cualquier combinación con un máximo de ocho salidas en total. (ELTEC.MX, 2013)

2.7.2.13 Resistencias. Propiedad de un objeto o sustancia que hace que se resista u oponga al paso de una corriente eléctrica. La resistencia de un circuito eléctrico determina según la llamada ley de Ohm cuánta corriente fluye en el circuito cuando se le aplica un voltaje determinado. La unidad de resistencia es el ohmio, que es la resistencia de un conductor si es recorrido por una corriente de un amperio cuando se le aplica una tensión de 1 voltio. La abreviatura habitual para la resistencia eléctrica es R, y el símbolo del ohmio es la letra griega omega, Ω . En algunos cálculos eléctricos se emplea el inverso de la resistencia, $1/R$, que se denomina conductancia y se representa por G. La unidad de conductancia es siemens, cuyo símbolo es S. Aún puede encontrarse en ciertas obras la denominación antigua de esta unidad, mho.

Figura 29. Resistencias



Fuente: Autores

Tabla 7. Código de colores de las resistencias

| Color | 1era y 2da banda | 3ra banda | 4ta banda | |
|----------|--------------------------------|----------------------|------------|--------|
| | 1era y 2da cifra significativa | Factor multiplicador | Tolerancia | % |
| plata | | 0.01 | | +/- 10 |
| oro | | 0.1 | | +/- 5 |
| negro | 0 | $\times 1$ | Sin color | +/- 20 |
| marrón | 1 | $\times 10$ | Plateado | +/- 1 |
| rojo | 2 | $\times 100$ | Dorado | +/- 2 |
| naranja | 3 | $\times 1,000$ | | +/- 3 |
| amarillo | 4 | $\times 10,000$ | | +/- 4 |
| verde | 5 | $\times 100,000$ | | |
| azul | 6 | $\times 1,000,000$ | | |
| violeta | 7 | | | |
| gris | 8 | $\times 0.1$ | | |
| blanco | 9 | $\times 0.01$ | | |

Fuente: http://www.unicrom.com/TuT_codigocolores.asp

2.7.2.14 Condensador o Capacitor. El condensador es uno de los componentes más utilizados en los circuitos eléctricos.

Un condensador es un componente pasivo que presenta la cualidad de almacenar energía eléctrica. Está formado por dos láminas de material conductor (metal) que se encuentran separados por un material dieléctrico (material aislante). En un condensador simple, cualquiera sea su aspecto exterior, dispondrá de dos terminales, los cuales a su vez están conectados a las dos laminas conductoras.(INELE.UFRO.CL, 2013)

Figura 30. Capacitores

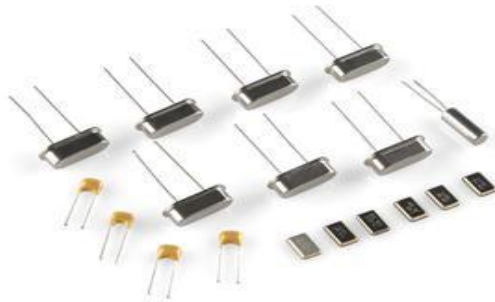


Fuente: <http://www.capacitores.net>

2.7.2.15 Oscilador electrónico. Un oscilador electrónico es un circuito electrónico que produce una señal electrónica repetitiva, a menudo una onda senoidal o una onda cuadrada.

Un oscilador de baja frecuencia (o LFO) es un oscilador electrónico que engendra una forma de onda de C.A. entre 0,1 Hz y 10 Hz. Este término se utiliza típicamente en el campo de sintetizadores de audiofrecuencia, para distinguirlo de un oscilador de audiofrecuencia. (CIRCUITOSOSCILADORES.BLOGSPOT.COM, 2013)

Figura 31. Oscilador electrónico



Fuente: <http://www.5hz-electronica.com/kitdecrisales.aspx>

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CÁLCULO DEL EQUIPO

3.1 Generalidades

Para el diseño del equipo o cámara de combustión se considerará la fundamentación teórica descrita en la NORMA ISO 3795, rigiéndonos en las especificaciones, parámetros, variables, consideraciones y recomendaciones prescritas en su contenido.

La NORMA ISO 3795 tiene limitada explicación acerca de parámetros de diseño del equipo, por tanto, se hará uso de US-FMVSS 302 (United States Federal Motor Vehicle Safety Standard) la cual tiene una extensiva información sobre procedimientos de ensayo.

3.1 Descripción del equipo

Previo al diseño o selección de componentes del equipo para ensayos, se debe conocer el funcionamiento del mismo.

EL equipo para evaluar el grado de inflamabilidad de materiales que se utiliza en el recubrimiento interno de vehículos de motor, consiste en introducir un determinado material en una cámara de combustión, para aplicar una pequeña flama por un tiempo pre-establecido, esto hace que el material esté en íntimo contacto con el fuego. Mediante la visualización se podrá determinar si el material no se inflama, se auto-extingue o se inflama en su totalidad, si el material se comporta de los dos últimos casos, se podrá medir su velocidad de combustión.

Con estos resultados se puede concluir si el material es o no apto para utilizar en la industria carrocera.

Una vez revisada y analizada la información proporcionada por ISO 3795 y US-FMVSS 302, se recopiló la parte teórica de funcionalidad del equipo a diseñar, la cual consiste principalmente en:

- Una cámara de combustión de acero inoxidable resistente al calor.
- Un visor frontal como ventana de observación resistente a la llama.
- Un portamuestras constituido por dos placas metálicas en forma de U.
- Un quemador a gas (Mechero de Bunsen) el cual va a proporcionar la llama que va a permitir realizar el ensayo.
- Cronómetros con una precisión de 0.5 segundos.

Los elementos enumerados anteriormente forman la estructura o la base fundamental del equipo.

Cada componente cumple una función específica, para lo cual se debe diseñar y seleccionar adecuadamente los parámetros o variables para la construcción y/o ensamble del conjunto.

3.2 Cálculo térmico

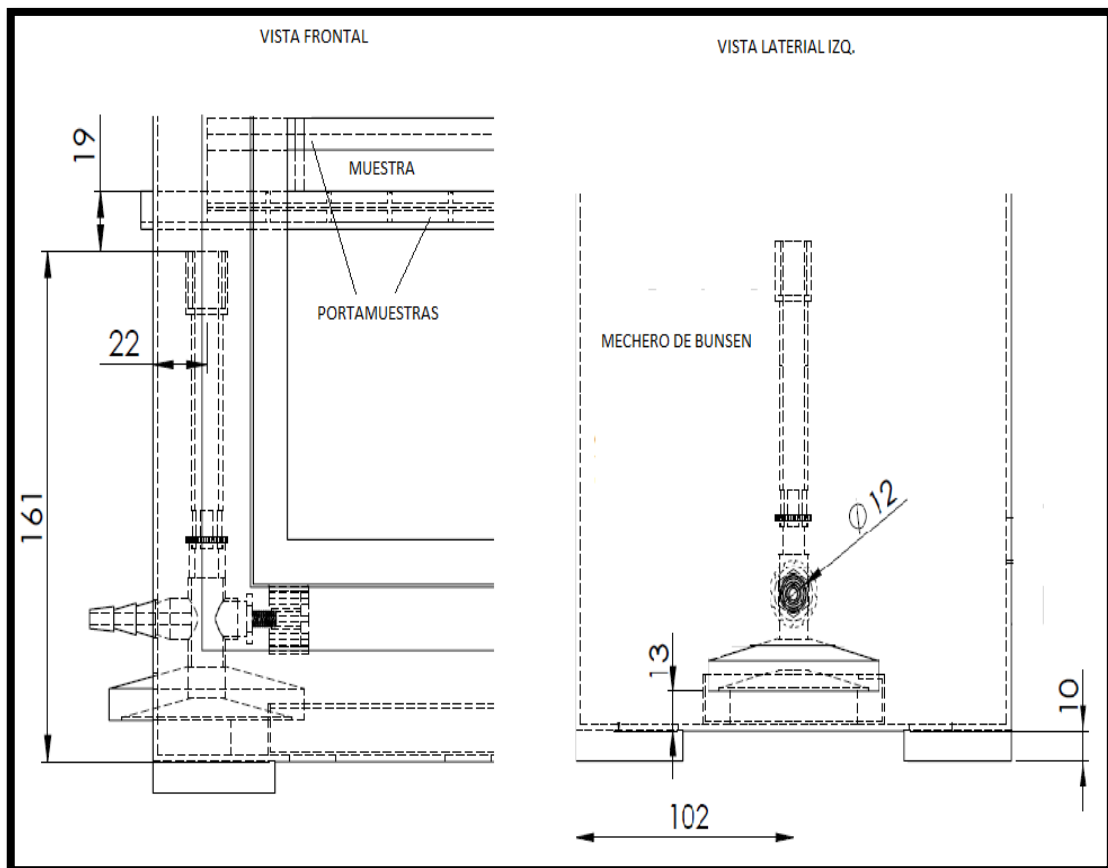
En el diseño térmico se requerirá información de datos iniciales, los cuales son exigencias dadas o especificadas en la NORMA ISO 3795, esto se detallará en cada componente que constituye el equipo.

Para empezar con el cálculo se debe mencionar que el equipo estará compuesto o formado por una sola capa de acero inoxidable a condiciones ambientales normales.

3.2.1 Quemador a gas. Es la parte primordial del equipo debido a que será la fuente de ignición, proporcionando una llama estable de 38 mm de altura a partir de la boquilla del quemador que tiene un diámetro interno de 9,5mm, el centro del mechero de Bunsen estará a una distancia de 22 mm desde la parte interna izquierda de la cámara de combustión y estando la llama en íntimo contacto con la muestra por un tiempo especificado de 15 segundos y espaciados por una distancia de 19 mm entre boquilla y espécimen como se muestra en la figura 32.

Este quemador a gas ha sido seleccionado mediante la disposición en su medida en el mercado nacional, encontrando disponible un mechero de Bunsen con regulador de llama tipo aguja y con 10mm de diámetro interno de boquilla.

Figura 32. Mechero de Bunsen



Fuente: Autores

3.2.2 Combustible. Como dato de entrada se requiere un poder calorífico aproximado de 38MJ/m^3 , lo cual corresponde al calor liberado por el GAS NATURAL con un valor calorífico neto de $38,116\text{MJ/m}^3$, siendo éste el combustible idóneo a utilizar en el equipo, pero éste tipo de combustible no se lo encuentra en el país, lo cual por motivos económicos, de disposición y fácil adquisición se utilizará el Gas Licuado de Petróleo (GLP) que tiene un poder calorífico de 12037 kcal/kg , que es equivalente al del gas natural que transformado a unidades de masa como se utilizará para los respectivos cálculos es de 13477 kcal/kg .

Además, como se mencionó al principio del capítulo sobre la extracción de información de la US-FMVSS 302 por tener mayor información, se extraerá el literal en donde menciona que el gas utilizado debe proporcionar una temperatura de llama igual o similar a la temperatura de la llama proporcionada por el Gas Natural.

Tabla 8. Temperaturas de llama en el aire del gas natural y GLP

| PRODUCTO | TEMP. MAX. DE LA LLAMA EN EL AIRE(°C) |
|-------------------------|---------------------------------------|
| GAS NATURAL | 1940 |
| GAS LICUADO DE PETRÓLEO | 1990 |

Fuente: http://www.carbueros.com/productos_sectores/glass_oxyfueltech.html#9215

http://www.austrogas.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=23

Por lo tanto el combustible a utilizar será el Gas Licuado de Petróleo por tener un poder calorífico en unidades de masa casi igual a la del Gas Natural y una temperatura de llama similar al mismo gas.

3.2.3 Cálculo del calor útil para iniciar la flama en la muestra. El calor útil es la energía absorbida por la muestra a ensayar, éste será un valor constante, independientemente del material que se someta a las pruebas. Conocida la temperatura a la que debe llegar la llama emitida por la boquilla del quemador, tomando en cuenta el material con la temperatura más crítica para su ignición y los demás parámetros de diseño, aplicamos la siguiente fórmula:

$$Q_{util} = \frac{m \times C_p \times (T_f - T_0)}{t} \quad (10)$$

Dónde:

Q útil = cantidad de calor en kcal/h.

m = masa de la carga en kg.

Cp= Calor específico del material en Cal/gr. °C.

Tf= Temperatura final en °C

To= Temperatura inicial en °C

t = tiempo en horas.

Para obtener los datos de la muestra a ensayar, se ha considerado el material más crítico utilizado en revestimientos internos de vehículos, el Poliamida (PA) o nylon, es decir el que presenta un mayor punto de inflamación, lo cual conllevará a obtener un calor útil suficiente para abastecer a cualquier tipo de material.

Datos del material:

$$m = 0,53\text{kg.}$$

$$C_p = 0,4 \text{ Cal/gr. } ^\circ\text{C}$$

$$T_f = 420 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_o = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t = 75 \text{ seg} = 0,0208 \text{ h}$$

Se considera un tiempo de 0,0208 horas ya que el ensayo dura 15 segundos, pero al encender el quemador la llama debe estabilizarse durante 1 minuto previo a la colocación de la muestra o probeta.

Remplazando en la ecuación (10) se obtiene:

$$Q_{util} = \frac{0,53\text{Kg} \times 0,4 \frac{\text{Cal}}{\text{gr.}^\circ\text{C}} \times (420 - 23)^\circ\text{C}}{0,0208\text{h}}$$

$$Q_{util} = 4046,34 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 4,71 \text{ kW}$$

3.2.4 Cálculo del calor total requerido por el sistema. Para obtener el valor requerido o real de calor es necesario utilizar un factor de servicio, el cual sustituirá pérdidas producidas por falta o exceso de aire al reaccionar el combustible con dicho gas. Se asumirá un valor recomendado de pérdidas de energía por los ingenieros expertos en hornos.

$$F_s = 1,3$$

(Trinks W. Mawhinney M. 1975)

$$Q_{requerido} = Q_{util} \times F_s \quad (11)$$

$$Q_{requerido} = 4046,35 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \times 1,3 = 5260,24 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 6,123 \text{ kW}$$

3.2.5 Gasto del combustible. Para obtener la cantidad de combustible necesario partimos de la siguiente ecuación.

$$\dot{m}_c = \frac{Q_{requerido}}{H_{ci}} \quad (12)$$

Dónde:

\dot{m}_c = gasto de combustible en kg/h.

$Q_{requerido}$ = Consumo calorífico en kcal/h.

H_{ci} = Poder calorífico del gas en kcal/kg

Siendo $H_{ci} = 11345,18$ kcal/kg el poder calorífico inferior, para obtener el mayor gasto de combustible.

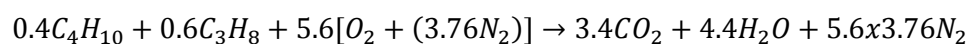
Remplazando en la ecuación (12) tenemos:

$$\dot{m}_c = \frac{5260,24 \frac{kcal}{h}}{11345,18 \frac{kcal}{kg}}$$

$$\dot{m}_c = 0,46 \frac{kg}{h}$$

3.3.6 Análisis estequiométrico. El Gas Licuado de Petróleo es un combustible gaseoso que está compuesto por Propano (C₃H₈), Butano (C₄H₁₀), Propileno (C₃H₆), Butileno (C₄H₈) e Isobutano ((CH₃)₂CHCH₃). Siendolo más habitual y representativo los dos primeros por lo que para el análisis estequiométrico se considera el 40% de Butano (C₄H₁₀) y 60% de Propano (C₃H₈). (PETROECUADOR, 2013)

3.3.6.1 Combustión con aire teórico. Esta combustión se la realiza en presencia de 100% de aire, obteniendo:



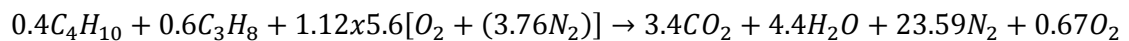
3.3.6.2 Combustión con exceso de aire. En la práctica es necesario la presencia de un exceso de aire para una mejor combustión, en nuestro caso tomaremos un valor medio del exceso de aire, el cual será de 12%.

Tabla 9. Exceso de aire

| Instalación de Combustión | Rango de l |
|-----------------------------------|------------|
| Motores de combustión | 0,8 - 1,2 |
| Instalación de combustión de gas | 1,1 - 1,3 |
| Quemador de petróleo | 1,2 - 1,5 |
| Quemador de carbón en polvo | 1,1 - 1,3 |
| Quemador de parrilla para lignito | 1,3 - 1,7 |

Fuente: <http://www.academiatesto.com.ar/cms/?q=rendimiento-de-la-combustion>

Y con 12% de aire tenemos:



3.3.6.3 Análisis volumétrico de los productos de la combustión. Siendo el número total de moles de los productos de la combustión:

$$n_T = n_{CO_2} + n_{H_2O} + n_{N_2} + n_{O_2} \quad (13)$$

$$n_T = 3.4 + 4.4 + 23.59 + 0.67$$

$$n_T = 32.06 \text{ moles}$$

El análisis volumétrico de los productos de la combustión es:

$$y_i = \frac{n_i}{n_T} \quad (14)$$

$$y_{CO_2} = \frac{3.4}{32.06} = 0,106$$

$$y_{H_2O} = \frac{4.4}{32.06} = 0,137$$

$$y_{N_2} = \frac{23.59}{32.06} = 0,735$$

$$y_{O_2} = \frac{0.67}{32.06} = 0,0208$$

3.3.6.4 Relación aire combustible. En base masa:

$$M_a = (n \times M)_a = (6.27 + 23.59) \times 29 = 865.99 \text{ kg}_a \quad (15)$$

$$M_c = \sum_{i=1}^k (n \times M)_c$$

$$M_c = [(0,6 \times 44.1) + (0,4 \times 58.12)]$$

$$M_c = 49.7 \text{ kg}_c$$

$$r_{a/c} = \frac{m_a}{m_c} \quad (16)$$

$$r_{a/c} = \frac{865.99}{49.7} = 17,42 \frac{\text{kg. aire}}{\text{kg. comb.}}$$

3.3.6.5 Gasto de aire. El gasto de aire reemplazando en la ecuación (16) es:

$$\dot{m}_a = r_{a/c} \times \dot{m}_c$$

$$\dot{m}_a = 17.42 \frac{\text{kg. aire}}{\text{kg. comb.}} \times 0.46 \frac{\text{kg. comb.}}{\text{h}} = 8.01 \frac{\text{kg. aire}}{\text{h}}$$

3.3.6.6 Densidad de los gases quemados. Para determinar el flujo de los productos de combustión, determinaremos la densidad de los mismos, a una temperatura media de 450 °C:

Tabla 10. Densidad de productos de combustión

| Producto de combustión | Densidad (kg/m ³) |
|------------------------|-------------------------------|
| CO ₂ | 0,74 |
| H ₂ O | 0,30 |
| N ₂ | 0,47 |
| O ₂ | 0,54 |

Fuente: <http://www.uco.es/~p32sebej/Energ%C3%A9tica/tablas.pdf>

$$\rho_p = y_{CO_2} \cdot \rho_{CO_2} + y_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O} + y_{N_2} \cdot \rho_{N_2} + y_{O_2} \cdot \rho_{O_2} \quad (17)$$

$$\rho_p = 0,106 \times 0,74 + 0,137 \times 0,30 + 0,735 \times 0,47 + 0,0208 \times 0,54$$

$$\rho_p = 0,476 \frac{kg}{m^3}$$

3.4 Diseño mecánico.

En la Norma ISO 3795, las dimensiones ya vienen especificadas, además en uno de sus párrafos menciona la serie de ensayos comparativos que se realizaron para investigar el problema de la ventilación de la cámara de combustión.

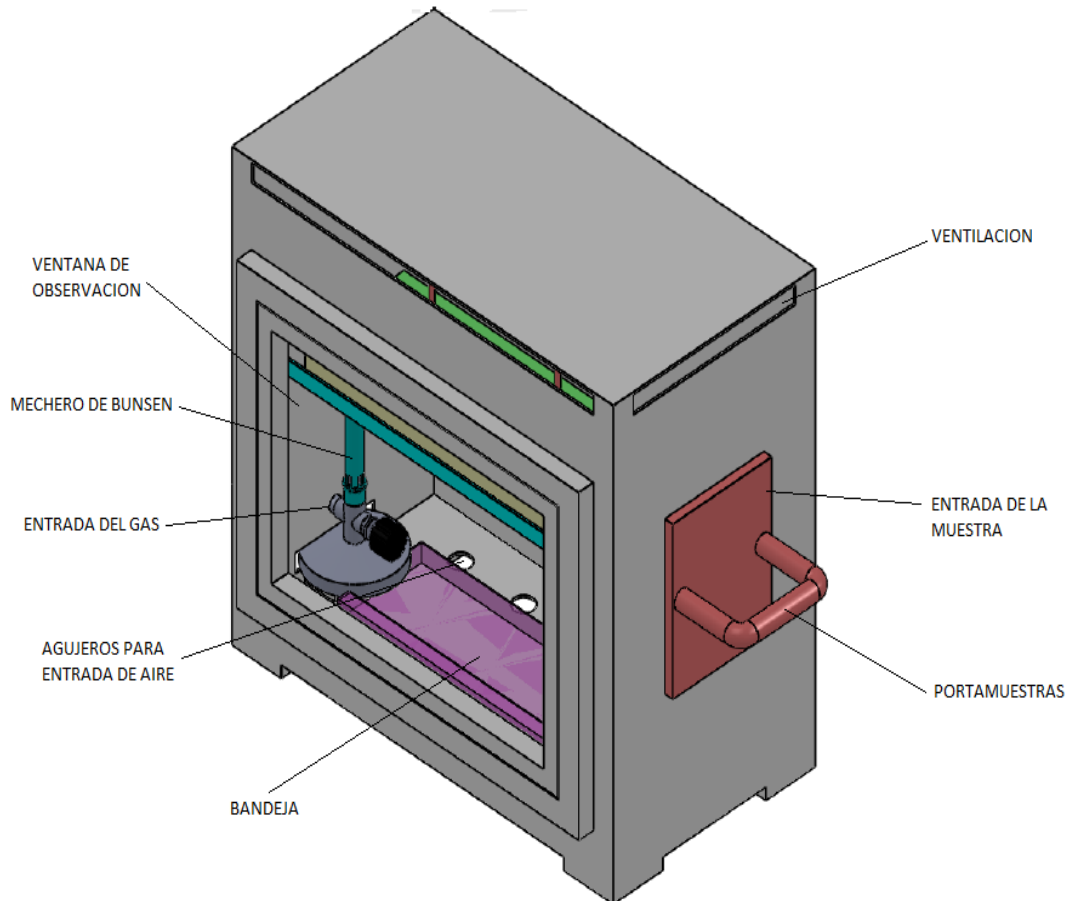
A continuación se enumerará cada uno de los componentes con sus respectivas medidas que forman parte del equipo.

3.4.1 Cámara de combustión. Es el cuerpo del equipo donde se ensamblará cada uno de los componentes que constituyen el mismo. Debe soportar altas temperaturas debido a que en su interior se realizará la combustión de las muestras. En la parte frontal de la cámara de combustión cuenta con una ventana de observación la cual puede ser utilizada como un panel de acceso, además debe constar con un vidrio resistente a la llama.

El vidrio es templado teniendo la siguiente característica por la que ha sido seleccionado:

Resiste al choque térmico de hasta 260°C, mientras que el vidrio común resiste solamente 60°C y se fractura.

Figura 33. Equipo para ensayos

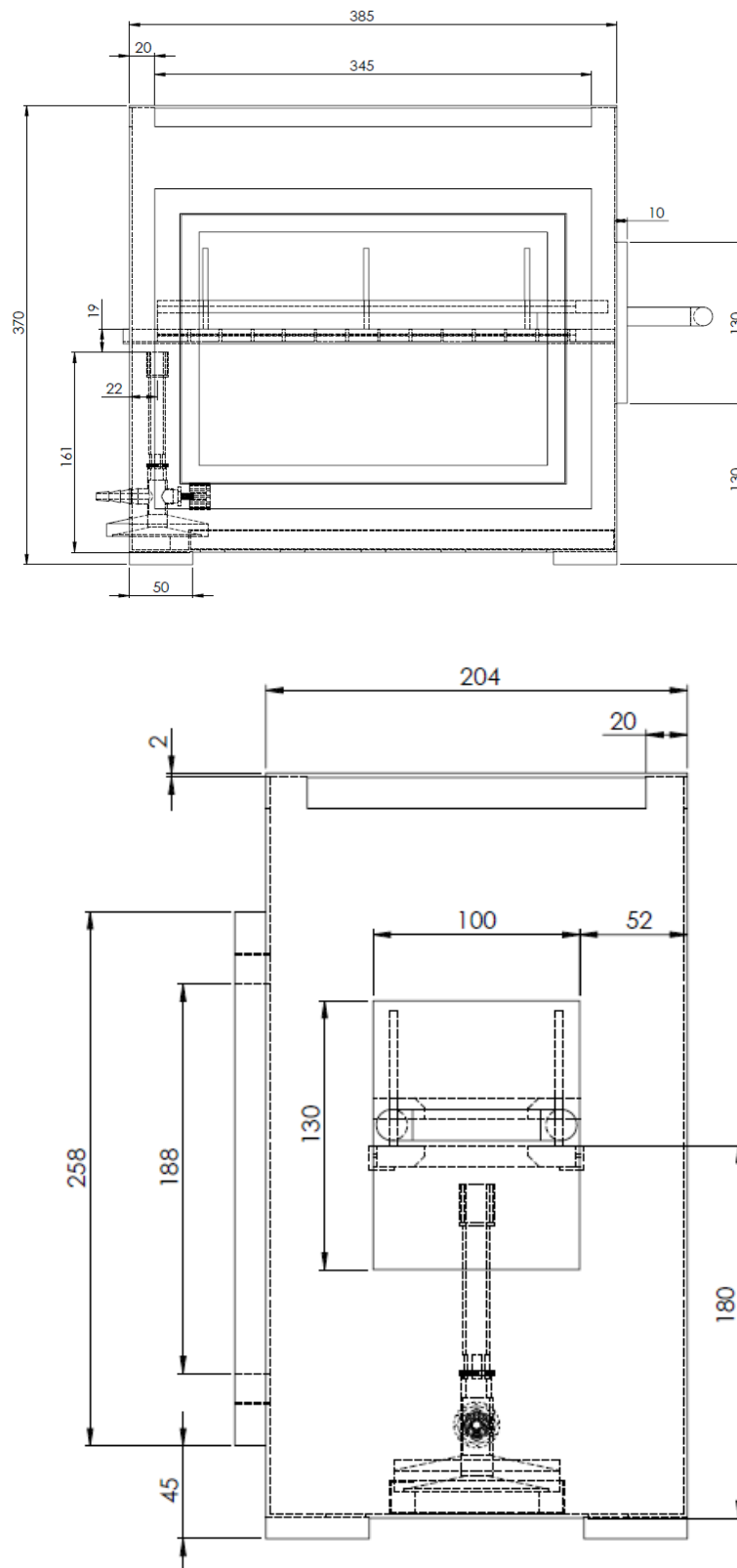


Fuente: Autores

Este elemento tiene forma cubica con 385 mm de ancho, una altura de 360 mm, 204 mm de profundidad y con una altura de 10 mm a partir del piso, en el fondo de la cámara se debe realizar 10 agujeros de ventilación de 19 mm de diámetro, mientras que en la parte superior tendrá una ranura de ventilación en sus cuatro caras o en todo su alrededor con una altura de 15 mm.

En la vista izquierda debe tener un agujero para la cañería de entrada del gas, mientras que en la parte derecha se utilizará para la introducción de la muestra a ser ensayada como se muestra en la figura 34.

Figura 34. Cámara de combustión



Fuente: Autores

Para la construcción de la cámara de combustión se ha seleccionado un material cuyas características presentan una alta resistencia a la temperatura y por el mismo motivo alta resistencia a la corrosión.

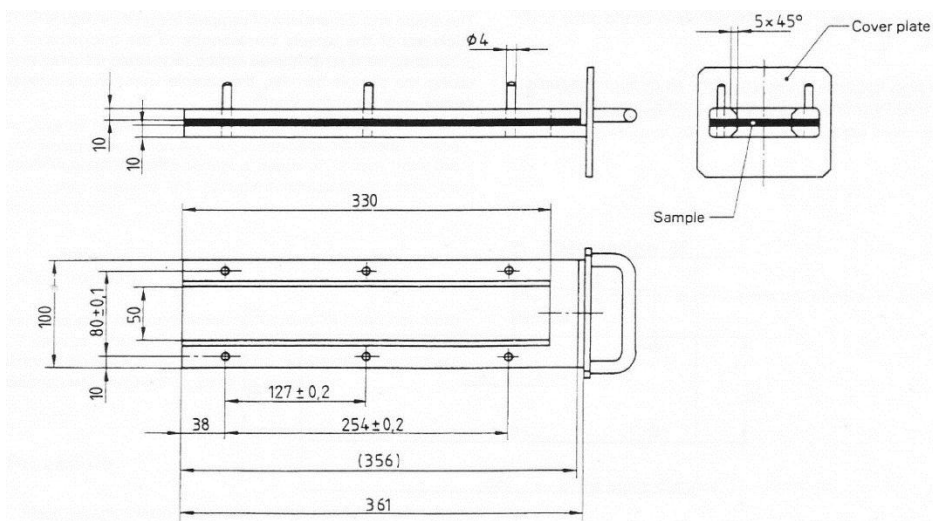
Los aceros inoxidable más comerciales en Ecuador son el AISI 304, 304L, 316, 316L, 403, por motivos de disponibilidad del material en la ciudad de Riobamba se ha seleccionado el acero AISI 304, una plancha de 2mm de espesor seleccionado desde el catalogo DIPAC. (ANEXO C)

3.4.2 Portamuestras. Constituido por dos placas metálicas en forma de U. La placa inferior lleva seis pines y la superior sus respectivos agujeros a fin de garantizar la firme sujeción de la muestra. Los pines sirven también como puntos de referencia para la medición al principio y final de la distancia de combustión de la muestra. Además se proveerá alambre resistente al calor de 0,25mm de diámetro, el cual atravesará el portamuestras inferior en intervalos de 25mm.

La cara inferior de la muestra debe estar a una distancia de 178 mm por encima del plano del fondo de la cámara de combustión.

La distancia del borde frontal del portamuestras deberá tener una distancia de 22 mm hasta el extremo de la cámara, mientras que la distancia de los lados longitudinales del portamuestras y la cámara de combustión están separados por 50mm.

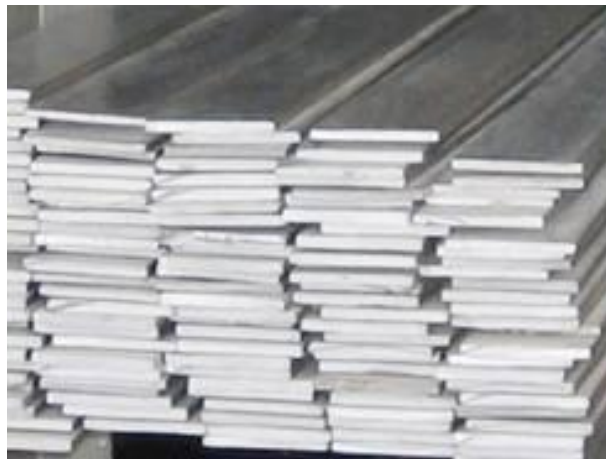
Figura 35. Portamuestras



Fuente. Norma ISO 3795 Página 3.

Estos elementos estarán en mayor contacto con las muestras a ser ensayadas y por lo tanto necesitan una buena resistencia a altas temperaturas, además de presentar la característica de ser anticorrosivos. Para su construcción se necesita platinas de 25mm de ancho por 10 mm de espesor, pero la medida exacta no se ha podido encontrar en el mercado nacional, por lo que se ha seleccionado platinas de acero inoxidable AISI 304 de 30mm de ancho por 12 mm de espesor, la cual mediante procesos mecánicos se rebajará las medidas a las dimensiones deseadas. (ANEXO D)

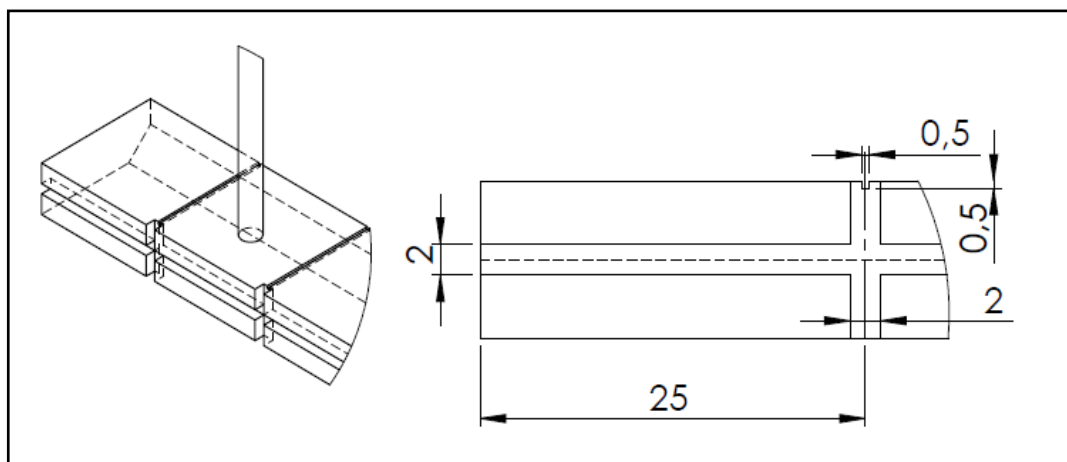
Figura 36. Platina AISI 304



Fuente: <http://www.inoxidablesmygara.com/tubos.html>

3.4.3 Peine de metal. Debe tener por lo menos 110mm de longitud, con siete a ocho dientes de punta redondeada lisa cada 25mm elaborado en el portamuestras inferior.

Figura 37. Peine de metal



Fuente: Autores

3.5 Diseño eléctrico - electrónico.

Para garantizar la seguridad al operario del equipo, principalmente con el manejo del gas se ha visto la manera de proteger automatizando el sistema de encendido.

3.5.1 Funcionamiento del equipo y su sistema automático. Antes de proceder a realizar el ensayo, se deberá verificar la temperatura dentro del equipo, la cual no debe exceder los 30 °C, esto se lo realiza con un instrumento detector de temperatura digital-manual. Posterior a la verificación de la temperatura del equipo se selecciona la opción 2 en el menú principal, la cual mediante un teclado matricial, permitirá seleccionar un tiempo de paso del gas para poder regular la altura de la llama (38mm), además de estabilizar la flama durante 1 minuto como recomienda la norma ISO 3795.

Como última opción en el menú principal se encuentra el ítem de realización del ensayo, para esto se debe seleccionar el tiempo de duración del ensayo o tiempo de encendido de la llama (15s), permitiendo que la válvula solenoide se abra durante el tiempo seleccionado y cerrándose al momento que el Timer ha finalizado de contar los segundos seteados.

La recopilación del tiempo de combustión de los materiales se lo hace manualmente con los pulsadores ubicados en el tablero de control debajo del segundo LCD 16-2, visualmente se observará cuando la llama pase por el primer punto medible, activando el pulsador de encendido del cronómetro para posteriormente pulsar el botón de STOP al momento que la llama se extinga. Como muchos materiales tienen diferente velocidad de combustión en distintas direcciones se ha incorporado dos cronómetros, los cuales permitirán tomar datos de tiempo de inflamación tanto longitudinal como transversalmente. Para obtener una mayor exactitud en los tiempos de combustión de los materiales, se ha incorporado al sistema de control un instrumento que se lo operará de forma manual (Cronómetro).

El encendedor o punto de ignición será mediante chispa, lo cual al momento de dar paso al gas este chispero se activará durante 2 segundos.

3.5.2 Circuito eléctrico. Para el diseño del circuito se considera o se parte desde el voltaje que necesitan los principales elementos o accesorios eléctricos que serán parte de la automatización.

Tabla 11. Voltajes de accesorios

| ACCESORIOS | VOLTAJE (Voltios) |
|-------------------|-------------------|
| Válvula Solenoide | 24 CD |
| Chispero | 120 CA |
| Relés | 12 CD |
| PIC | 5 CD |

Fuente: Autores

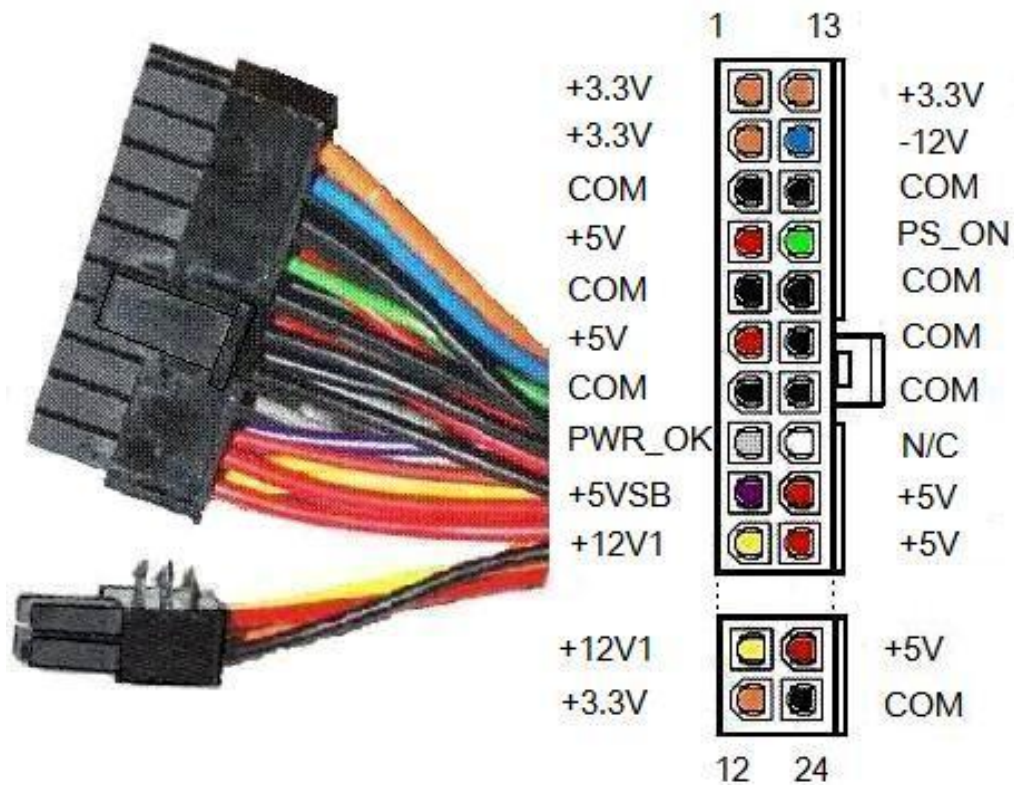
Como se puede observar, el circuito necesita 4 diferentes voltajes, además de manejar corriente alterna y corriente continua, para lo cual se acoplará un transformador rectificador previamente ensamblado para disminuir el voltaje de 120 V-CA que se tiene en la red a 24 Voltios de corriente directa, esto para el accionamiento de la válvula solenoide y con un regulador de voltaje LM 7812 obtenemos el voltaje de trabajo para los relés que activan o desactivan el chispero y la válvula solenoide.

La válvula solenoide es el elemento que permitirá el paso del gas hacia el Mechero de Bunsen cuando la programación se lo ordene, así también deteniendo el paso del gas cuando finalice el tiempo de ensayo. Se ha seleccionado una válvula solenoide que funcione con 24 Voltios de corriente directa y la que se comercializa tiene un diámetro interno de ½ pulgadas, la mayor variedad de diámetros funcionan con 220 Voltios, motivo por el cual se escoge la de 0.5 in. (ANEXO I).

Como el transformador de 120 V CA a 24V CD mencionado no da un voltaje exacto de 24 Voltios se ha incorporado un regulador de voltaje LM 7824 para obtener una tensión precisa y no averiar la Válvula Solenoide.

Para abastecer 5V que necesitan los PIC y los 12 voltios de los relés se ha incorporado una fuente de poder que transforma la tensión alterna de la red a una tensión baja y de corriente continua, con diferentes voltajes en cada color de cable (figura 38) .

Figura 38. Fuente de poder



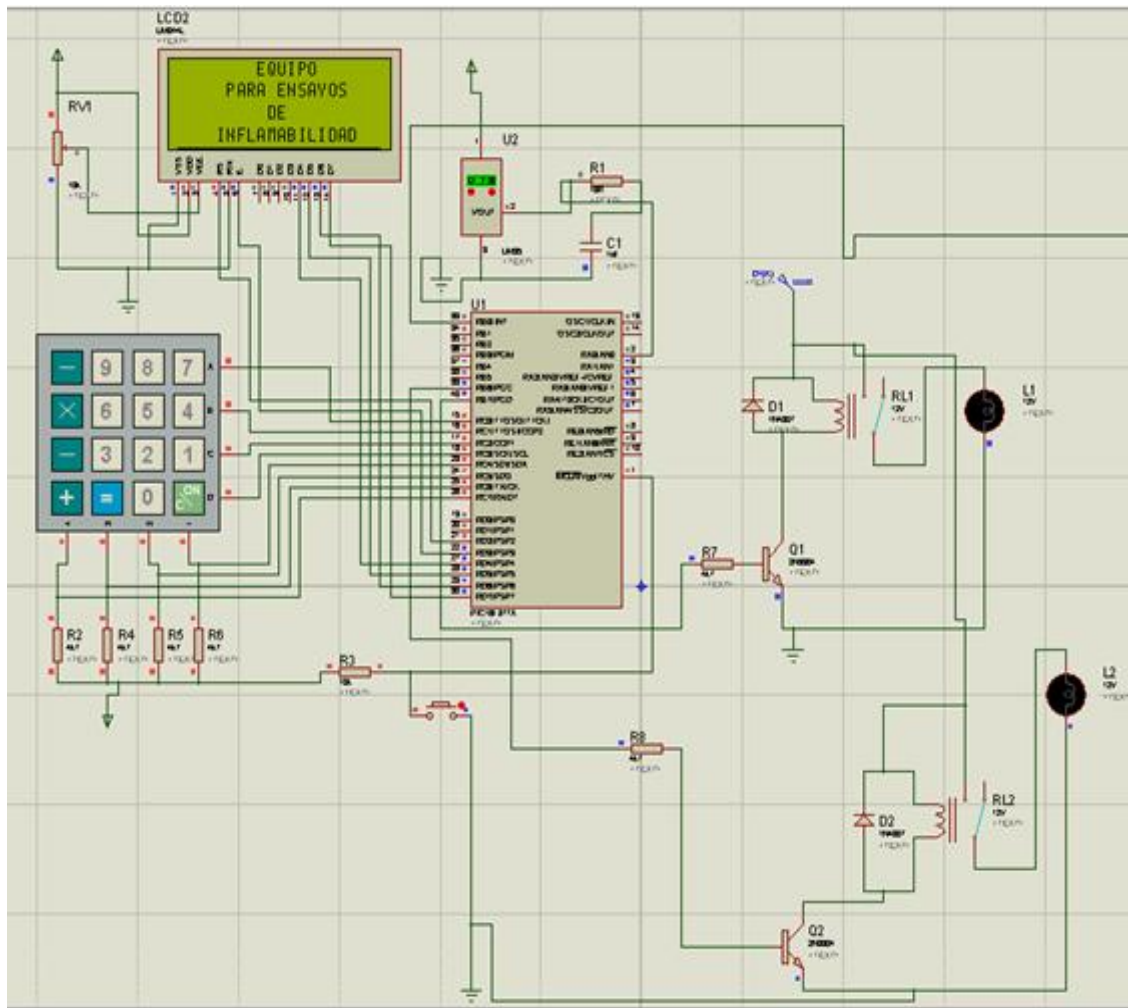
Fuente: Autores

La memoria del equipo se encuentra en el programa descargado en los PIC, mediante éstos se controla todos los accesorios eléctricos. Se utiliza dos PIC para poder controlar todas las variables del sistema, el PIC 877A y PIC 628A, los cuales suman un gran número de puertos de entradas y salidas, analógicas o digitales.

El PIC 877A tiene un cristal externo, lo cual nos servirá como un oscilador electrónico para evitar el parpadeo de la salida al LCD. A ambos PIC se ha incorporado capacitores electrostáticos para obtener la máxima potencia y capacitores electrolíticos para disminuir el ruido debido a las señales del circuito.

El PIC 16F 877A es un microcontrolador fabricado con 40 pines, éste consta de puertos A, B, C y D, de los cuales el puerto A funciona con señales analógicas y digitales, mientras que los demás puertos funcionan solamente con señales digitales. Este PIC nos controlará el teclado matricial, LCD 16-4, chisperos y válvula solenoide.

Figura 39. Control realizado por el PIC F16 877A



Fuente: Autores

En la salida del PIC se ha instalado en serie un transistor antes de cada Relé, de forma que amplifiquen la señal para una mejor sensibilidad del relé. El puerto B (RB6 y RB7) permite controlar los relés ubicados como contactores para intervenir el funcionamiento tanto de la válvula solenoide como del chispero.

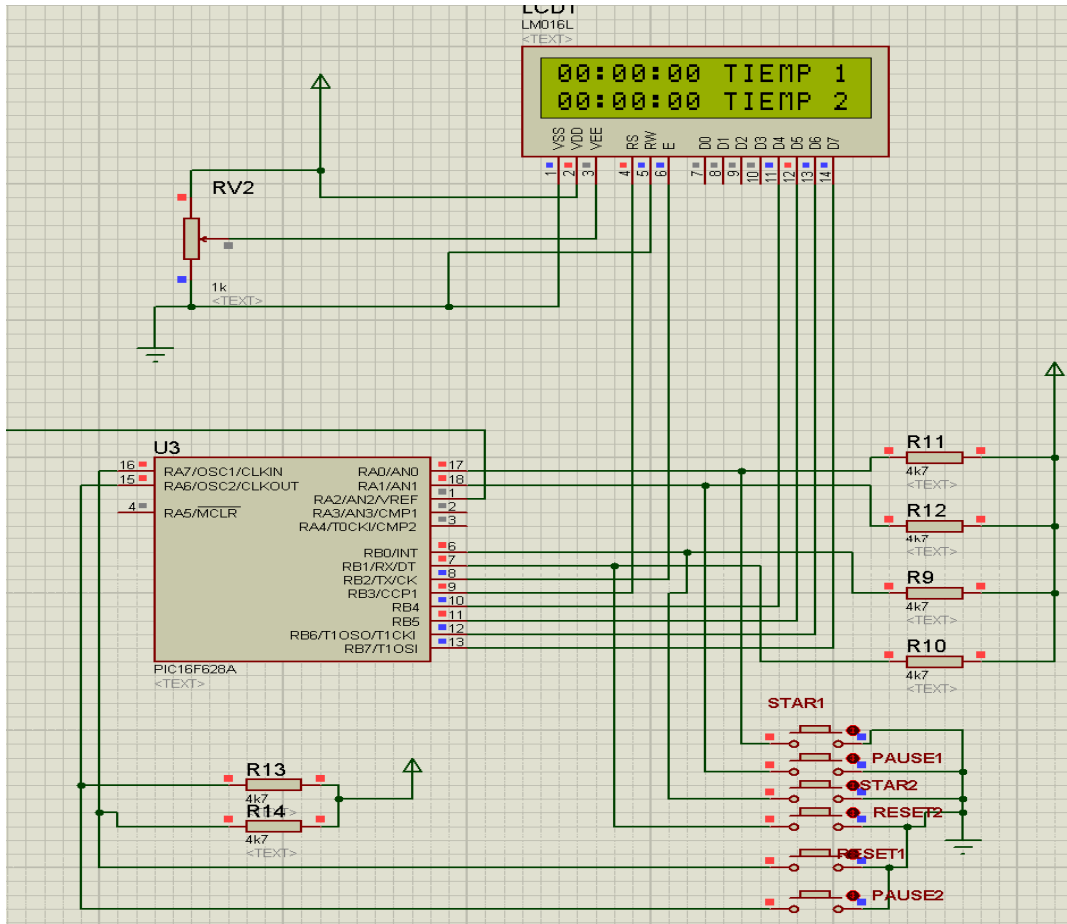
El puerto C al igual que el puerto B solamente trabaja con señales digitales, es por ésto que se ha distribuido la conexión que va desde C0 hasta C3 para filas y C4 hasta C7 para las columnas del teclado Matricial, ejemplo: si se da señal a la primera fila y primera columna se activará el número 1.

El puerto D (D4 hasta D7) trabajará como entradas del LCD de 16-4.

El PIC 16F 628A se caracteriza por tener 18 pines de los cuales 16 son entradas/salidas, y las dos restantes son salidas PWM (pulse-width modulation), éste

PIC solamente posee entradas digitales, contiene dos puertos tipo A y B. El puerto A se ha utilizado como entradas de las botoneras de los cronómetros, START-STOP-RESET y el puerto B funciona como salida hacia el LCD 16-2.

Figura 40. Control realizado por el PIC F16 628A



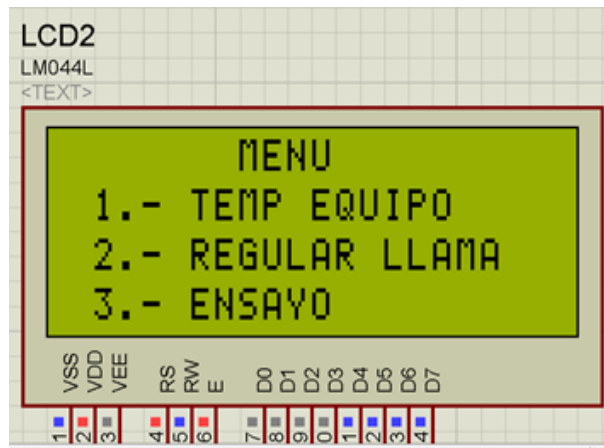
Fuente: Autores

El uso de los potenciómetros nos ayuda a regular el brillo de los LCD.

3.5.3 Funcionamiento del programa. La elaboración del programa para el funcionamiento del equipo se lo realizo en el software MicroCode Studio, tomando las siguientes consideraciones:

Al encender el equipo se observa un menú describiendo los tres pasos fundamentales que se debe realizar previo y durante el ensayo.

Figura 41. Menú principal



Fuente: Autores

Seleccionar el menú en el orden indicado, la opción 1 nos mostrará un aviso de verificación de la temperatura del equipo, mediante un instrumento externo de medición de temperatura.

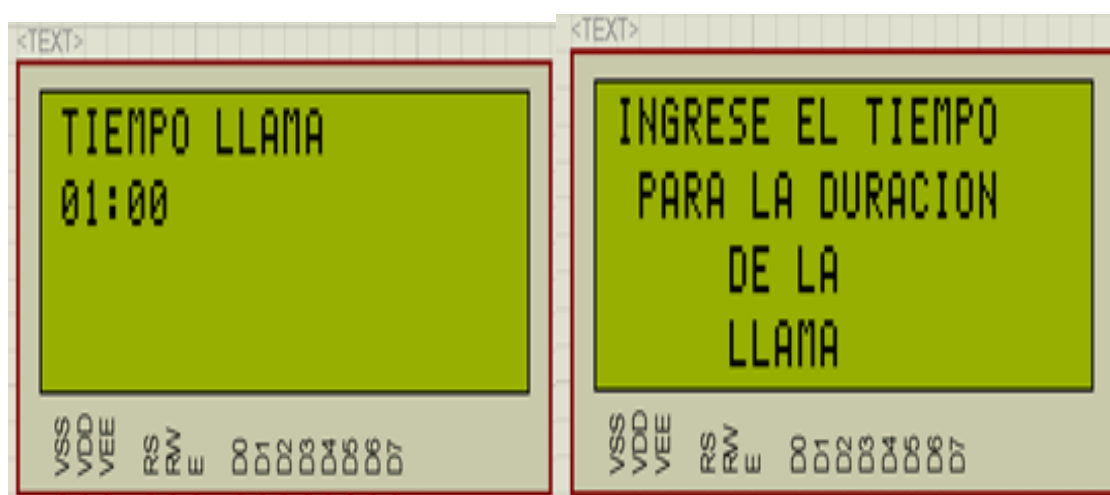
Figura 42. Opción 1



Fuente: Autores

Posteriormente calibrar la altura de la llama mediante el segundo parámetro de selección en el menú y estabilizar la flama durante un minuto. Esto se lo realiza introduciendo el valor referencial de tiempo mediante el teclado matricial y ordenando que actúen la válvula solenoide y el chispero.

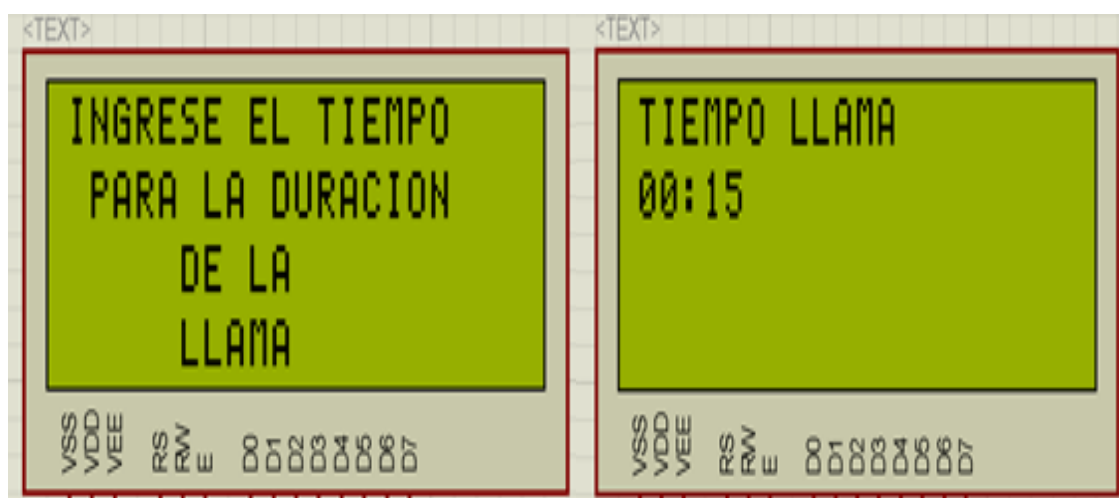
Figura 43. Opción 2



Fuente: Autores

Como tercero y último paso es la realización del ensayo, introduciendo el tiempo de duración de 15 segundos de la misma manera que en la opción 2.

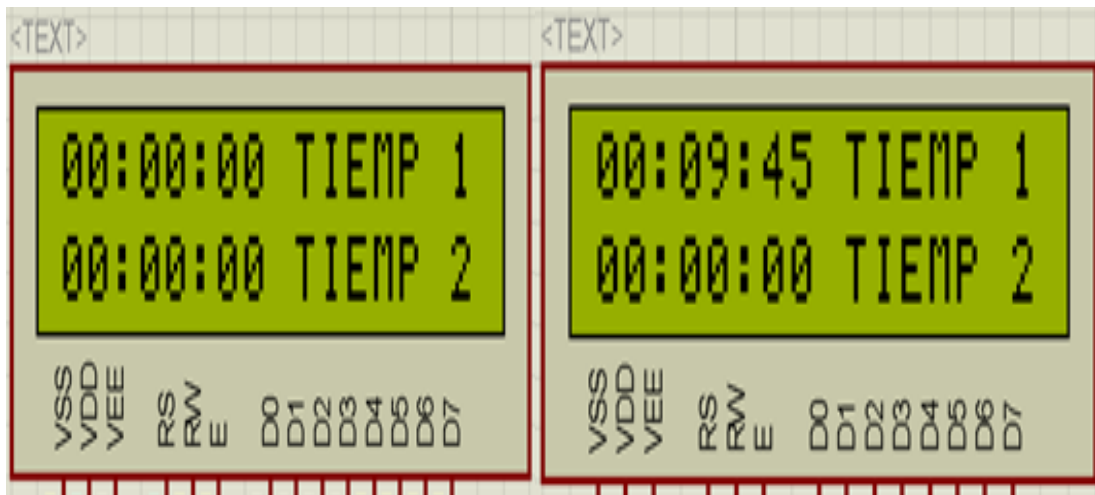
Figura 44. Opción 3



Fuente: Autores

Luego de haber realizado los 3 pasos del menú anterior, se procede a encender manualmente los dos cronómetros, cuando la llama en el material pase por el primer punto medible, y de la misma forma detener los mismos, cuando la llama se extinga o llegue al punto final de medición. Para garantizar que los tiempos sean correctos se utiliza un cronómetro externo de alta precisión.

Figura 45. Cronómetros



Fuente: Autores

3.5.4 Programación. Para el funcionamiento mencionado anteriormente se ha programado en MicroCode Studio y cargado en los PIC.

```
@ DEVICE BOD_OFF; UTILIZACIÓN DE COMANDOS EN EL PIC
@ DEVICE WDT_OFF;
@ DEVICE PWRT_ON;
ADCON1=%00001110          ON DE PUERTOS C5, C6, C7
DEFINE OSC 4              DEFINIR UN OSCILADOR EXTERNO DE 4MHz
DEFINE CHAR_PACING 1000
DEFINE                    ADC_BITS 8
DEFINE                    ADC_CLOCK 3
DEFINE                    ADC_SAMPLEUS 50
DEFINE HSER_RCSTA 90H
DEFINE HSER_TXSTA 20H
DEFINE HSER_BAUD 2400
DEFINE HSER_SPBRG 25
TRISA =%1
ADCON1 = %00001110
ADCON0 = %11000001
;TRISD=%00000000:TRISC=%10000000:TRISB=%11111111
;TRISE=0:PORTB=0:PORTC=0:PORTD=0:PORTE=0
DEFINE LCD_DREG PORTD
DEFINE LCD_DBIT 4
```

```
DEFINE LCD_RSREG PORTD
DEFINE LCD_RSBIT 2
DEFINE LCD_EREG PORTD
DEFINE LCD_EBIT 3
DEFINE LCD_LINES 2
DEFINE LCD_COMMANDUS 2000
DEFINE LCD_DATAUS 50
A VAR PORTC.0
B VAR PORTC.1
C VAR PORTC.2
D VAR PORTC.3
A1 VAR PORTC.4
B2 VAR PORTC.5
C3 VAR PORTC.6
D4 VAR PORTC.7
LLAMA VAR PORTB.7
GAS VAR PORTB.6
```

```
HORA VAR BYTE
MINUT VAR BYTE
SEGUN VAR BYTE
TIEMPO VAR BYTE
```

```
POS1 VAR BYTE
POS2 VAR BYTE
POS3 VAR BYTE
POS4 VAR BYTE
```

```
X VAR word
I VAR WORD
Z var word
SEGU VAR word
PA VAR WORD
PAR VAR WORD
Y VAR WORD
BAN VAR BYTE
BAN1 VAR BYTE
```

```

BAN2 VAR BYTE
SENSAR Var Word
TEMP Var Byte
ELIJ VAR BYTE
LONG VAR BYTE
PRI VAR WORD
SEG VAR WORD
TER VAR WORD
CUA VAR WORD
GOSUB INICIAL
POS1=$C5
POS3=$94
POS4=$D4
TIEMPO =20000
SEGU=0
MINUT=0
LONG=0
BAN=0
BAN1=0
BAN2=0
Y=0
I=0
PA=0
PAR=0
GOSUB ESPOCH
GOSUB MENU
TEMPERA:
    ADCIN 0,SENSAR
    TEMP = 2*SENSAR
LCDOUT $FE,$94,"TEMPERATURA"
LCDOUT $FE,$D4,DEC3 TEMP," C"
    LOW D
    IF D4=0 THEN BAN2=1:BAN=0:ELIJ=0:POS1=$C0:LONG=0:GOTO MENU
    HIGH D
    PAUSE 10
    RETURN
GOTO TEMPERA

```

AR:

IF A1=0 THEN GOTO AR

IF B2=0 THEN GOTO AR

IF C3=0 THEN GOTO AR

IF D4=0 THEN GOTO AR

RETURN

GOTO AR

HOR:

LCDOUT \$FE, 2,"TIEMPO LLAMA"

LCDOUT \$FE,\$C2,":"

LOW A

IF A1=0 THEN GOSUB AR:ELIJ=1:POS1=POS1-1:LONG=LONG+1

IF B2=0 THEN GOSUB AR:ELIJ=2:POS1=POS1-1:LONG=LONG+1

IF C3=0 THEN GOSUB AR:ELIJ=3:POS1=POS1-1:LONG=LONG+1

HIGH A

LOW B

IF A1=0 THEN GOSUB AR:ELIJ=4:POS1=POS1-1:LONG=LONG+1

IF B2=0 THEN GOSUB AR:ELIJ=5:POS1=POS1-1:LONG=LONG+1

IF C3=0 THEN GOSUB AR:ELIJ=6:POS1=POS1-1:LONG=LONG+1

HIGH B

LOW C

IF A1=0 THEN GOSUB AR:ELIJ=7:POS1=POS1-1:LONG=LONG+1

IF B2=0 THEN GOSUB AR:ELIJ=8:POS1=POS1-1:LONG=LONG+1

IF C3=0 THEN GOSUB AR:ELIJ=9:POS1=POS1-1:LONG=LONG+1

HIGH C

LOW D

IF A1=0 THEN GOSUB AR:GOSUB MULTI

IF B2=0 THEN GOSUB AR:ELIJ=0:POS1=POS1-1:LONG=LONG+1

IF D4=0 THEN LCDOUT
\$FE,\$C0,"00:00":ELIJ=0:POS1=\$C0:LONG=0:LAN=0:LAN1=0

HIGH D

PAUSE 10

IF LONG==1 THEN PRI=ELIJ:LCDOUT \$FE,\$C4,DEC PRI

IF LONG==2 THEN SEG=ELIJ:LCDOUT \$FE,\$C3,DEC PRI,DEC SEG

IF LONG==3 THEN TER=ELIJ:LCDOUT \$FE,\$C1,DEC PRI,":",DEC SEG,DEC TER

IF LONG==4 THEN CUA=ELIJ:LCDOUT \$FE,\$C0,DEC PRI,DEC SEG,":",DEC
TER,DEC CUA

```

IF BAN=1 THEN LCDOUT $FE,$D4,"DATO MAL INGRESADO"
IF BAN=2 AND BAN1=1 THEN GOTO ENCGAS
IF BAN=2 AND BAN1=2 THEN GOTO CRONOME
GOTO HOR
MULTI:
  Z=((PRI*10)+(SEG*1))
Y=((TER*10)+(CUA*1))
IF Z>59 OR Y>59 THEN BAN=1
  IF Z>=0 AND Z<=59 AND Y>=0 AND Y<=59 THEN BAN=2

  PAUSE 1000
  RETURN
GOTO MULTI
CRONOME:
IF BAN2=0 THEN LCDOUT $FE,$D4,"PRIMERO REGULE":PAUSE
2000:BAN=0:ELIJ=0:POS1=$C0:LONG=0:GOTO MENU
IF BAN2=1 THEN GOTO CHISPA;LCDOUT $FE,$D4,"CONSTRUCCION":PAUSE
2000
  PAUSE 2000

GOTO CRONOME
CHISPA:
  HIGH GAS
  PAUSE 2000
  HIGH LLAMA
  PAUSE 200
  LCDOUT $FE,$D4,"MAOSAGUITT"
GOTO CHISPA

LETRERO:
LCDOUT $FE,$1," PROYECTO "
LCDOUT $FE,$C0," "
  LCDOUT $FE,$94," "
  LCDOUT $FE,$D4," HORNO"
  PAUSE 2000
  LCDOUT $FE,$1
  RETURN
GOTO LETRERO

```


MENU:

```
LCDOUT $FE,$2," MENU"  
LCDOUT $FE,$C0," "  
LCDOUT $FE,$94," 1: REGULAR "  
LCDOUT $FE,$D4," 2: COMBUSTION"
```

LOW A

```
IF A1=0 THEN GOSUB AR:GOSUB AVISO:BAN1=1:GOTO HOR  
IF B2=0 THEN GOSUB AR:GOSUB AVISO:BAN1=2:GOTO HOR  
HIGH A
```

PAUSE 10

GOTO MENU

AVISO:

```
LCDOUT $FE, 1  
LCDOUT $FE, 2,"INGRESE EL TIEMPO "  
LCDOUT $FE, $C0," PARA LA DURACION "  
LCDOUT $FE,$94," DE LA "  
LCDOUT $FE,$D4," LLAMA"
```

PAUSE 2000

```
LCDOUT $FE,$1  
LCDOUT $FE,$C0,"00:00"  
RETURN
```

GOTO AVISO

INICIAL:

```
LCDOUT 254, 64, 1,3,7,15,31,31,31,31 ;  
LCDOUT 254, 72, 31,31,31,31,31,31,31,31 ;  
LCDOUT 254, 80, 16,24,28,30,31,31,31,31 ;  
LCDOUT 254, 88, 0,0,0,0,31,31,31,31 ;  
LCDOUT 254, 96, 31,31,31,0,0,0,0;  
LCDOUT 254, 104,31,31,31,31,15,7,3,1 ;  
LCDOUT 254, 112,31,31,31,31,30,28,24,16 ;  
LCDOUT 254, 120,30,28,24,16,0,0,0,0 ;  
RETURN
```

GOTO INICIAL

ESPOCH:

```
LCDOUT $FE,$1," ",0,4,2,0,4,2,0,4,2,0,4,2,0," ",2  
LCDOUT $FE,$C0," ",1,3," ",1,3," ",1," ",1,1," ",1,1," ",1,3,1  
LCDOUT $FE,$94," ",1,4," ",4,1,1,4,7,1," ",1,1," ",1,4,1
```

```

LCDOUT $FE,$D4," ",5,3,6,5,3,6,5," ",5,3,6,5,3,6,5," ",6
PAUSE 2000
GOSUB LETRERO
RETURN
GOTO ESPOCH
ENCGAS:
  FOR X=1 TO 5
    FOR I=0 TO 600
      GOSUB TEMPERA
      PAUSE 500
      LCDOUT $FE,$C5,DEC2 MINUT,":",DEC2 SEGUN
      HIGH GAS
      SEGUN=SEGUN+1
      IF SEGUN<=5 THEN
        HIGH LLAMA
        PAUSE 50
      ENDIF
    IF SEGUN<=59 THEN
      pause 500
    endif
      IF SEGUN=Y THEN
        PA=SEGUN
      pause 500
      ENDIF
      IF SEGUN>59 THEN
        SEGUN =0
        MINUT=MINUT+1
      ENDIF
      IF MINUT=Z THEN
        PAR=MINUT
      pause 500
      ENDIF
      IF MINUT>59 THEN
        MINUT =0
      ENDIF
      IF PA=Y and PAR=Z THEN LOW GAS:LOW
      LLAMA:BAN2=1:segun=0:minut=0:BAN=0:ELIJ=0:POS1=$C0:LONG=0:GOTO
      MENU;GOSUB salir

```

```
LOW D
    IF D4=0 THEN LOW GAS:LOW
LLAMA: BAN2=1: BAN=0: ELIJ=0: POS1=$C0: LONG=0: GOTO MENU
    HIGH D
    LOW LLAMA
;IF HORAS >=18 AND MINUT > 14 AND HORAS <=20 THEN ;GOTO SELECTOR
    NEXT
NEXT

GOTO ENCGAS
End
```

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

4.1 Generalidades

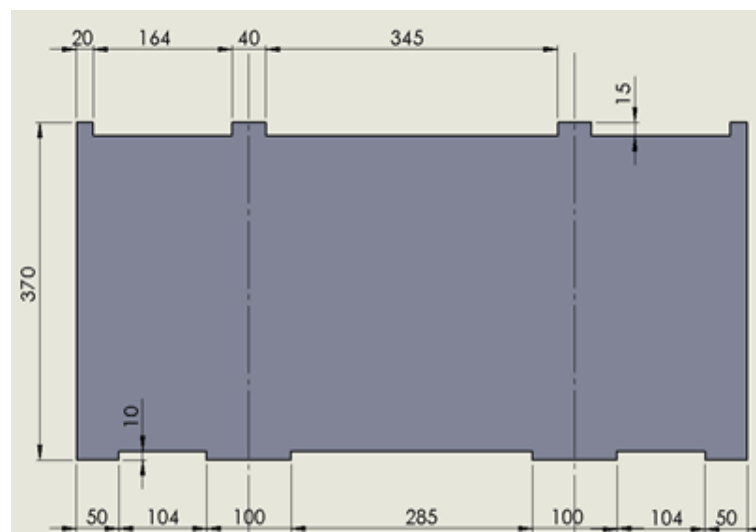
Habiendo verificado y analizado la Norma ISO 3795, se procede a la construcción del equipo para ensayos de inflamabilidad, para lo cual nos argumentamos de los planos de conjunto y de cada uno de los elementos.

Para llevar a cabo la construcción del equipo para ensayos de inflamabilidad, se utilizará una serie de pasos, máquinas, herramientas y procesos en la manufactura.

4.2 Construcción del Equipo

4.2.1 Elaboración del cuerpo del equipo. Para construir la chapa metálica y cuerpo del equipo, se ha tomado como material el acero inoxidable AISI 304 de 2mm de espesor, con medidas especificadas en la figura 46, utilizando discos de corte y oxicorte para obtener la matriz deseada (Rectángulo) y el oxicorte para detalles internos.

Figura 46. Chapa metálica



Fuente: Autores

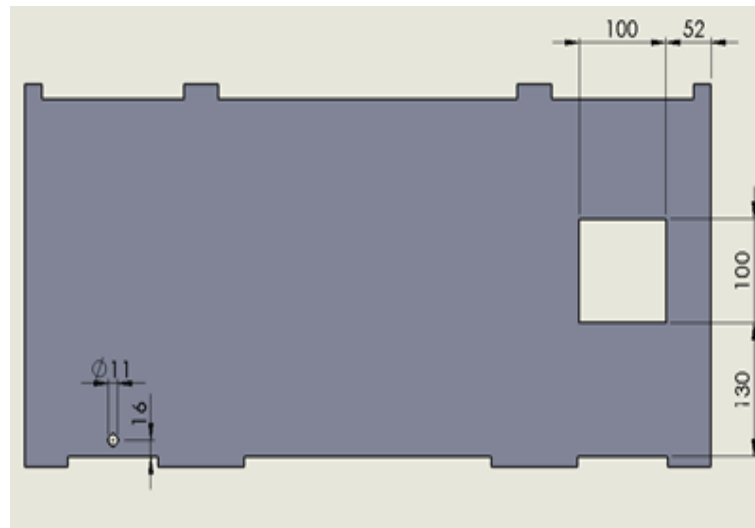
Figura 47. Corte de la chapa metálica



Fuente: Autores

En la parte izquierda de la chapa metálica se taladra un agujero de 11mm para la cañería entrante del gas, mientras que en la vista derecha se realiza un corte de forma cuadrada para el alojamiento del portamuestras, tal como se indica en la figura 48.

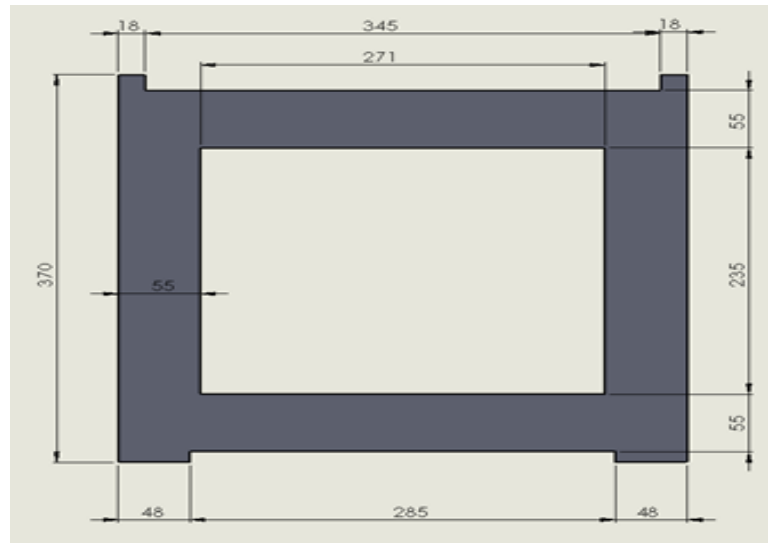
Figura 48. Agujeros en la chapa metálica



Fuente: Autores

Para cerrar en la parte frontal del equipo se deberá acoplar una plancha del mismo espesor, con un visor en donde posteriormente se ensamblará la ventana, con las siguientes dimensiones.

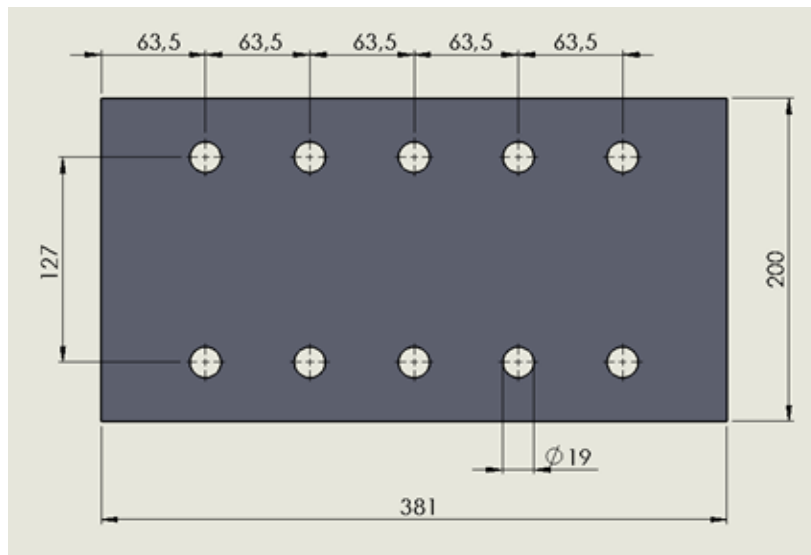
Figura 49. Parte frontal del equipo



Fuente: Autores

Para la base o parte inferior del equipo se debe cortar una lámina de 2mm de espesor, de acero AISI 304, con oxicorte y en las medidas especificadas. En la misma plancha se debe taladrar agujeros con un diámetro de 19mm y a distancias entre centros mostrados en la figura 50.

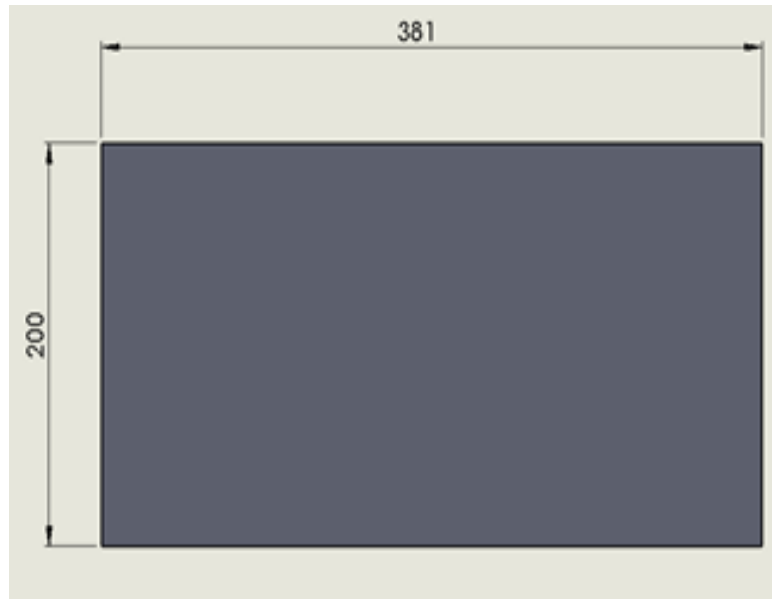
Figura 50. Parte inferior del equipo



Fuente: Autores

La parte superior está compuesta por una placa rectangular de 2mm de espesor de acero inoxidable, de las dimensiones indicadas en la figura 51.

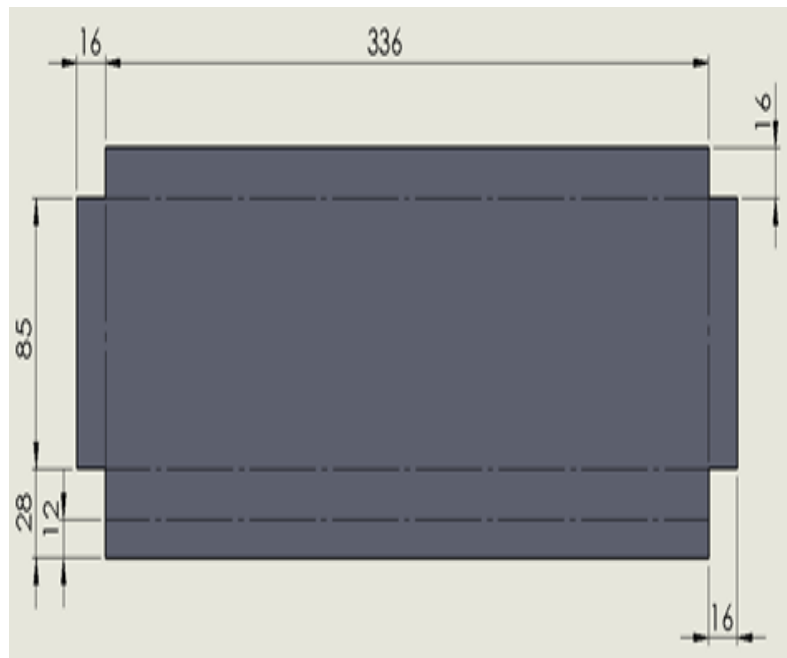
Figura 51. Placa superior o tapa



Fuente: Autores

La construcción de la bandeja que va en la parte inferior del equipo se lo elabora con acero inoxidable 304 de 1mm de espesor, cortando la chapa metálica para luego doblarla de la forma requerida y soldar para tener un elemento macizo.

Figura 52. Chapa metálica bandeja



Fuente: Autores

Una vez cortada la chapa metálica, se procede a doblar y dar forma.

Figura 53. Bandeja



Fuente: Autores

Para obtener la forma requerida del equipo se realiza el doblado de la matriz, utilizando la Máquina- Herramienta llamada Dobladora.

Figura 54. Doblado de la chapa metálica



Fuente: Autores

Una vez cortado, doblado y dado forma a los elementos ya mencionados se procede al ensamble del equipo mediante el elemento de unión por soldadura TIG (Tunsteng Inert Gas) o GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), debido a que presenta un cordón de alta calidad en el terminado y manteniendo las condiciones anticorrosivas necesitadas en el equipo, quedando de la siguiente manera.

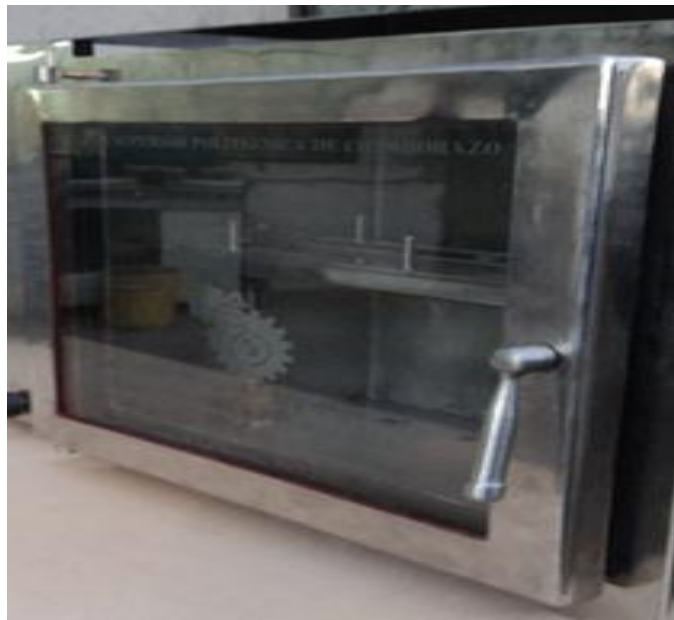
Figura 55. Cuerpo del equipo



Fuente: Autores

Se deberá acoplar la ventana en el visor indicado en la figura anterior, la cual será fabricada con acero inoxidable como marco y un vidrio tratado térmicamente como elemento de visualización para observar el ensayo.

Figura 56. Visor



Fuente: Autores

Finalmente se ha de pulir todo el equipo, utilizando lijas desde la 150 hasta la 600, y eliminando los puntos internos quemados por la suelta.

Figura 57. Equipo pulido

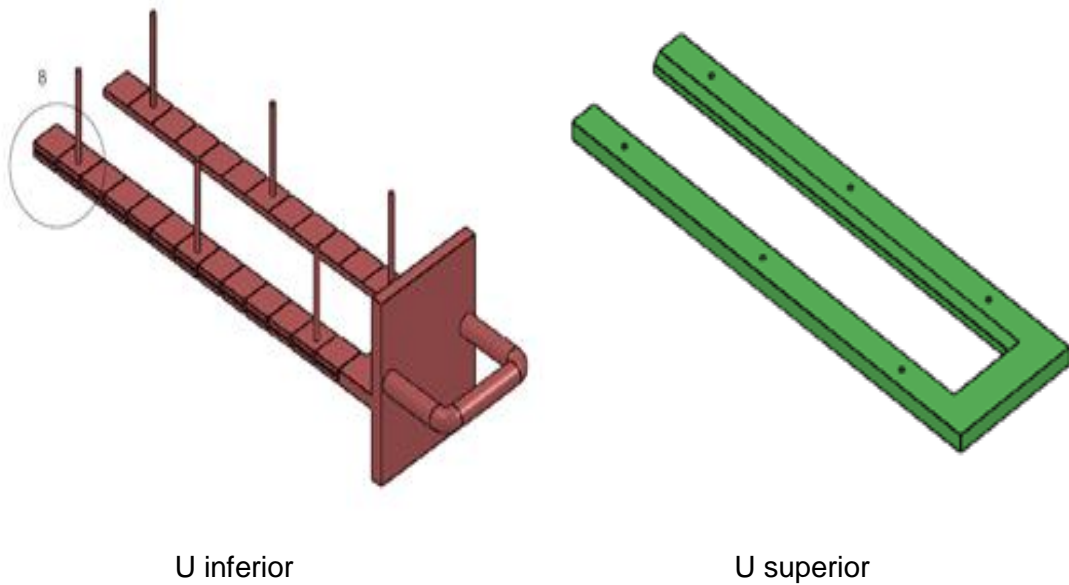


Fuente: Autores

4.2.2 *Portamuestras en forma de U.* Se elabora con platina de 10mm de espesor y 25mm de ancho de acero inoxidable con las medidas especificadas en la figura 32, para obtener las medidas de 10x25mm se ha reducido las platinas de 12x30mm en la Máquina-Herramienta Limadora, para posteriormente dar la forma de U mediante soldadura TIG.

En el portamuestras inferior se ha de taladrar seis agujeros para alojar los respectivos pines de 40 mm de largo y 6mm de diámetro para sujeción del material a ensayar. Mientras que en el portamuestras superior se elabora una extrucción de corte de seis agujeros para insertar los pines del portamuestras inferior.

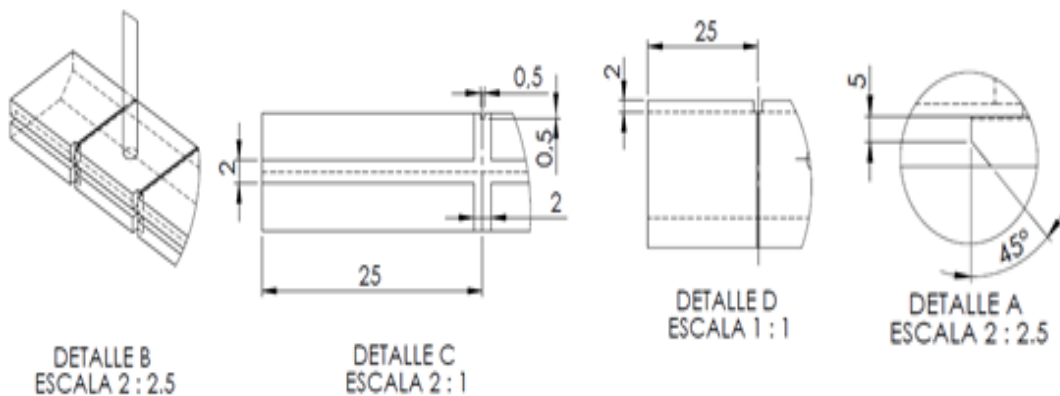
Figura 58. Portamuestras inferior y superior



Fuente: Autores

Para dar la forma a los elementos portamuestras a partir de las platinas reducidas se cortarán 4 pedazos de platina, dos de 361mm de largo para el portamuestras inferior y dos de 356mm de largo para el portamuestras superior. En el elemento inferior se debe desbastar canales para el alojamiento del alambre que posteriormente se tejerá, tal como se muestra en la figura 59 y formar un chaflán a 45 grados en la parte interna, procediendo a utilizar la Máquina Herramienta Limadora.

Figura 59. Peine de metal en el portamuestras inferior

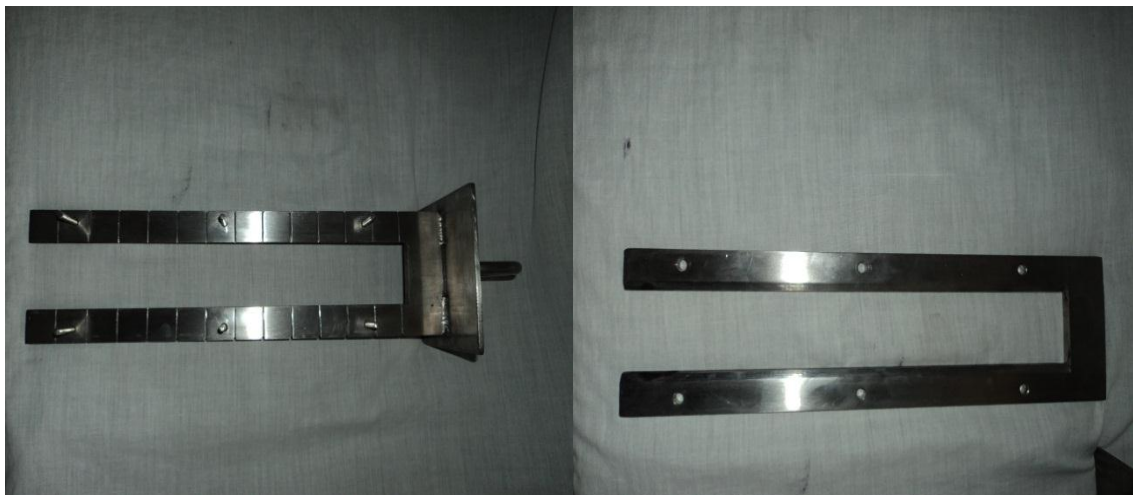




Fuente: Autores

La unión de las platinas de cada uno de los elementos del portamuestras se elabora con dos placas, una para cada elemento del portamuestras, de 10mm de espesor de acero inoxidable y de 50 mm de ancho con 31mm de largo para el portamuestras inferior y de 26 mm de largo para el portamuestras superior.

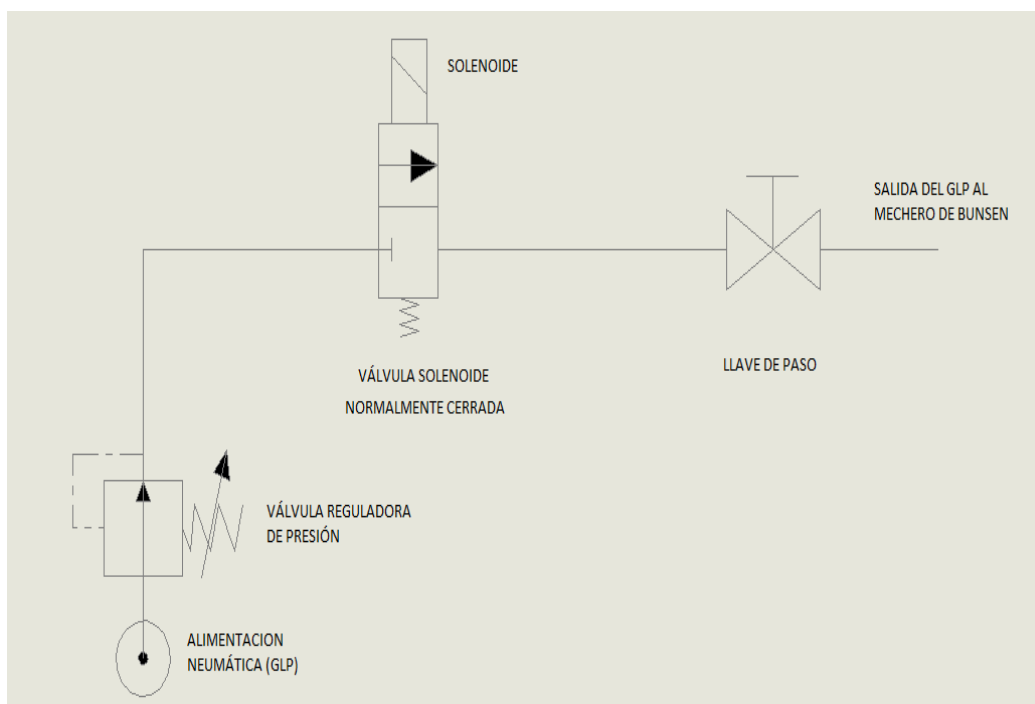
Figura 60. Portamuestras construido



Fuente: Autores

4.2.3 *Conexión para la entrada del gas.* Se montará con tubería flexible ya que facilita la transportación del equipo, además no se trabajará con presiones altas debido a la válvula reguladora a la salida del cilindro de gas, para posteriormente regular la altura de la llama con la válvula de paso propia del Mechero de Bunsen, quedando de la siguiente manera.

Figura 61. Conexión neumática (GLP)



Fuente: Autores

Finalmente se acoplará el mechero de Bunsen y los electrodos para la ignición de la flama, acoplando similarmente al sistema de mando ubicado a la parte izquierda del equipo.

Figura 62. Instalación de encendedores



Fuente: Autores

4.3 Construcción eléctrica-electrónica del equipo

Para ensamblar todos los accesorios de control se ha construido una caja de acero inoxidable de 1mm de espesor al lado izquierdo del equipo para ensayos. En la parte frontal estará el panel de control que consta de un teclado matricial, dos LCD, seis pulsadores para control del cronómetro, botonera con enclavamiento ON-OFF y la perilla de regulación de la llama.

Figura 63. Panel de control



Fuente: Autores

El circuito electrónico a más de los elementos principales mencionados en el capítulo anterior, se necesitará de varios componentes para su acople, entre éstos tenemos:

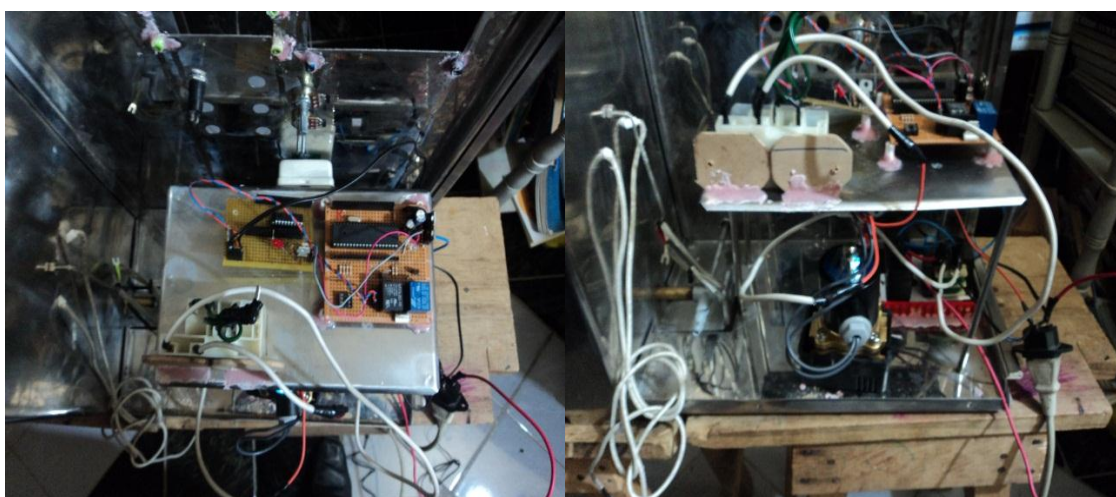
Tabla 12. Componentes electrónicos

| ELEMENTO | CANTIDAD |
|---|----------|
| Resistencia de 4,7 k | 14 |
| Resistencia de 200 Ω | 2 |
| Resistencia de 10 Ω | 2 |
| LCD 16-4 | 1 |
| LCD 16-2 | 1 |
| Potenciómetros de 10 k | 2 |
| Pulsadores normalmente abiertos, sin auto enclavamiento | 6 |
| Relés de 12 V | 2 |
| Teclado matricial táctil | 1 |
| Capacitores electrostáticos 104 nF | 6 |
| Capacitores electrostáticos 22 pf | 4 |
| Capacitores electrolíticos 100 uf | 2 |
| Oscilador electrónico de 4 MHz | 2 |
| Transistores NPN 3904 | 2 |
| Reguladores de voltaje de 24V-12V-5V | 1 c/u |
| PIC 16F 877A | 1 |
| PIC 628A | 1 |
| Electrodos de ignición | 2 |
| Mod. electrónico de ignición por chispas | 1 |
| Diodos LED | 2 |
| Regletas macho y hembra | 4 c/u |
| Botones ON-OFF | 1 |
| Válvula solenoide | 1 |
| Plaqueta perforada | 2 |
| Fuente de Poder | 1 |

Fuente: Autores

En la entrada principal al ON-OFF y la conexión a la fuente de ignición por chispas se utiliza cable número AWG 12, para la válvula solenoide cable número AWG 14, que son los elementos que recibirán mayor voltaje y por ende mayor intensidad de corriente. Para el resto del circuito se utiliza cable estañado AWG 22 de colores vivos para los positivos y colores oscuros para los negativos, además cable Dúplex AWG bicolor. Su acople con cada componente electrónico se lo realizó sobre plaquetas perforadas y regletas macho/hembra.

Figura 64. Conexión eléctrica



Fuente: Autores

4.4 Manual de Operación.

Es muy importante que antes de operar el equipo se realice la lectura minuciosa del manual de operación y mantenimiento. Si realizamos una adecuada instalación (Eléctrica y Neumática), se lleva a cabo el plan de mantenimiento y se opera según el manual, el equipo no presentará problemas de ningún tipo. El plan de mantenimiento va relacionado directamente con la buena operación del mismo, ya que el usuario deberá entender y conocer las precauciones de seguridad antes de utilizar el equipo.

Tabla 13. Manual de operación

| PASO | ACTIVIDAD |
|------|---|
| 1 | Colocar el equipo para ensayos de inflamabilidad en una superficie horizontal, con espacio amplio para realizar la actividad del ensayo y en un lugar con suficiente ventilación para eliminar los productos de combustión. |
| 2 | Instalar la entrada del GLP, abrir la válvula a la salida de la bombona. |
| 3 | Asegurarse que el botón ON-OFF este en la posición de apagado. |
| 4 | Enchufar la alimentación eléctrica, verificando que sea una entrada de \approx 120 Voltios. |
| 5 | Encender el equipo pulsando el botón ON. |
| 6 | Verificar la temperatura dentro de la cámara de combustión, utilizar el medidor de temperatura. ($T \leq 30^\circ$ Celsius). Opción 1 en el menú de la pantalla principal |

| | |
|----|---|
| 7 | Regular la altura de la llama. Seleccionar la opción 2 en el menú principal, introducir un tiempo de al menos 1 minuto y pulsar el botón * para abrir la válvula solenoide y activar los electrodos de ignición por chispa. Al mismo instante verificar que la llama se encienda regulando la entrada del gas con la perilla ubicada en el panel de control. Si esto no sucede inmediatamente presionar el botón D para resetear la válvula solenoide y evitar accidentes con el gas. En el minuto seleccionado ajustar la llama a una altura de 38mm o hasta que la parte final de la flama este en contacto con el tope ubicado a 38mm a partir del mechero de Bunsen |
| 8 | Colocar la probeta en el portamuestras e introducir en la cámara de combustión, dejando listo para realizar el ensayo. |
| 9 | La opción 3 en el menú programado indica la realización del ensayo, introducir el tiempo de 15 segundos y pulsar *. |
| 10 | Si el material se inflama esperar a que pase la base de la llama por el primer punto medible (38mm) y empezar a tomar el tiempo. (Cronómetros ubicados en el panel de control y cronómetro manual). |
| 11 | La programación se trasladará al menú principal luego de culminar el ensayo, pudiendo realizar una serie de ensayos con la llama ya regulada. Antes de cada ensayo verificar que la cámara de combustión este a una temperatura máxima de 30° Celsius |
| 12 | Al final de una serie de ensayos apagar el equipo y cerrar la válvula de gas para evitar accidentes. |

Fuente: Autores

4.5 Manual de mantenimiento.

El objetivo principal de darle un buen mantenimiento al equipo es lograr que no presente fallas en un tiempo muy corto y conservar el acero inoxidable en óptimas condiciones.

El tipo de mantenimiento más apropiado para este equipo es el Preventivo, contemplando las situaciones más críticas que podrían averiar el sistema electrónico y el material de la cámara de combustión.

- Inspección
- Limpieza

4.5.1 Inspección. Se recomienda una inspección visual del sistema electrónico, esto se lleva a cabo cuando el equipo esté encendido, pudiendo así apreciar el correcto funcionamiento de los componentes eléctricos.

Tabla 14. Inspección de componentes del equipo

| Componente | Función | Método de Inspección | Cumple | |
|------------------------|---|----------------------|--------|----|
| | | | SI | NO |
| Válvula Solenoide | Permite el paso del Gas | Auditiva sin gas | | |
| Chisperos | Encienden la llama | Visual sin gas | | |
| Ventilador | Enfriar el circuito electrónico | Visual | | |
| Fuentes de poder | Proporcionan la energía eléctrica | Visual (Diodos LED) | | |
| Cronómetro | Toma de tiempos de combustión | Visual | | |
| Medidor de temperatura | Indica la temperatura dentro de la cámara de combustión | Visual | | |

Fuente: Autores

4.5.2 Limpieza. Ésta es la parte primordial para conservar el equipo en condiciones aptas de uso. Se recomienda realizar una limpieza del equipo luego de cada serie de ensayos.

Tabla 15. Limpieza del equipo

| Componente | Función | Método de Limpieza |
|----------------------|--|---|
| Cámara de combustión | Habitáculo de realización del ensayo | Una limpieza rutinaria utilizando franela o guaipe secos. |
| Portamuestras | Soporte de las muestras | Una limpieza rutinaria utilizando franela o guaipe secos. |
| Bandeja | Recolección de productos de combustión | Una limpieza rutinaria utilizando franela o guaipe secos. |
| Vidrio templado | Permite la visualización del ensayo | Una limpieza rutinaria utilizando papel periódico. |

Fuente: Autores

4.6 Flujograma de construcción según la norma ASME.

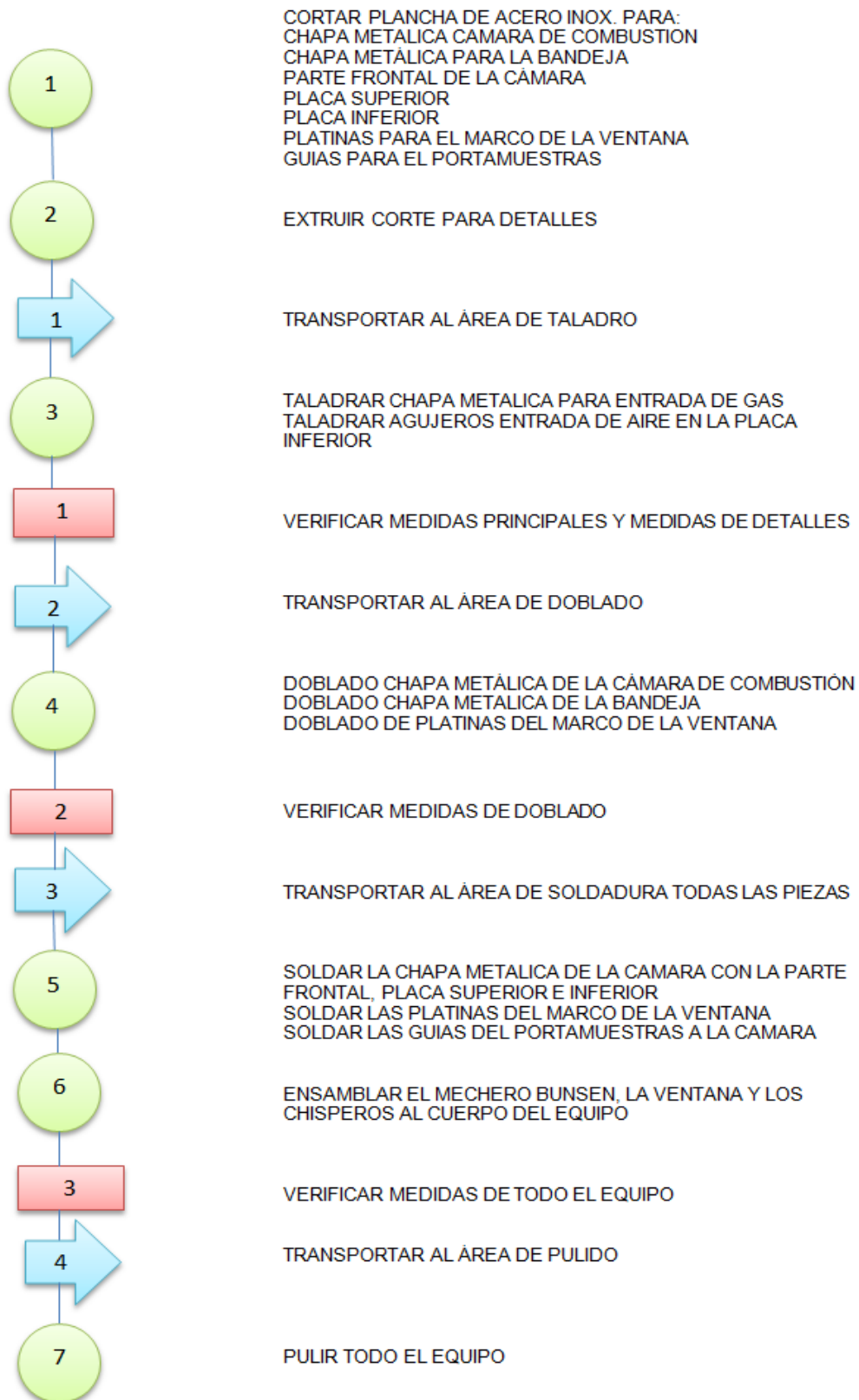
Para resumir la construcción del equipo, se realizó el flujograma con la serie de pasos de procesos de mecanizado, la transportación y verificación de medidas, tal como indica la norma.

Figura 65. Simbología de procesos según la Norma ASME

| | |
|---|--|
|  | Operación.- Indica las fases del proceso. |
|  | Inspección.- Verificación de calidad y/o cantidad |
|  | Desplazamiento o Transporte.- Movimiento de empleados, material y equipo de un lugar a otro. |
|  | Depósito provisional o espera.- Indica demora en el desarrollo de los hechos. |
|  | Almacenamiento permanente.- Indica depósito de un documento o información dentro de un archivo u objeto cualquiera en un almacén. |
|  | Origen de una forma o documento.- Indica el hecho de elaborar una forma o producir un informe. |
|  | Decisión o autorización de un documento.- Representa el acto de tomar una decisión o bien el momento de efectuar una autorización. |
|  | Entrevistas.- Indica el desarrollo de una entrevista entre dos o más personas |
|  | Destrucción de documento.- Indica el hecho de destruir un documento o parte de él, o bien la existencia de un archivo muerto. |

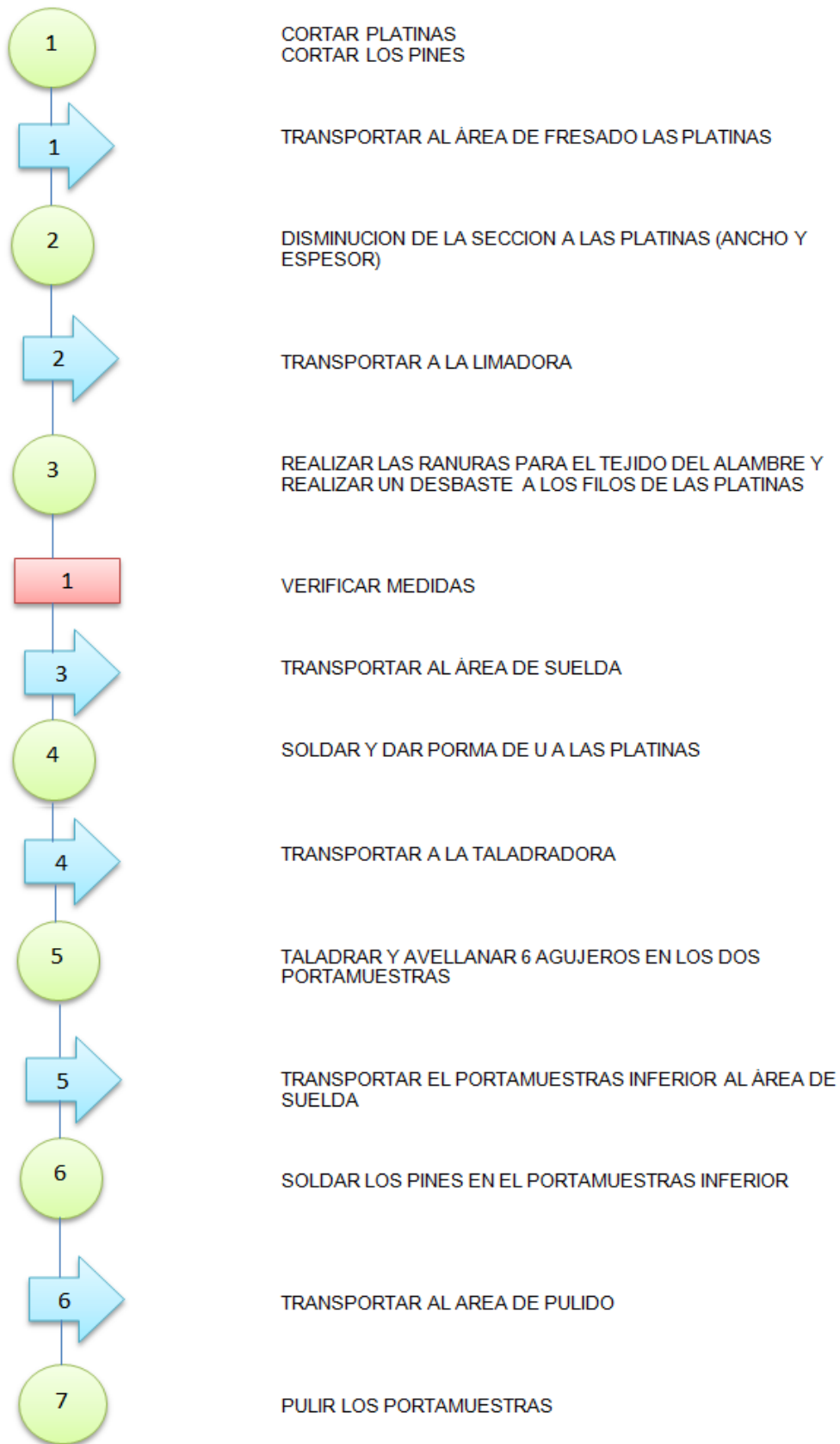
Fuente: NORMA ASME

.Figura 66. Flujograma de construcción del equipo



Fuente: Autores

Figura 67. Flujoograma de construcción del portamuestras



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

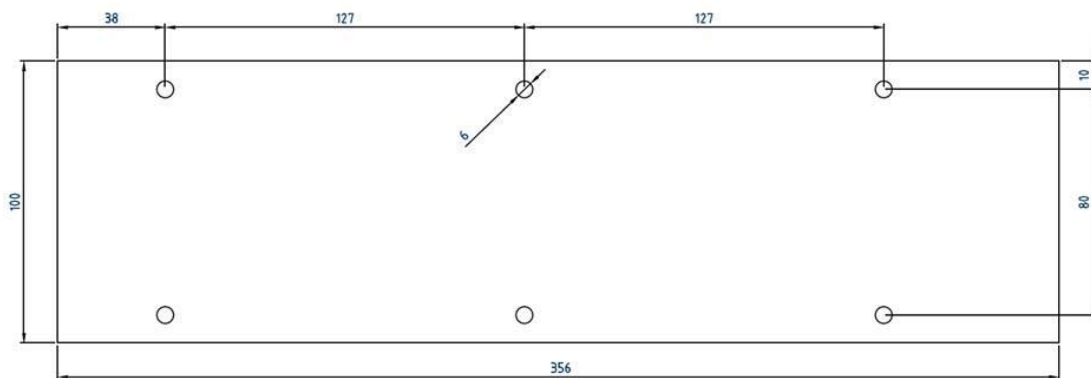
5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Requerimientos y recomendaciones para el ensayo

Para el procedimiento de ensayo se deberá seguir una serie de pasos, recomendaciones y requisitos prescritos en la NORMA ISO 3795, además de la FMVSS 302, tomando en cuenta la forma y dimensiones mínimas de la muestra, su espesor, etc.

5.1.1 Muestras. El espesor máximo que debe tener el material a ser ensayado será de 13 milímetros y su espesor debe ser constante en toda su longitud. Las medidas están especificadas en la figura 68.

Figura 68. Dimensiones de la muestra



Fuente: Norma ISO 3795

Cuando la forma y dimensiones de un producto no permiten tomar una muestra de la dimensión dada en la figura 68 se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Para muestras que tengan una anchura de 3mm a 60mm, la longitud debe ser de 356mm. En este caso, el material se ensaya a lo ancho del producto.
- Para muestras que tengan una anchura de 60mm a 100mm, la longitud deberá ser de al menos 138mm. En este caso la distancia de combustión corresponde a la longitud de la muestra, la medición comienza en el primer punto medible.
- Muestras que tengan una anchura menor que 60mm con longitud inferior a 356mm y muestras que tengan una anchura de 60mm a 100mm y menos que 138mm de longitud, no pueden ser ensayados de acuerdo a este método, no pueden ni muestras que tengan una anchura menor a 3mm.

Se tomará como mínimo 5 muestras a partir del material bajo prueba. En materiales que tengan índices de combustión diferentes en distintas direcciones (se repetirá el ensayo si se comprueba lo dicho), las cinco o más muestras deben ser tomadas y ubicadas en el equipo de ensayos de modo que la tasa de combustión más elevada será medida.

Cuando el material tiene una anchura de al menos 500 mm, será cortado en dimensiones iguales. De esto las muestras serán recogidas de modo que sea por lo menos 100 mm de borde a borde y equidistantes entre sí.

Las muestras serán tomadas en la misma manera del producto terminado, cuando la forma del producto permita. Cuando el espesor del producto es mayor a 13 mm, este será reducido a 13 mm por procesos mecánicos aplicados al lado que no encara al compartimiento del ocupante.

En caso de los materiales hechos de capa superpuesta de diferente composición en el cual no sea material compuesto, todas las capas de material incluida dentro de una profundidad de 13mm mirando hacia el compartimiento del ocupante, se comprobarán por separado.

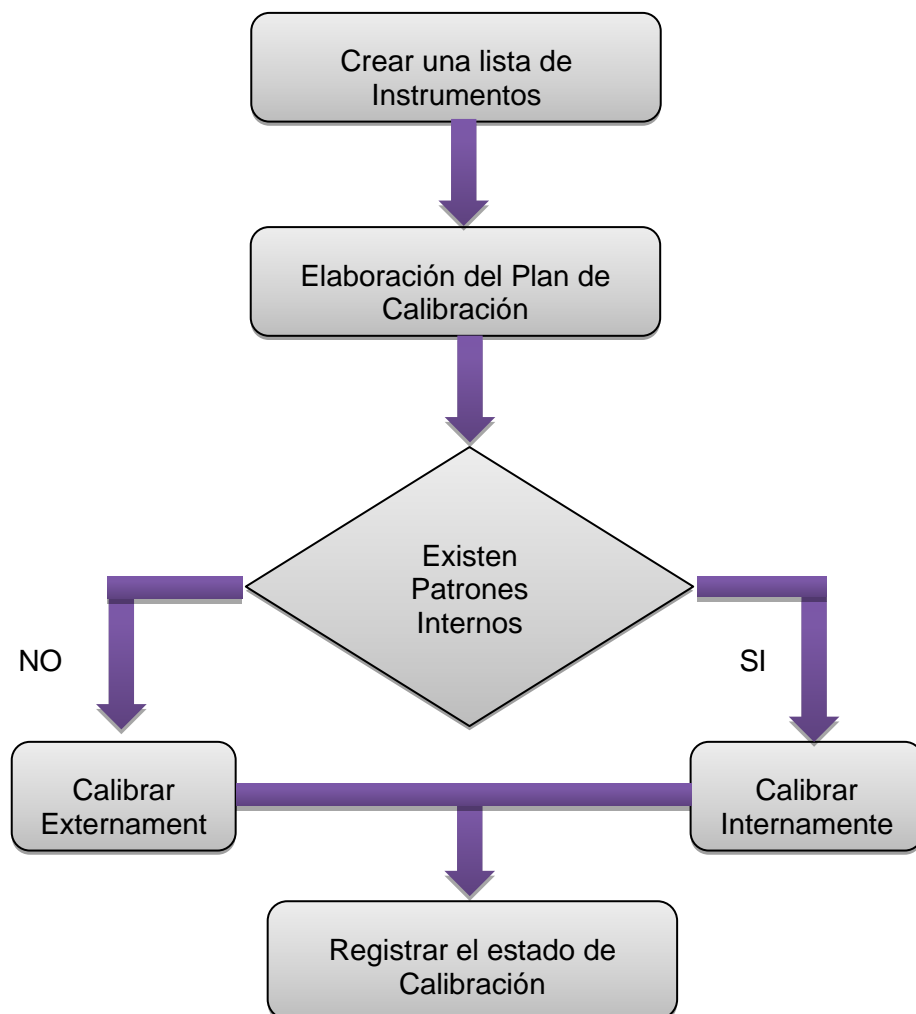
5.1.2 Calibración de instrumentos. Para la realización de ensayos en un laboratorio se debe cumplir con requisitos de gestión de calidad (SGC) establecidos en la Norma ISO 9001-2008 elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización. En el equipo para ensayos de inflamabilidad de materiales utilizados en el recubrimiento interno de vehículos, se necesita instrumentos calibrados y/o verificados para obtener resultados con el mínimo error.

Los instrumentos utilizados para la realización de ensayos de inflamabilidad deben tener un control de seguimiento y de medición, entre estos tenemos:

- Flexómetro
- Calibrador Pie de Rey
- Detector de temperatura
- Cronómetro

Estos instrumentos deben ser calibrados y/o verificados internamente dentro de SERCOMEC si poseen los patrones de medida certificados por el INEN u otro laboratorio acreditado por la OAE (Organización de Acreditación Ecuatoriana), si los patrones de medida no están disponibles dentro de SERCOMEC se debe calibrar y/o verificar externamente en dichos laboratorios.

Figura 69. Consideraciones para calibración de instrumentos



Fuente: Manual de Calidad NTE INEN ISO 9001 2008

Para mantener los instrumentos en perfectas condiciones se deberá calibrar y/o verificar cada cierto tiempo, según la tabla 16.

Tabla 16. Frecuencia de calibración de equipos de medición

| Equipo de Medición | Frecuencia |
|---------------------------|-------------------|
| Flexómetro | 12 meses |
| Calibrador Pie de Rey | 12 meses |
| Medidor de Temperatura | 12 meses |
| Cronómetro | |

Fuente: Manual de control de Equipos FUNASA (Fundiciones Nacionales S.A.).

En el País no existe una empresa que se dedique a la calibración de equipos medidores de tiempo, es por eso que se ha adquirido un cronómetro de una marca Q&Q que presenta las mejores garantías en el instrumento. Se recomienda comparar el cronómetro con otro patrón de medida de tiempo cada año, ya que el uso constante disminuye la energía proporcionada por la batería y puede afectar su funcionamiento regular.

Utilización de los instrumentos en el proceso de ensayo:

Tabla 17. Utilización de los instrumentos de medición

| Equipo de Medición | Utilización |
|---------------------------|--|
| Flexómetro | Para tomar la medida de quemado del material ensayado. |
| Calibrador Pie de Rey | Para tomar la medida del espesor del material antes de ensayar. |
| Medidor de Temperatura | Para verificar la temperatura dentro del horno antes del ensayo ($T < 30^{\circ}\text{C}$) |
| Cronómetro | Para tomar el tiempo de quemado de cada material ensayado. |

Fuente: Autores

5.2 Condiciones previos al ensayo

Las muestras de materiales a ensayar deberán acondicionarse 24 horas como mínimo a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa de $50\% \pm 5\%$. En la ciudad de Riobamba tenemos una temperatura promedio de 14°C y una humedad relativa media del 70%, motivo por el cual se deberá construir una cámara de acondicionamiento a las necesidades requeridas. (Estación Meteorológica de la ESPOCH (Información proporcionada desde el año 1976 hasta el 2013))

5.2.1 Dimensionamiento de la cámara de acondicionamiento. El principio fundamental de esta cámara está en que todas las probetas adquieran las mismas condiciones, por lo que se deberá dimensionar de tal manera que ninguna muestra este sobrepuesta una encima de otra.

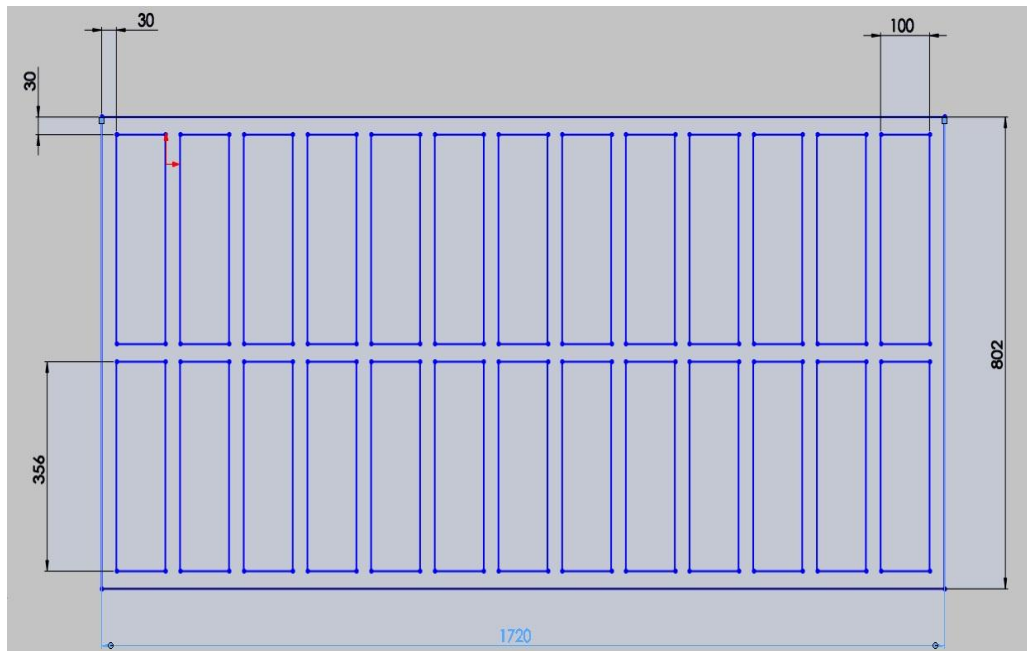
Se asume que el número de materiales a ensayar solicitados por una empresa carroceras sean cinco, pero como se mencionó en los requerimientos de las muestras que como mínimo hay que ensayar 5 probetas del mismo material, motivo por el cual la cámara de acondicionamiento deberá tener la capacidad de recibir 25 muestras.

Partiremos por el tamaño máximo estandarizado según la Norma ISO 3795 que las muestras deben tener previas al ensayo, (100 x 356 mm), si a esta superficie le multiplicamos por 25 probetas el área requerida en la cámara de acondicionamiento es de $0,89\text{ m}^2$.

La distribución más óptima para ubicar las probetas es formando dos filas en la cámara de acondicionamiento con una distancia de 3cm entre muestra y muestra, obteniendo la superficie requerida para recibir 26 probeta.

La altura de la cámara debe ser lo suficientemente apta para poder ubicar las probetas, pero no muy alta para no consumir mucha energía en mantener a 23°C , por ello se ha decidido construir de 40 cm, con una malla al fondo y a 10 cm desde la bandeja de alojamiento de la niquelina.

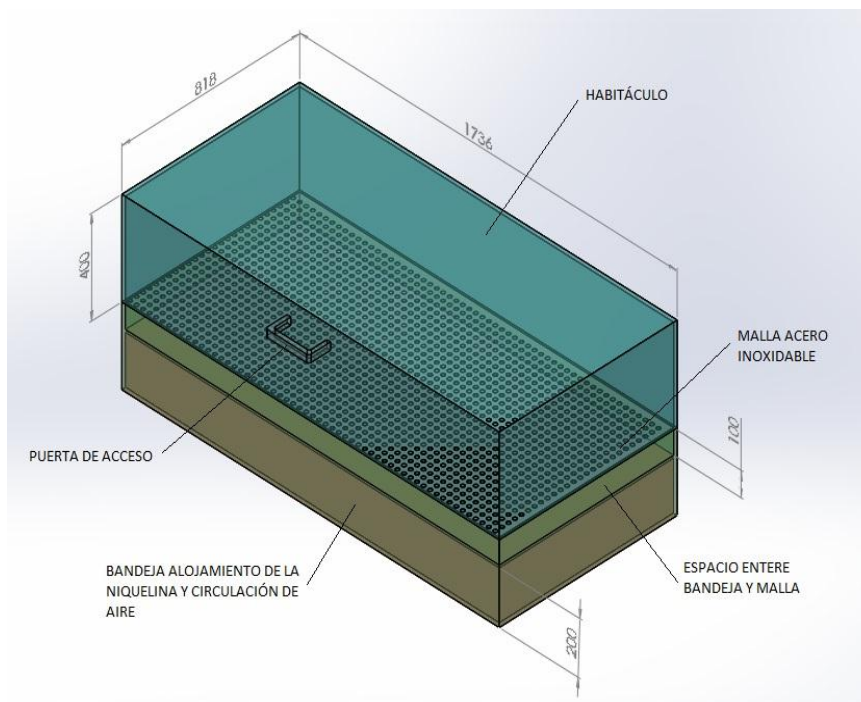
Figura 70. Distribución de probetas en el habitáculo de acondicionamiento



Fuente: Autores

El material a utilizar para el habitáculo será acrílico transparente de 8mm de espesor, ya que no presenta fragilidad y es de fácil mecanizado.

Figura 71. Cámara de acondicionamiento



Fuente: Autores

Para el sistema de calentamiento se utilizará una niquelina, que es una resistencia calefactora tubular fabricada de níquel-cromo que calienta el aire a su paso mediante radiación de calor.

Figura 72. Niquelina tubular de baja potencia



Fuente: Tesis Diseño de un prototipo de incubadora UPS sede Cuenca. Pág. 46

Un ventilador es una máquina rotativa que pone al aire en movimiento, ideal para la circulación de aire a través de la niquelina. Los ventiladores de álabes curvados hacia adelante denominados también de jaula de ardilla, tienen una hélice o rodete curvados en el mismo sentido del giro. Estos ventiladores necesitan poco espacio, poseen baja velocidad periférica y son silenciosos.

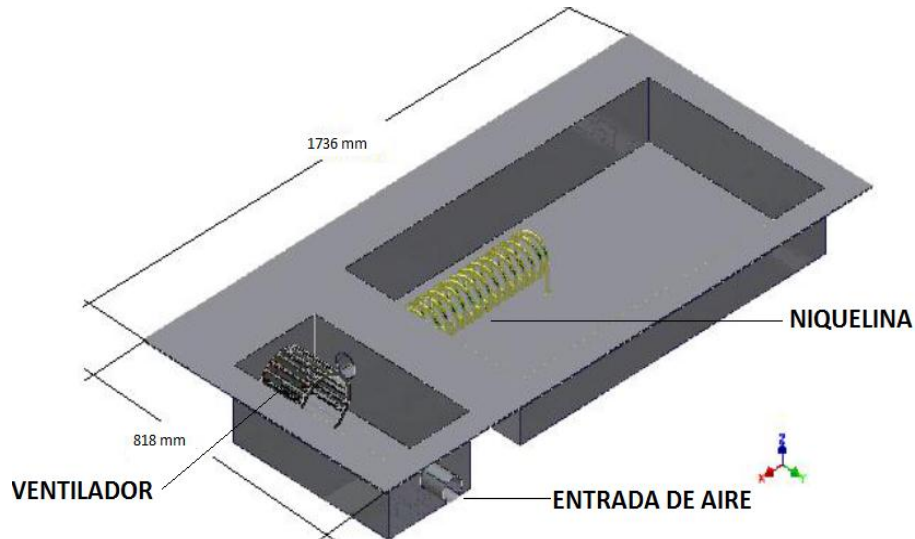
Figura 73. Ventilador alabes centrífugo



Fuente: Tesis Diseño de un prototipo de incubadora UPS sede Cuenca. Pág. 46

El armado del sistema de calefacción se monta en una bandeja tal como se describe en la siguiente figura. El material debe ser acero inoxidable para garantizar la vida útil del equipo al estar expuesto a la temperatura de la niquelina.

Figura 74. Bandeja de circulación de aire



Fuente: Tesis Diseño de un prototipo de incubadora UPS Sede Cuenca. Pag. 46

5.3 Método de cálculo de la velocidad de quemado.

La velocidad de quemado B en milímetros por minuto está dado por la fórmula:

$$B = \frac{s}{t} * 60 \quad (18)$$

Dónde:

s= distancia quemada en milímetros.

t= es el tiempo en segundos.


5.4 Informe de ensayo.

El informe del ensayo debe incluir la siguiente información:

- Tipo y el color de las muestras de ensayo.
- Si la muestra era compuesta o de material individual.
- Dimensiones de la muestra, incluyendo los valores máximos y mínimos de espesor.

- Preparación de la muestra, incluido el método de reducción de espesor (si el espesor es mayor a 13mm)
- Posición de la muestra en el producto (longitudinalmente - transversal)
- Número de muestras probadas.
- Resultado de las pruebas.
- Distancia de combustión en milímetros y tiempo de quemado en segundos.
- Otras observaciones (auto-apagado etc.)
- Todo calculado en valores individuales de velocidades de combustión (quemado) en milímetros por minuto.
- Condiciones especiales de ensayo (uso de campana de humos, uso de ventilador, etc.)
- Alguna condición diferente de las especificadas en este estándar internacional.
- Fecha del ensayo.

5.5 Guía de Practica del ensayo.

| | | | |
|---|--|--------------------|---------------------------------------|
|  | TÍTULO: GUÍA DE PRACTICA DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS EN EL RECUBRIMIENTO INTERNO DE VEHÍCULOS. | | CÓDIGO: SERCOMEC-GPEI-01-01 |
| Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: | VIGENTE DESDE: ENERO 2014 |

OBJETO

Esta guía establece los pasos principales que el técnico encargado del laboratorio deberá seguir durante la determinación del índice de inflamabilidad de materiales utilizados en el recubrimiento interno de vehículos.

ALCANCE

Mediante la guía de práctica conjuntamente con el procedimiento del ensayo se verificará si un material utilizado en tapicería de vehículos de transporte masivos de pasajeros cumple con los reglamentos técnicos ecuatorianos.

RECURSOS

A.- HERRAMIENTAS:

- Equipo para ensayos de Inflamabilidad.
- Cronómetro
- Medidor de temperatura
- Calibrador pie de Rey
- Flexómetro

B.- MATERIAL Y/O PROBETAS

- Mínimo 5 probetas de cada material.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El proceso general para el ensayo de inflamabilidad se puede dividir en las siguientes etapas principales.

1. Preparar el equipo e instrumentos de medición.
2. Sacar la probeta a ser ensayada de la cámara de acondicionamiento.
3. Colocar la probeta en el portamuestras.
4. Luego de regular la llama durante un minuto, colocar el portamuestras en la cámara de combustión.
5. Exponer la probeta a la llama durante 15 segundos.
6. Observar y tomar el tiempo de quemado con el cronómetro manual.
7. Elaborar la ficha de reporte del ensayo de inflamabilidad según la NORMA ISO 3795.

CÓDIGOS DE REFERENCIA

- SERCOME-MO-EEI-01
- SERCOME-PEM-01-02
- SERCOME- FEM-01-04
- SERCOME-RM-01-06
- SERCOME-DP-01-07
- SERCOME-RA-01-08
- SERCOME-PI-01-09

PROCEDIMIENTO PARA EVALUACIÓN DE ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS EN RECUBRIMIENTO INTERNO DE VEHÍCULOS.

Para la realización del ensayo de inflamabilidad de materiales, se debe guiar en un formato, con una serie de pasos y requisitos que se deben cumplir antes, durante y después de cada prueba.

La guía se ha elaborado de acuerdo a los requisitos, condiciones y recomendaciones establecidas en la norma ISO 3795.

| | | | |
|---|--|--------------|-------------------------------|
|  | TÍTULO: PROCEDIMIENTO PARA EVALUACIÓN DE ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS EN RECUBRIMIENTO INTERNO DE VEHÍCULOS SEGÚN LA NORMA ISO 3795 | | CÓDIGO: SERCOMEC-PEM-01-02 |
| | Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: |

| PASO | ACTIVIDAD | DOCUMENTO | RESPONSABLE |
|------|---|--|---|
| 1 | La empresa interesada elabora la solicitud para realizar ensayos de inflamabilidad de materiales utilizados en el recubrimiento interno de vehículos. | Formato sercomec-MS-01-04 | Representante legal de la empresa. |
| 2 | Representantes de SERCOMEC realizan la revisión de la solicitud y programación de actividades para realización de los ensayos en los materiales. | Formato plan de evaluación de materiales utilizados en el recubrimiento de vehículos. SERCOMEC-FEM-01-04 | Coordinador Técnico del laboratorio y asistente de oficina. |
| 3 | El representante de SERCOMEC y la empresa solicitante, concretan la fecha y hora en que se realizará el ensayo. | Formato plan de evaluación de materiales utilizados en el recubrimiento de vehículos. SERCOMEC-FEM-01-04 | Coordinador Técnico del laboratorio y asistente de oficina. |
| 4 | La empresa solicitante deberá proporcionar al menos 5 muestras de | Recepción de materiales para | Representante legal de la |

| | | | |
|----|---|--|-------------------------|
| | cada material a ensayar, 36 horas antes de la prueba. | evaluación de índice de inflamabilidad. SERCOMECS-RM-01-05 | empresa. |
| 5 | Preparar las muestras a las medidas necesarias para la realización del ensayo. Es decir estandarizar la longitud, anchura y espesor de las probetas. | Dimensionamiento de las probetas recibidas según la norma ISO3795. SERCOMECS-DP-01-06 | Técnico de Laboratorio. |
| 6 | Las muestras deben ser acondicionadas por al menos 24 horas pero no más de 7 días a una temperatura de (23 °C ± 2 °C) y una humedad relativa de (50% ± 5%). Mantener a estas condiciones hasta el momento del ensayo. | Formato registro de acondicionamiento de las muestras SERCOMECS-RA-01-08 | Técnico de Laboratorio. |
| 7 | Toma de datos de los materiales antes del ensayo (Número de muestras, color, material simple o compuesto, espesor, anchura, longitud, etc.) | Reporte del ensayo de inflamabilidad según la norma ISO 3795 SERCOMECS-REI-01-03 | Técnico de Laboratorio. |
| 8 | Preparación de todos los instrumentos de medición utilizados en el ensayo (Medidor de temperatura, cronómetros, flexómetro, calibrador pie de rey) | Preparación de instrumentos de medición SERCOMECS-PI-01-09 | Técnico de Laboratorio. |
| 9 | Colocar la probeta en el portamuestras con el lado visible por el ocupante del vehículo hacia la llama. | Manual de operación SERCOMECS-MO-EEI-01 | Técnico de Laboratorio. |
| 10 | Regular la dimensión de la llama a 38 mm de altura y dejar estabilizar por lo menos 1 minuto. | Manual de operación SERCOMECS-MO-EEI-01 | Técnico de Laboratorio. |
| 11 | Introducir el portamuestras dentro de la cámara de combustión y suministrar la llama durante 15 segundos y luego cortar el flujo de gas. | Manual de operación SERCOMECS-MO-EEI-01 | Técnico de Laboratorio. |
| 12 | Empezar con la medición del tiempo desde que la base de la llama pase por el primer punto medible. (El | Manual de operación SERCOMECS- | Técnico de Laboratorio. |

| | | | |
|----|---|---|--|
| | primer punto medible será a 38 mm a partir del punto en donde comienza la combustión del material) | MO-EEI-01 | |
| 13 | Pausar el cronómetro en el momento en que la llama pase por el último punto medible o cuando se auto-extinga el material. Si la llama en el material no pasa el primer punto medible o no se inflama, reportar que tiene una velocidad de combustión de 0 mm/min (El último punto medible será la arista final de la muestra) | De acuerdo a Norma ISO 3795 (Numeral 7 Procedure). | Técnico de Laboratorio. |
| 14 | Retirar el portamuestras de la cámara de combustión y medir con el flexómetro la longitud descompuesta por la llama en el material. | Manual de operación SERCOMEC-MO-EEI-01 | Técnico de Laboratorio. |
| 15 | Determinar la velocidad de combustión de cada muestra ensayada. $B = \frac{s}{t} * 60$ <i>s= Distancia quemada del material en mm.</i> <i>t= Tiempo de quemado en segundos.</i> | Reporte del ensayo de inflamabilidad según la norma ISO 3795 SERCOMEC-REI-01-03 | Técnico de Laboratorio. |
| 16 | Transcribir y evaluar los resultados en la hoja de reporte final del ensayo y comparar con los ítems 5.3.7 del RTE 041, numeral 4.2.12 literal e del RTE 043 y numeral 5.1.2.7 literal d de la NTE 2205. ($B \leq 250 \text{mm/min}$) | Reporte del ensayo de inflamabilidad según la norma ISO 3795 SERCOMEC-REI-01-03 | Técnico de Laboratorio. |
| 17 | Para la realización de un nuevo ensayo verificar que la temperatura dentro de la cámara de combustión este máximo a 30° Celsius. | Manual de operación SERCOMEC-MO-EEI-01 | Técnico de Laboratorio. |
| 18 | Elaboración del informe técnico del ensayo de inflamabilidad de materiales. | Reporte del ensayo de inflamabilidad según la norma ISO 3795 SERCOMEC-REI-01-03 | Coordinador Técnico del laboratorio y asistente de oficina |
| 19 | Aprobación y emisión del informe. | Ítems 5.3.7 del RTE 041, numeral 4.2.12 literal e del RTE 043 y numeral | Coordinador Técnico del laboratorio y asistente de |

| | | | |
|----|------------------------------|--|-------------------|
| | | 5.1.2.7 literal d de la NTE 2205. Reporte del ensayo de inflamabilidad según la norma ISO 3795 SERCOMEC-REI-01-03 | oficina |
| 20 | Facturación de los servicios | Factura | Personal SERCOMEC |

CRONOGRAMA PARA LA EVALUACIÓN DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS EN EL RECUBRIMIENTO INTERNO DE VEHÍCULOS.

| Plazo | Semana 1 | | | | | Semana 2 | | | | |
|-------------------------------|----------|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Actividad | | | | | | | | | | |
| 1,2,3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5,6 | | | | | | | | | | |
| 7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17 | | | | | | | | | | |
| 18,19,20. | | | | | | | | | | |

Fuente: Autores

DESCRIPCIÓN

Las actividades 1, 2,3 se realizan en los dos primeros días de iniciado el proceso, entre la actividad 3 y 4 depende de acuerdo entre las partes (SERCOMEC-SOLICITANTE), pero generalmente es inmediata, es decir con un máximo de 2 días de espera, esto es por la disponibilidad del laboratorio y de su encargado. Entre las actividades 4 y 5 habrá un día de desfase como mínimo para la preparación de las muestras. Las actividades 7 hasta la 17 se lo realizará en un solo día si la cantidad de muestras lo permiten, sino se extenderá hasta terminar con todas las probetas. Desde la actividad 18 a la 20 se lo realizará inmediatamente al concluir los ensayos, pero se necesitará como mínimo un día para la interpretación y evaluación de resultados.

| | | | |
|---|---|---------------------|--------------------------------------|
|  | TÍTULO: REPORTE DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD SEGÚN LA NORMA ISO 3795 | | CÓDIGO: SERCOMEC-REI-01-03 |
| | Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: |

REPORTE DE ENSAYO N°-.....

OBJETIVO

Determinar el índice de inflamabilidad del....., material utilizado en....., según la NORMA ISO 3795.

RECURSOS

A.- HERRAMIENTAS:

- Equipo para ensayos de Inflamabilidad.
- Cronómetro
- Medidor de temperatura
- Calibrador pie de Rey
- Flexómetro

B.- MATERIAL Y/O PROBETAS

- Mínimo 5 probetas de cada material.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

El proceso general para el ensayo de inflamabilidad se puede dividir en las siguientes etapas principales.

- 1 Preparar el equipo e instrumentos de medición.
- 2 Sacar la probeta a ser ensayada de la cámara de acondicionamiento.
- 3 Colocar la probeta en el portamuestras.
- 4 Luego de regular la llama durante un minuto, colocar el portamuestras en la cámara de combustión.
- 5 Exponer la probeta a la llama durante 15 segundos.
- 6 Observar y tomar el tiempo de quemado con el cronómetro manual.
- 7 Elaborar la ficha de reporte del ensayo de inflamabilidad según la NORMA ISO 3795.

DATOS GENERALES

FECHA DE ENSAYO :
LABORATORIO :
RESPONSABLE DEL ENSAYO:

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL SIMPLE
MATERIAL COMPUESTO
MATERIAL O MATERIALES:
COLOR DEL MATERIAL :
TIPO DE UNIÓN:
ESPESOR (mm).....MÁXIMO.....MÍNIMO.....
MÉTODO DE REDUCCIÓN (Si éste aplica).....
LONGITUD (mm).....ANCHURA (mm).....

ENSAYO

POSICIÓN DE LA MUESTRA:
NÚMERO DE MUESTRAS:
CONDICIONES DIFERENTES A ISO 3795
.....
.....
.....

IMAGEN DEL MATERIAL PREVIO AL ENSAYO



| RESULTADOS DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD | | | | |
|---|---------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|
| ÍTEM | DISTANCIA QUEMADA (mm) | TIEMPO DE LLAMA (s) | VELOCIDAD DE QUEMADO (mm/min) | APRUEBA (SI - NO) |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

Método de cálculo del índice de inflamabilidad promedio del material.

Como mínimo se necesitan 5 probetas de cada material a ensayar, por lo cual se necesitará el tiempo promedio para verificar si el material cumple o no con la normativa expuesta en el procedimiento.

| Ítem | VELOCIDAD DE QUEMADO (mm/min) |
|----------|----------------------------------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| PROMEDIO | |

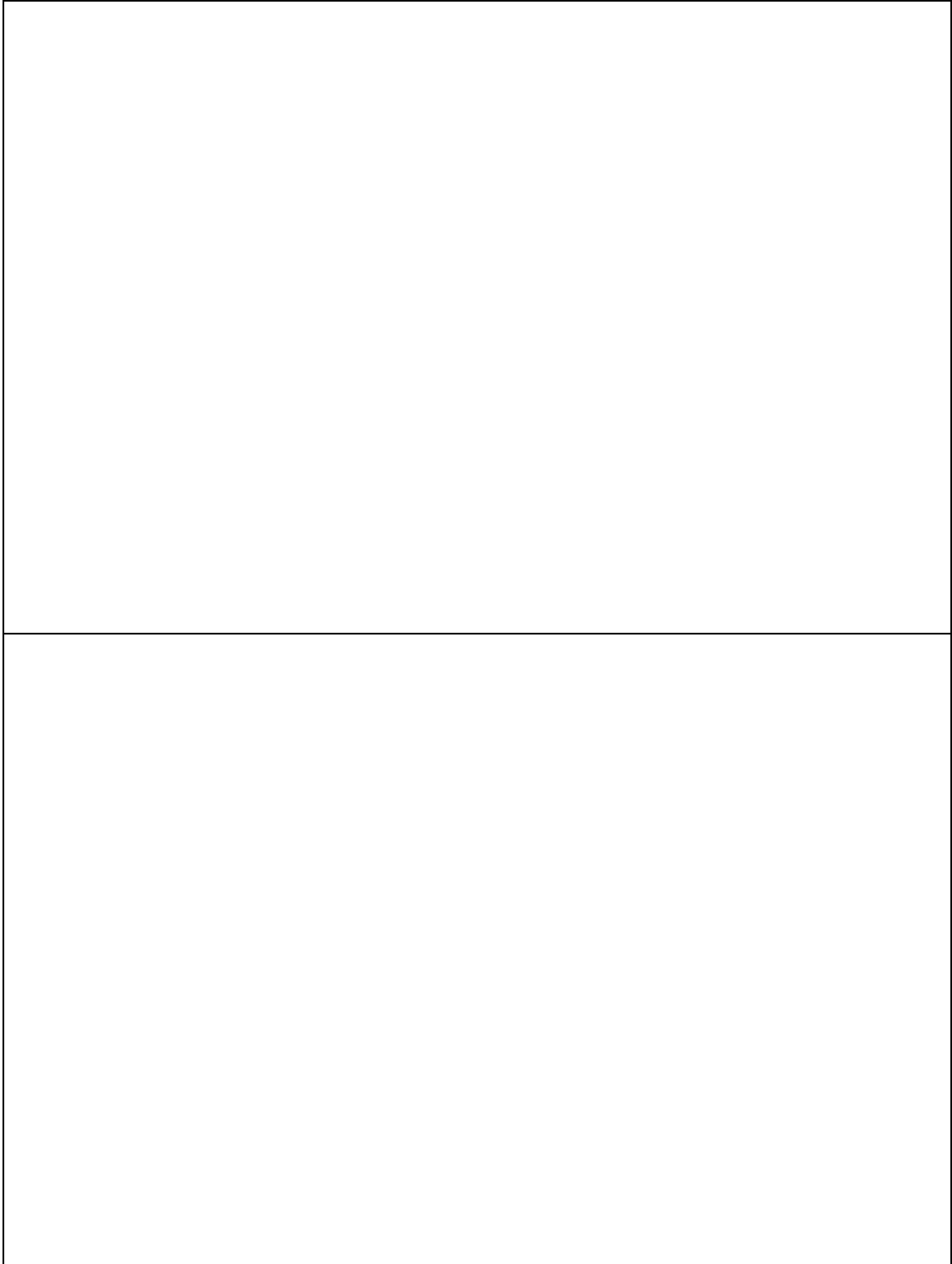
$$\bar{B} = \sum_{i=0}^{i=n} B / n$$

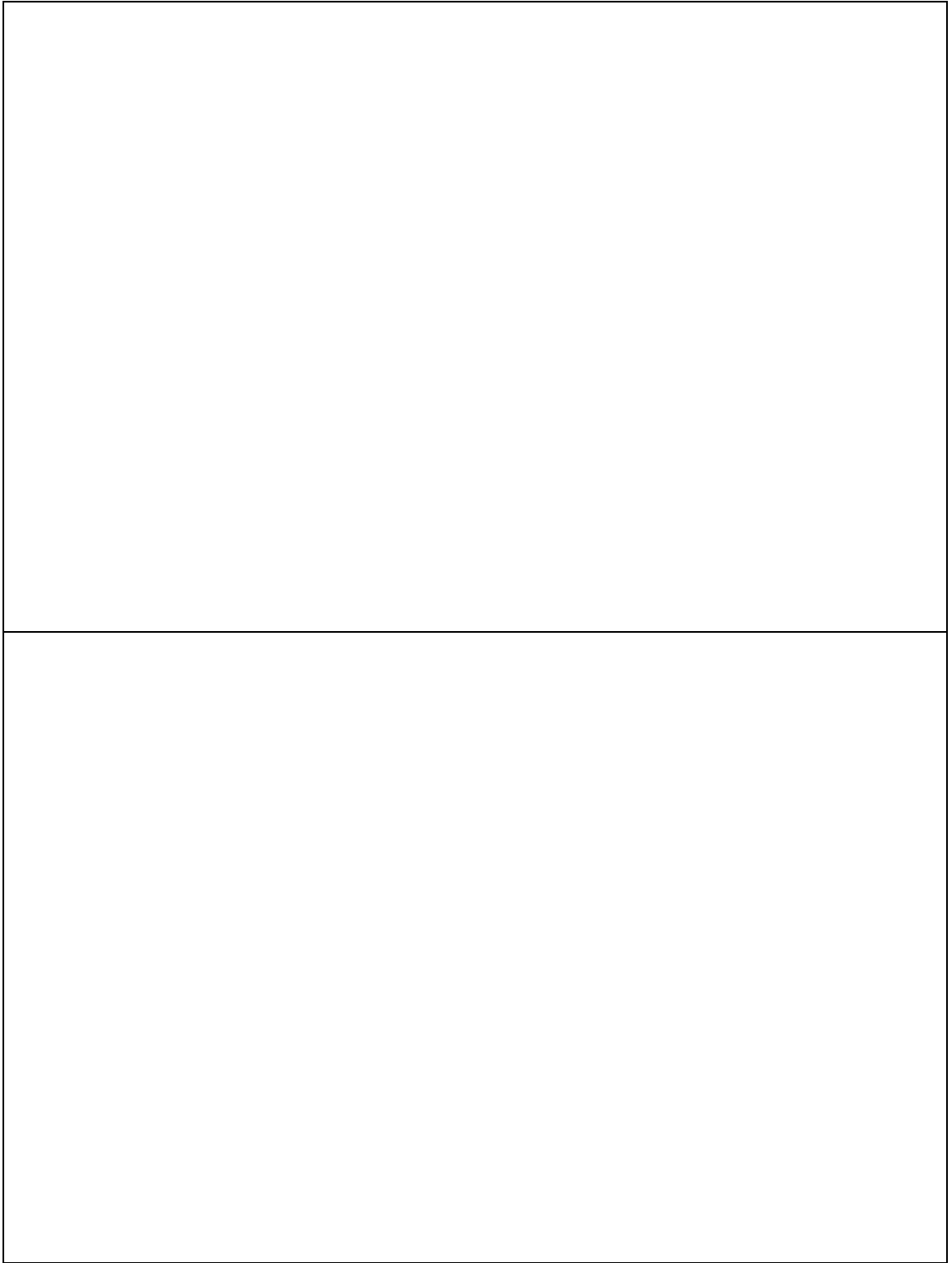
Para determinar el índice de combustión promedio se sumará todos los tiempos de quemado de las 5 o más probetas y se dividirá para el número de probetas.

El promedio de la velocidad de combustión de los materiales será comparada con:

| | |
|---|--------------------------------|
| Numeral 5.3.7 del RTE 041, Numeral 4.2.12 literal e del RTE 043 Numeral 5.1.2.7 literal d de la NTE 2205. | ($B \leq 250 \text{mm/min}$) |
|---|--------------------------------|

ANEXAR FOTOGRAFÍAS DE CADA MATERIAL ENSAYADO CON TAMAÑO MÍNIMO DE 15 X 10 cm (NORMA US-FMVSS 302)






CONCLUSIONES.....
.....
.....

OBSERVACIONES:

NOTA: En observaciones se dará a saber si el material no se inflamó o se auto-extinguió, o si se produjo alguna condición diferente a las explicadas en procedimientos.

.....
**TÉCNICO ENCARGADO
DE REALIZAR EL ENSAYO.**

DOCUMENTOS PREVIOS AL ENSAYO

| | | |
|---|--|--|
|  | TÍTULO: MODELO DE SOLICITUD DE SERVICIOS DE DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADO EN EL RECUBRIMIENTO INTERNO DE VEHÍCULOS | CÓDIGO: SERCOMEC-MS-01-05 |
| N° REVISIÓN: <p style="text-align: center; font-weight: bold;">00</p> | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: VIGENTE DESDE: ENERO 2014 |

SOLICITUD DE SERVICIO N°-

FECHA:

ATENCIÓN: Ing. Geovanny Novillo

DIRECTOR EJECUTIVO DE SERCOMEC-ESPOCH

Por medio de la presente solicito a usted la realización del ensayo del índice de inflamabilidad de materiales utilizados en el recubrimiento interno de vehículos, cuyos datos adjunto a continuación.

| DATOS DEL MATERIAL | |
|---|--------------------------------|
| Nombre del Material | |
| Número de muestras | |
| Color de las muestras | |
| Espesor de las muestras | |
| Utilización del material en la carrocería | |
| DATOS DE LA EMPRESA | |
| Nombre de la Empresa | |
| RUC | |
| Representante legal | |
| Técnico responsable de la Empresa | |
| Teléfono | |
| E- Mail | |
| ALCANCE DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES | |
| El alcance de la evaluación es verificar si el material cumple o no con los literales expuestos en las siguientes normas. | |
| Numeral 5.3.7 del RTE 041, Numeral 4.2.12 literal e del RTE 043 Numeral 5.1.2.7 literal d de la NTE 2205. | ($B \leq 250 \text{mm/min}$) |

Seguros de contar con la atención inmediata a nuestro requerimiento, le anticipamos nuestro agradecimiento.

.....
REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA

| | | | |
|---|---|---------------------|--------------------------------------|
|  SERCOMEC <small>CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE SERVICIOS Y CONSTRUCCIONES MECÁNICAS</small> | TÍTULO: FORMATO PLAN DE EVALUACIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS EN EL RECUBRIMIENTO DE VEHÍCULOS | | CÓDIGO: SERCOMEC-FEM-01-04 |
| | Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: |

Plan de Evaluación N°-.....

Fecha:

| | |
|-----------------------------------|--|
| RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA | |
| DIRECCIÓN DE LA EMPRESA | |
| DOCUMENTOS LEGALES DE LA EMPRESA | |
| RUC | |
| REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA | |
| TELÉFONO | |
| E-MAIL | |

EQUIPO EVALUADOR:

El equipo evaluador está integrado por:.....(Técnico)

.....(Asistente)

ALCANCE DE LA EVALUACIÓN:

El alcance de la evaluación es verificar si el material cumple o no con los literales expuestos en las siguientes normas

Numeral 5.3.7 del RTE 041,

Numeral 4.2.12 literal e del RTE 043

Numeral 5.1.2.7 literal d de la NTE 2205.

PROGRAMACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE MATERIALES


| ACTIVIDAD | DÍA | HORA |
|----------------------------------|-----|------|
| Recepción de Materiales | | |
| Dimensionamiento de las muestras | | |
| Ensayo | | |
| Entrega de resultados | | |

CONFIDENCIALIDAD: Los evaluadores de SERCOMEC firman el compromiso de confidencialidad de toda la información recibida y revisada de los materiales utilizados por la empresa en el recubrimiento interno de los BUSES durante el proceso de evaluación.

.....
 f) DIRECTOR EJEC. SERCOMEC f) TÉCNICO SERCOMEC f) ASISTENTE TÉCNICO DE SERCOMEC

COMPROMISO: La empresa solicitante del servicio se compromete a cancelar el costo del mismo de acuerdo a los costos establecidos mediante el convenio de SERCOMEC –empresa.

.....
 f) REPRESENTANTE LEGAL EMPRESA (SELLO)

| | | | |
|---|---|--------------|------------------------------|
|  SERCOMEC <small>CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE SERVICIOS Y CONSTRUCCIONES MECÁNICAS</small> | TÍTULO: RECEPCIÓN DE MATERIALES PARA EVALUACIÓN DE ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD | | CÓDIGO: SERCOMEC-RM-01-06 |
| | Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: |

Los materiales deben cumplir con las exigencias indicadas en requisitos y recomendaciones mostradas en el numeral 5.1.1 Muestras de la NORMA ISO 3795.

| Nº | Nombre del material | Color del material | Uso del material en la carrocería | Longitud y anchura (mm) | | Espesor (mm) | Cumple con las especificaciones para ser ensayado | |
|----|---------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------|--|--------------|---|----|
| | | | | | | | SI | NO |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |

Nota:

- El espesor máximo debe ser de 13mm. Si el material se lo permite se lo reducirá de espesor mediante procesos mecánicos.
- Las dimensiones se verifica con requerimientos de las probetas en el numeral 5.1.1 Muestras de la NORMA ISO 3795.

.....
TÉCNICO RESPONSABLE

| | | | |
|---|---|---------------------|-------------------------------------|
|  SERCOMEC <small>CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE SERVICIOS Y CONSTRUCCIONES MECÁNICAS</small> | TÍTULO: DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROBETAS RECIBIDAS SEGÚN LA NORMA ISO 3795 | | CÓDIGO: SERCOMEC-DP-01-07 |
| | Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: |

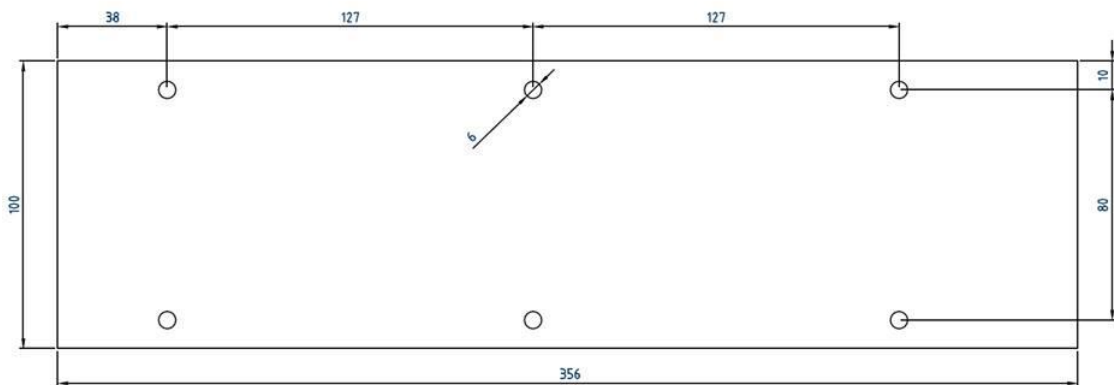
Para la realización del ensayo se debe cortar las probetas a las dimensiones especificadas en el numeral 5.1.1. Muestras de la NORMA ISO 3795.

Nombre del material :

Material simple o compuesto :

Uso del material en la Carrocería:

Fecha :



| Nº- | Dimensión Inicial (longitud x anchura) (mm) | Dimensión Final (longitud x anchura) (mm) | Método de corte | Espesor inicial (mm) | Espesor Final (mm) | Método de reducción del espesor |
|-----|---|---|-----------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |

.....
TÉCNICO RESPONSABLE


| | | | |
|---|--|--------------------|---------------------------------|
|  SERCOMEC <small>CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE SERVICIOS Y CONSTRUCCIONES MECÁNICAS</small> | TÍTULO: | | CÓDIGO: |
| | REGISTRO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS | | SERCOMEC -RA-01-08 |
| Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: | VIGENTE DESDE: ENERO 2014 |

Las muestras deben ser acondicionadas por al menos 24 horas pero no más de 7 días a una temperatura de (23 °C ± 2 °C) y una humedad relativa de (50% ± 5%). Mantener a estas condiciones hasta el momento del ensayo.

De acuerdo a la Norma ISO 3795
(Numeral 6.3 Conditioning).

| Nº- | NOMBRE DEL MATERIAL | TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO (horas) | TEMPERATURA (°C) | HUMEDAD RELATIVA (%) |
|-----|---------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

.....
TÉCNICO RESPONSABLE

| | | | |
|---|--|--------------------|------------------------------|
|  SERCOMEC <small>CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE SERVICIOS Y CONSTRUCCIONES MECÁNICAS</small> | TÍTULO: | | CÓDIGO: |
| | PREPARACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN | | SERCOMEC-PI-01-09 |
| Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: | VIGENTE DESDE: ENERO 2014 |

Se deberá verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los instrumentos, llevando un registro de calibración con la última fecha que se realizó dicho requisito.

| Instrumento | Función | Última fecha de calibración y/o verificación | Cumple | |
|------------------------|---------|--|--------|------|
| | | | SI | O NO |
| Flexómetro | | | | |
| Calibrador pie de Rey | | | | |
| Medidor de Temperatura | | | | |
| Cronómetro | | | | |

.....
TÉCNICO RESPONSABLE

CAPÍTULO VI

6. PRUEBAS DEL EQUIPO Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

6.1 Pruebas del equipo

Antes de realizar las pruebas del equipo, es necesario revisar el sistema electrónico y el sistema de suministro del gas, para garantizar el óptimo funcionamiento del equipo.

6.1.1 Pruebas del sistema eléctrico-electrónico. El circuito eléctrico debe estar conectado correctamente, garantizando la funcionalidad de cada uno de los componentes electrónicos y evitando que se produzca cortocircuitos que conllevará a una avería total del sistema eléctrico.

Tabla 18. Funcionamiento del sistema eléctrico -electrónico

| ELEMENTOS | FUNCIONAMIENTO |
|-------------------------------|---|
| Programación | El programa descargado en los PICs ejecuta correctamente todos los comandos, controlando todo el sistema de funcionamiento del equipo. |
| LCD 16x4 | El contraste y brillo es adecuado para la visualización de su contenido. |
| LCD16x2 | El contraste y brillo es adecuado para la visualización de su contenido. |
| Teclado matricial | El ingreso de datos mediante éste dispositivo es muy sensible y sin error. |
| PIC 877 A | Los 40 pines del PIC transmiten adecuadamente la señal eléctrica. |
| PIC 628 A | Los 18 pines del PIC transmiten adecuadamente la señal eléctrica. |
| Válvula solenoide | Se abre y cierra correctamente según la señal emitida por el PIC 877 A, pero su constante funcionamiento recalienta la bobina por lo que se incorporó un ventilador para su enfriamiento. |
| Fuente de ignición por chispa | Según la programación, el encendido de la fuente de ignición es 2 segundos, tiempo que se ha probado y es suficiente para encender la llama del mechero de Bunsen, además brinda el voltaje necesario requerido para generar chispas en los electrodos. |
| Electrodos | La chispa generada por estos componentes encienden perfectamente la llama. La distancia entre la boquilla del mechero de Bunsen y los electrodos es adecuada para la ignición de la flama. |

Fuente: Autores

6.1.2 Cámara de combustión, conexión del gas y quemador. La selección del material para la cámara de combustión el acero AISI 304 resiste normalmente a altas temperaturas, sin presentar deformación en ninguno de sus lados.

La conexión del gas no presenta fugas en toda de su trayectoria, las abrazaderas incorporadas fueron ajustadas correctamente para tener un sello hermético.


El mechero de Bunsen seleccionado, permite regular la altura de la llama a 38 mm tal como especifica la norma ISO 3795.

Figura 75. Funcionamiento del equipo



Fuente: Autores

6.2 Resultados de los ensayos

| | | | |
|---|--|--------------|-----------------------------------|
|  | TÍTULO: REPORTE DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD SEGÚN LA NORMA ISO 3795 | | CÓDIGO: SERCOMEC-REI-01-03 |
| | Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: |

REPORTE DE ENSAYO N°- 01

OBJETIVO

Determinar el índice de inflamabilidad del expandible colombiano - Poliestireno, material utilizado en paredes internas de buses, según la NORMA ISO 3795.

RECURSOS

A.- HERRAMIENTAS:

- Equipo para ensayos de Inflamabilidad.
- Cronómetro
- Medidor de temperatura
- Calibrador pie de Rey
- Flexómetro

B.- MATERIAL Y/O PROBETAS

- Mínimo 5 probetas de cada material.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

El proceso general para el ensayo de inflamabilidad se puede dividir en las siguientes etapas principales.

- 1 Preparar el equipo e instrumentos de medición.
- 2 Sacar la probeta a ser ensayada de la cámara de acondicionamiento.
- 3 Colocar la probeta en el portamuestras.
- 4 Luego de regular la llama durante un minuto, colocar el portamuestras en la cámara de combustión.
- 5 Exponer la probeta a la llama durante 15 segundos.
- 6 Observar y tomar el tiempo de quemado con el cronómetro manual.
- 7 Elaborar la ficha de reporte del ensayo de inflamabilidad según la NORMA ISO 3795.

DATOS GENERALES

FECHA DE ENSAYO: 2013-12-11

LABORATORIO: Facultad de Mecánica - ESPOCH

RESPONSABLE DEL ENSAYO: Técnico de SERCOMEC

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL SIMPLE

MATERIAL COMPUESTO

MATERIAL O MATERIALES: Expandible colombiano - Poliestireno

COLOR DEL MATERIAL: Azul

TIPO DE UNIÓN:

ESPESOR (mm): 1,5MÁXIMO: 1,5MÍNIMO: 1,5

MÉTODO DE REDUCCIÓN (Si éste aplica).....

LONGITUD (mm): 356ANCHURA (mm): 100

ENSAYO

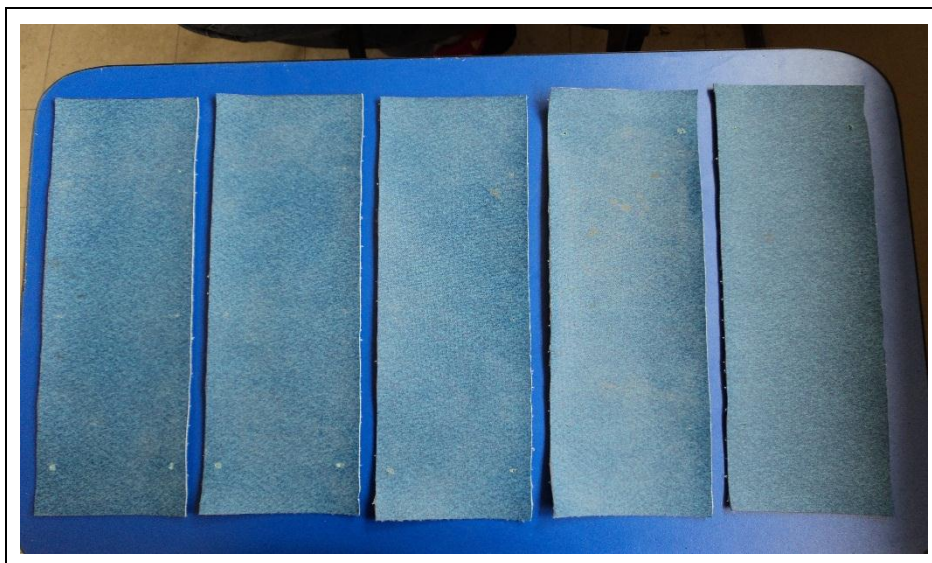
POSICIÓN DE LA MUESTRA: Longitudinal

NÚMERO DE MUESTRAS: Cinco

CONDICIONES DIFERENTES A ISO 3795

.....
.....
.....

IMAGEN DEL MATERIAL PREVIO AL ENSAYO



| RESULTADOS DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD | | | | |
|---|---------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|
| ÍTEM | DISTANCIA QUEMADA (mm) | TIEMPO DE LLAMA (s) | VELOCIDAD DE QUEMADO (mm/min) | APRUEBA (SI - NO) |
| 1 | 89 | 108,38 | 49,27 | X |
| 2 | 62 | 68,22 | 54,53 | X |
| 3 | 85 | 116,34 | 43,84 | X |
| 4 | 85 | 76,31 | 66,83 | X |
| 5 | 14 | 26,13 | 32,15 | X |

Método de cálculo del índice de inflamabilidad promedio del material.

Como mínimo se necesitan 5 probetas de cada material a ensayar, por lo cual se necesitará el tiempo promedio para verificar si el material cumple o no con la normativa expuesta en el procedimiento.

| Ítem | VELOCIDAD DE QUEMADO (mm/min) |
|----------|----------------------------------|
| 1 | 49,27 |
| 2 | 54,53 |
| 3 | 43,84 |
| 4 | 66,83 |
| 5 | 32,15 |
| PROMEDIO | 49,324 |

$$\bar{B} = \sum_{i=0}^{i=n} B / n$$

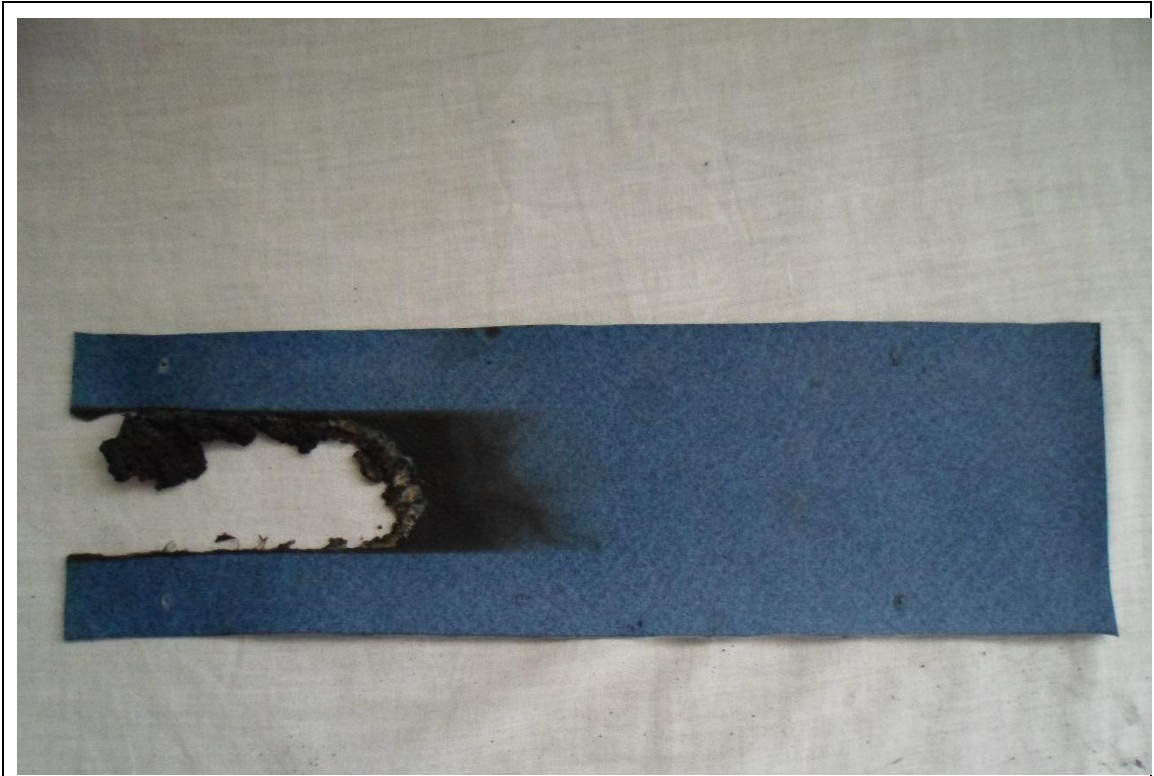
Para determinar el índice de combustión promedio se sumará todos los tiempos de quemado de las 5 o más probetas y se dividirá para el número de probetas.

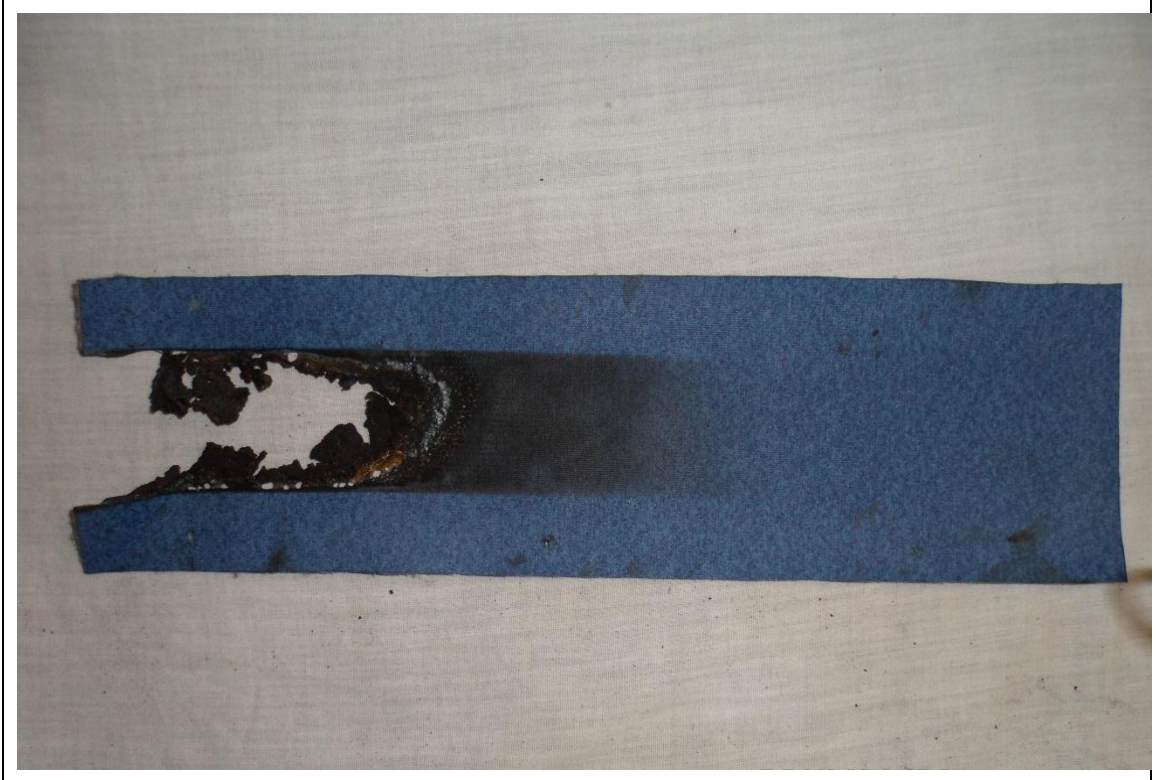
El promedio de la velocidad de combustión de los materiales será comparada con:

Numeral 5.3.7 del RTE 041,
Numeral 4.2.12 literal e del RTE 043
Numeral 5.1.2.7 literal d de la NTE 2205.

($B \leq 250 \text{mm/min}$)

ANEXAR FOTOGRAFÍAS DE CADA MATERIAL ENSAYADO CON TAMAÑO MÍNIMO DE 15 X 10 cm (NORMA US-FMVSS 302)







CONCLUSIONES: El expandible colombiano - poliestireno ha obtenido una velocidad de combustión de 49,324 mm/min, cumpliendo con los reglamentos y normativas ecuatorianas.


OBSERVACIONES:

NOTA: En observaciones se dará a saber si el material no se inflamó o se auto-extinguió, o si se produjo alguna condición diferente a las explicadas en procedimientos.

.....

TÉCNICO ENCARGADO
DE REALIZAR EL ENSAYO.

DOCUMENTOS PREVIOS AL ENSAYO

| | | |
|---|---|-------------------------------------|
|  | TÍTULO: MODELO DE SOLICITUD DE SERVICIOS DE DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADO EN EL RECUBRIMIENTO INTERNO DE VEHÍCULOS | CÓDIGO: SERCOMEC-MS-01-05 |
| Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: |
| | | VIGENTE DESDE: ENERO 2014 |

SOLICITUD DE SERVICIO Nº- 01

FECHA: 2013-12-02

ATENCIÓN: Ing. Geovanny Novillo

DIRECTOR EJECUTIVO DE SERCOMEC-ESPOCH

Por medio de la presente solicito a usted la realización del ensayo del índice de inflamabilidad de materiales utilizados en el recubrimiento interno de vehículos, cuyos datos adjunto a continuación.

| DATOS DEL MATERIAL | |
|---|------------------------------------|
| Nombre del Material | Poliestireno-expandible colombiano |
| Número de muestras | Cinco |
| Color de las muestras | Azul |
| Espesor de las muestras | 1,5mm |
| Utilización del material en la carrocería | Paredes laterales de buses |
| DATOS DE LA EMPRESA | |
| Nombre de la Empresa | XXXXXX |
| RUC | XXXXXX |
| Representante legal | XXXXXX |
| Técnico responsable de la Empresa | XXXXXX |
| Teléfono | XXXXXX |
| E- Mail | XXXXXX |
| ALCANCE DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES | |
| El alcance de la evaluación es verificar si el material cumple o no con los literales expuestos en las siguientes normas. | |
| Numeral 5.3.7 del RTE 041, Numeral 4.2.12 literal e del RTE 043 Numeral 5.1.2.7 literal d de la NTE 2205. | ($B \leq 250 \text{mm/min}$) |

Seguros de contar con la atención inmediata a nuestro requerimiento, le anticipamos nuestro agradecimiento.

.....
 REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA

| | | | |
|---|---|---------------------|--------------------------------------|
|  SERCOMEC <small>CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE SERVICIOS Y CONSTRUCCIONES MECÁNICAS</small> | TÍTULO: FORMATO PLAN DE EVALUACIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS EN EL RECUBRIMIENTO DE VEHÍCULOS | | CÓDIGO: SERCOMEC-FEM-01-04 |
| | Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: |

Plan de Evaluación N°- 01

Fecha: 2013-12-05

| | |
|-----------------------------------|--------|
| RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA | XXXXXX |
| DIRECCIÓN DE LA EMPRESA | XXXXXX |
| DOCUMENTOS LEGALES DE LA EMPRESA | XXXXXX |
| RUC | XXXXXX |
| REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA | XXXXXX |
| TELÉFONO | XXXXXX |
| E-MAIL | XXXXXX |

EQUIPO EVALUADOR:

El equipo evaluador está integrado por: Carlos Serrano (Técnico)

Diego Padilla (Asistente)

ALCANCE DE LA EVALUACIÓN:

El alcance de la evaluación es verificar si el material cumple o no con los literales expuestos en las siguientes normas

Numeral 5.3.7 del RTE 041,

Numeral 4.2.12 literal e del RTE 043

Numeral 5.1.2.7 literal d de la NTE 2205.

PROGRAMACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE MATERIALES

| ACTIVIDAD | DÍA | HORA |
|----------------------------------|------------|-------|
| Recepción de Materiales | 2013-12-04 | 09h00 |
| Dimensionamiento de las muestras | 2013-12-09 | 10h00 |
| Ensayo | 2013-12-11 | 09h00 |
| Entrega de resultados | 2013-12-16 | 10h00 |

CONFIDENCIALIDAD: Los evaluadores de SERCOMEC firman el compromiso de confidencialidad de toda la información recibida y revisada de los materiales utilizados por la empresa en el recubrimiento interno de los BUSES durante el proceso de evaluación.

.....
f) DIRECTOR EJEC. SERCOMEC


.....
f) TÉCNICO SERCOMEC

.....
f) ASISTENTE TÉCNICO DE SERCOMEC

COMPROMISO: La empresa solicitante del servicio se compromete a cancelar el costo del mismo de acuerdo a los costos establecidos mediante el convenio de SERCOMEC –empresa.

.....
f) REPRESENTANTE LEGAL EMPRESA

(SELLO)

| | | | |
|--|---|--------------|------------------------------|
|  SERCOMEC <small>CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE SERVICIOS Y CONSTRUCCIONES MECÁNICAS</small> | TÍTULO: RECEPCIÓN DE MATERIALES PARA EVALUACIÓN DE ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD | | CÓDIGO: SERCOMEC-RM-01-06 |
| | Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: |


Los materiales deben cumplir con las exigencias indicadas en requisitos y recomendaciones mostradas en el numeral 5.1.1 Muestras de la NORMA ISO 3795.

| Nº | Nombre del material | Color del material | Uso del material en la carrocería | Longitud y anchura (mm) | | Espesor (mm) | Cumple con las especificaciones para ser ensayado | |
|----|---------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----|--------------|---|--|
| | | | | SI | NO | | | |
| 1 | Poliestireno | Azul | Paredes internas | 1000 | 590 | 1,5 | X | |
| 2 | Poliestireno | Azul | Paredes internas | 1000 | 590 | 1,5 | X | |
| 3 | Poliestireno | Azul | Paredes internas | 1000 | 590 | 1,5 | X | |
| 4 | Poliestireno | Azul | Paredes internas | 1000 | 590 | 1,5 | X | |
| 5 | Poliestireno | Azul | Paredes internas | 1000 | 590 | 1,5 | X | |

Nota:

- El espesor máximo debe ser de 13mm. Si el material se lo permite se lo reducirá de espesor mediante procesos mecánicos.
- Las dimensiones se verifica con requerimientos de las probetas en el numeral 5.1.1 Muestras de la NORMA ISO 3795.

.....
TÉCNICO RESPONSABLE

| | | | |
|---|--|--------------|----------------------------------|
|  SERCOMEC CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE SERVICIOS Y CONSTRUCCIONES MECÁNICAS | TÍTULO: DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROBETAS RECIBIDAS SEGÚN LA NORMA ISO 3795 | | CÓDIGO: SERCOMEC- DP-01-07 |
| | Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: |

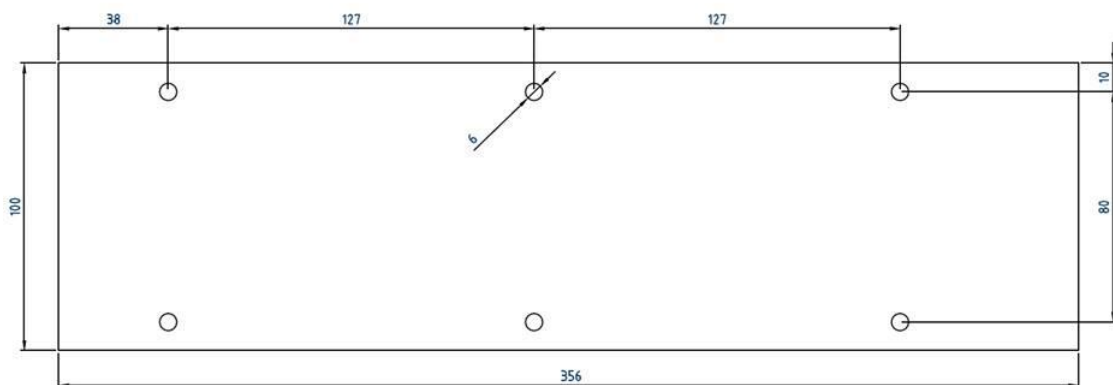
Para la realización del ensayo se debe cortar las probetas a las dimensiones especificadas en el numeral 5.1.1. Muestras de la NORMA ISO 3795

Nombre del material: Poliestireno - expandible colombiano

Material simple o compuesto: Simple

Uso del Material en la Carrocería: Paredes laterales internas

Fecha: 2013-12-09



| Nº- | Dimensión Inicial (longitud x anchura) (mm) | Dimensión Final (longitud x anchura) (mm) | Método de corte | Espesor inicial (mm) | Espesor Final (mm) | Método de reducción del espesor |
|-----|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1000x590 | 356x100 | Corte- cizalla | 1,5 | 1,5 | Ninguno |
| 2 | 1000x590 | 356x100 | Corte- cizalla | 1,5 | 1,5 | Ninguno |
| 3 | 1000x590 | 356x100 | Corte- cizalla | 1,5 | 1,5 | Ninguno |
| 4 | 1000x590 | 356x100 | Corte- cizalla | 1,5 | 1,5 | Ninguno |
| 5 | 1000x590 | 356x100 | Corte- cizalla | 1,5 | 1,5 | Ninguno |

.....
 TÉCNICO RESPONSABLE


| | | | |
|---|--|--------------------|------------------------------|
|  SERCOMEC <small>CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE SERVICIOS Y CONSTRUCCIONES MECÁNICAS</small> | TÍTULO: | | CÓDIGO: |
| | REGISTRO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS | | SERCOMEC-RA-01-08 |
| Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: | VIGENTE DESDE: ENERO 2014 |

Las muestras deben ser acondicionadas por al menos 24 horas pero no más de 7 días a una temperatura de $(23\text{ °C} \pm 2\text{ °C})$ y una humedad relativa de $(50\% \pm 5\%)$. Mantener a estas condiciones hasta el momento del ensayo.

De acuerdo a la Norma ISO 3795
(Numeral 6.3 Conditioning).

| Nº- | NOMBRE DEL MATERIAL | TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO (horas) | TEMPERATURA (°C) | HUMEDAD RELATIVA (%) |
|-----|---------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|
| 1 | Poliestireno | 24 | 23±2 | 50 ± 5 |
| 2 | Poliestireno | 24 | 23±2 | 50 ± 5 |
| 3 | Poliestireno | 24 | 23±2 | 50 ± 5 |
| 4 | Poliestireno | 24 | 23±2 | 50 ± 5 |
| 5 | Poliestireno | 24 | 23±2 | 50 ± 5 |

.....
TÉCNICO RESPONSABLE

| | | | |
|---|--|--------------------|---------------------------------|
|  SERCOMEC <small>CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE SERVICIOS Y CONSTRUCCIONES MECÁNICAS</small> | TÍTULO: | | CÓDIGO: |
| | PREPARACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN | | SERCOMEC- PI-01-09 |
| Nº REVISIÓN: 00 | SUSTITUYE A: | RAZÓN DE REVISIÓN: | VIGENTE DESDE: ENERO 2014 |

Se deberá verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los instrumentos, llevando un registro de calibración con la última fecha que se realizó dicho requisito.

| Instrumento | Función | Última fecha de calibración y/o verificación | Cumple SI O NO | |
|------------------------|--|--|-------------------|--|
| Flexómetro | Medir longitud de quemado | 2013-11-11 | X | |
| Calibrador pie de Rey | Medir el espesor | 2013-11-11 | X | |
| Medidor de Temperatura | Medir la temperatura dentro de la cámara de combustión | 2013-11-11 | X | |
| Cronómetro | Tomar el tiempo de quemado | N/A | X | |

.....
TÉCNICO RESPONSABLE

Se realizó una variedad de ensayos con materiales utilizados en el recubrimiento interno de buses de transporte masivo de pasajeros.

Los materiales han sido recibidos en dimensiones aptas para poder dimensionar al tamaño estandarizado por la NORMA ISO 3795 mediante métodos especificados en cada una de sus tablas. El espesor de cada material cumple con lo que manda la norma, es decir es menor a 13mm pudiendo así ensayar y evaluar el comportamiento frente al fuego de los mismos.

Siguiendo el procedimiento explicado en el capítulo anterior y a condiciones ambientales normales en la ciudad de Riobamba se ha obtenido los siguientes resultados:

Tabla 19. Resultados de los ensayos

| Materiales | Velocidad de combustión (mm/min) |
|--|---|
| Poliestireno-expandible colombiano | 49,32 |
| Tapizón | 85,02 |
| Vinil | 0,00 |
| Moqueta brasilera-Caucho | 0,00 |
| Damasco 2mm (Algodón 100%) + esponja 2mm (Poliuretano) | 130,60 |
| Damasco (100%algodon) | 39,57 |
| Moqueta colombiana (100 % fibra de Polipropileno) | 0,00 |
| Fibra de Vidrio + capa de pintura | 15,35 |

Fuente: Autores

Las fichas y documentos técnicos de cada uno de los materiales se encuentran especificados en el ANEXO J

CAPÍTULO VII

7. COSTOS

En el desarrollo del presente proyecto, se toma en cuenta los costos de materiales, mano de obra, entre otros. Especificando que los materiales utilizados para la construcción del equipo son resistentes a la corrosión y ha altas temperaturas.

7.1 Costos directos

7.1.1 Costos de materiales y accesorios mecánicos.

Tabla 20. Materiales y accesorios mecánicos

| ELEMENTO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANT. | P. UNIT (USD) | COSTO (USD) |
|---------------------------|---------------------------------|--------|-------|---------------|---------------|
| Plancha | Acero inox. AISI 304. de 2mm | - | 0,5 | 285,71 | 160,00 |
| Platina | Acero. AISI 304. de 12mm*25mm | m | 2 | 31,25 | 70,00 |
| Varilla lisa | Acero inox. 3/16 ", AISI 304. | m | 1 | 1,67 | 1,87 |
| Plancha | Acero inox. AISI 304. de 1 mm | - | 0,25 | 197,5 | 55,13 |
| Mechero de Bunsen | Con regulador y llave de aguja | - | 1 | 50,77 | 56,87 |
| Codo | 90° de bronce | - | 1 | 3,79 | 4,25 |
| Unión | Bronce | - | 2 | 3,79 | 8,50 |
| Plancha | Acero inox. AISI 304 de 4mm | - | 0,05 | 457,14 | 25,60 |
| Varilla lisa | Acero inox. AISI 304 de ½" | m | 0,20 | 2,23 | 2,50 |
| Vidrio | Templado de 36*28*0,5 cm | cm. | 1 | 35,71 | 40,00 |
| Empaque | Resistente al calor | - | 1,5 | 3,90 | 6,55 |
| Ángulo | Acero AISI 304 de 10*10*1,2 mm | m | 2 | 7,58 | 17 |
| Alambre | Diámetro de 0,5 mm | m | 2 | 1,82 | 4,07 |
| Válvula | Solenoides D=0,5 in, 24 V CD | - | 1 | 48,50 | 54,32 |
| Válvula | Reguladora de presión | - | 1 | 16,07 | 18,00 |
| Manguera | Flexible para gas | m | 2 | 1,42 | 3,20 |
| Abrazaderas | Tornillo sin fin ½ in. | - | 4 | 0,22 | 1,00 |
| Manguera | Flexible de aluminio | m | 1 | 6,42 | 7,20 |
| Cilindro de GLP | Bombona | - | 1 | 53,57 | 60 |
| Ácido | Limpia oxido | - | 1 | 8,92 | 10,00 |
| Lija | Desde la 150 hasta la 600 | - | 6 | 0,27 | 1,80 |
| Disco de corte | Para acero inox. 178*1,6*22,2 | - | 2 | 7,14 | 16,00 |
| Brocas | Juego de brocas | - | 1 | 13,40 | 15,00 |
| Adaptación rosca-manguera | Bronce | - | 2 | 3,12 | 7,00 |
| Silicona | Resistente a altas temperaturas | - | 1 | 2,86 | 3,20 |
| Hoja de sierra | Para hierro | - | 1 | 1,07 | 1,20 |
| TOTAL | | | | | 650,26 |

Fuente: Autores

7.1.2 Costos de materiales y accesorios eléctricos.

Tabla 21. Materiales y accesorios eléctricos

| ELEMENTO | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANT. | P. UNIT (USD) | COSTO (USD) |
|--|--|--------|-------|---------------|---------------|
| Electrodos de ignición | Porcelana | - | 2 | 3,12 | 7,00 |
| Medidor de temperatura | Termopar digital | - | 1 | 31,25 | 35,00 |
| Modulo electrónico de ignición por chispas | 6 salidas | - | 1 | 13,40 | 15,00 |
| Pulsadores | Normalmente abiertos, sin auto enclavamiento | - | 6 | 0,54 | 3,60 |
| LCD | 16-2 | - | 1 | 6,70 | 7,50 |
| LCD | 16-4 | - | 1 | 17,86 | 20,00 |
| Potenciómetro | 10k | - | 2 | 0,31 | 0,70 |
| Relés | 12 V | - | 2 | 0,89 | 2,00 |
| Teclado Matricial | Táctil | - | 1 | 7,14 | 8,00 |
| Capacitores electroestáticos | 104 nF | - | 6 | 0,14 | 0,90 |
| Capacitores electrostáticos | 22 pf | - | 4 | 0,089 | 0,40 |
| Capacitores electrolíticos | 100 uf | - | 2 | 0,22 | 0,50 |
| Transistores | NPN3904 | - | 2 | 0,44 | 1,00 |
| Reguladores de voltaje | 24V | - | 1 | 0,89 | 1,00 |
| | 12V | - | 2 | 0,89 | 2,00 |
| | 5V | - | 2 | 1,78 | 4,00 |
| PIC | 16F 877A | - | 1 | 7,59 | 8,50 |
| PIC | 16F 628A | - | 1 | 3,12 | 3,50 |
| Diodos | Led | - | 2 | 0,089 | 0,20 |
| Regletas | Macho-hembra | - | 8 | 0,67 | 6,00 |
| Botonera | ON-OFF | - | 1 | 4,02 | 4,50 |
| Pulsador | Reset | - | 1 | 0,089 | 0,10 |
| Plaqueta | Perforada | - | 2 | 0,89 | 2,00 |
| Fuente de Poder | PC | - | 1 | 17,85 | 20,00 |
| Osciladores electrónicos | 4 MHz | - | 2 | 0,67 | 1,50 |
| Resistencias | 4,7k | - | 16 | 0,044 | 0,80 |
| Resistencias | 200 Ω | - | 2 | 0,044 | 0,10 |
| Resistencias | 10 Ω | - | 2 | 0,044 | 0,10 |
| Cronómetro | Q&Q | - | 1 | 13,39 | 15,00 |
| TOTAL | | | | | 170,90 |

Fuente: Autores

7.1.3 Costos por maquinaria a utilizar.

Tabla 22. Costos por máquinas y equipo a utilizar

| Máquinas/Herramientas | Costo/Hora | Horas Equipo | Costo(USD) |
|------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Amoladora | 2 | 9 | 18 |
| Cizalla | 2 | 5 | 10 |
| Esmeril | 1 | 5 | 5 |
| Oxicorte | 6 | 1 | 6 |
| Dobladora mecánica | 6 | 2 | 12 |
| Entenalla | 1 | 8 | 8 |
| Pulidora | 1 | 10 | 10 |
| Soldadora eléctrica | 5 | 20 | 100 |
| Soldadora TIG | 5 | 6 | 30 |
| Taladro | 6 | 4 | 24 |
| Limadora | 12 | 10 | 120 |
| Torno | 16 | 1 | 16 |
| Otros equipos | | | 60 |
| TOTAL | | | 419 |

Fuente: Autores

7.1.4 Costo de mano de obra.

Tabla 23. Costos de mano de obra

| Trabajador | Salario/Hora | Horas Hombre | Costo |
|-------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| Maestro mecánico | 3 | 40 | 120 |
| Ayudante mecánico | 1 | 60 | 60 |
| Soldador | 20 | 8 | 160 |
| TOTAL | | | 340 |

Fuente: Autores

7.1.5 Total de costos directos.

Tabla 24. Total de costos directos

| Costos por | Valor (USD) |
|------------------------------|--------------------|
| Norma ISO 3795 | 90 |
| Material y accesorios | 821,16 |
| Maquinaria a utilizar | 419 |
| Mano de obra | 340 |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | 1670,16 |

Fuente: Autores

7.2 Costos indirectos

Tabla 25. Costos indirectos

| Detalles | Cantidad (% CD) | Valor (USD) |
|--|------------------------|--------------------|
| Ingenieriles (Diseño y supervisión) | 5% | 83,51 |
| Imprevistos | 1% | 16,70 |
| Utilidad | 0 | - |
| TOTAL COSTOS INDIRECTOS | | 100,21 |

Fuente: Autores

7.3 Costos totales

Los costos totales equivalen a la suma de los costos directos más los costos indirectos, sumados estos dos valores se tiene el valor de **1770,37 USD**. (Mil setecientos setenta dólares con treinta y siete centavos).

Los costos por mantenimiento de este equipo serán despreciables, pues no se requiere de algún procedimiento costoso, sino más bien un mantenimiento rutinario de limpieza bastará para mantener el equipo en correcto funcionamiento y se logrará mantener este equipo en toda su vida útil.

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Se determinó las condiciones y parámetros necesarios para la construcción del equipo de acuerdo a la NORMA ISO 3795 tales como: Tipo de combustible a utilizar, calor total requerido para el funcionamiento del equipo, su estequiometría con aire teórico y con un 12% de exceso de aire, el gasto de combustible y relación de aire/combustible, tal como se muestra en la siguiente tabla.

| Combustible | Calor Total | Gasto de Combustible | Relación Aire/Combustible |
|---------------------------------|-------------|----------------------|------------------------------------|
| Gas Licuado de Petróleo (G.L.P) | 6,123 KW | 0,46 $\frac{Kg}{h}$ | 17,42 $\frac{Kg. aire}{Kg. comb.}$ |

Se seleccionó los componentes e instrumentos para el sistema de control. Mechero Bunsen de 10mm de diámetro interno en la boquilla, dos PIC 16F 877A y 16F 628A que son el cerebro del sistema de control y una válvula solenoide que funciona con 24 Voltios CD.

Se construyó el equipo de acuerdo a las condiciones dadas y especificadas en la NORMA ISO 3795 y en la US-FMVSS 302. Utilizando acero inoxidable AISI 304 de 2mm de espesor para el cuerpo del equipo y platina de acero inoxidable AISI 304 para el portamuestras.

Se estableció el procedimiento del ensayo según el formato proporcionado por SERCOMEC, además se implementó el formato de reporte del ensayo de acuerdo a los requerimientos establecidos en la norma ISO 3795.

Se implementó el equipo para ensayos de inflamabilidad aplicado a materiales de autopartes según la Norma ISO 3795 en la Facultad de Mecánica.

8.2 Recomendaciones

Ubicar el primer punto medible en el portamuestras, tener una buena apreciación y visibilidad al momento de activar o desactivar los cronómetros, ya que estos tiempos deben ser exactos porque se lo utilizará en el cálculo de la velocidad de combustión de las muestras.

Verificar antes de cada ensayo la temperatura del equipo, puesto que esta no debe sobrepasar los 30 °C para continuar con la prueba del material.

Transformar correctamente las unidades de tiempo, porque en la pantalla del LCD 16-2 los cronómetros vienen dados en minutos, segundos y décimas de segundo, y en el cálculo de la velocidad de inflamabilidad del material debe estar en unidades de mm/min.

Mantener una distancia prudente luego de realizar un ensayo, puesto que las paredes del equipo estarán a altas temperaturas.

A través de la ESPOCH y la Facultad de Mecánica plantear la creación de una Norma Técnica Ecuatoriana por medio del ente regulador en el país INEN. Convirtiendo un proceso de evaluación del índice de inflamabilidad de materiales en una normativa local.

BIBLIOGRAFÍA

AGUEDA, Eduardo y GRACIA, Joaquin. **ELEMENTOS MÉCANICOS Y SINTÉTICOS.**

ARENCIBIA, Vicente. 2013. PICS. [En línea] 06 de 09 de 2013. [Citado el: 06 de 09 de 2013.] <http://www.iuma.ulpgc.es/users/proto3d/systems/pics/index.htm>.

BONNET. 2013. Clasificación de los aceros inoxidable. [En línea] 15 de SEPTIEMBRE de 2013. [Citado el: 15 de SEPTIEMBRE de 2013.]

CIRCUITOSOSCILADORES.BLOGSPOT.COM. 2013. Oscilador electrónico. [En línea] 02 de 10 de 2013. [Citado el: 02 de 10 de 2013.] <http://circuitososciladores.blogspot.com/>.

DANILIN, Oscar. 1999. COMBUSTIÓN. [En línea] 1999. [Citado el: 17 de SEPTIEMBRE de 2013.]

ECURED.CU. 2013. Válvula solenoide. [En línea] 27 de 09 de 2013. [Citado el: 27 de 09 de 2013.] http://www.ecured.cu/index.php/V%C3%A1lvula_solenoide.

EHOWENESPANOL.COM. 2013. Mechero Bunsen. [En línea] 22 de Agosto de 2013. [Citado el: 22 de Agosto de 2013.] http://www.ehowenespanol.com/definicion-del-mechero-bunsen-info_266249/.

ELTEC.MX. 2013. Módulo Electrónico de Ignición por Chispa. [En línea] 02 de 10 de 2013. [Citado el: 02 de 10 de 2013.] <http://eltec.mx/es/productos/modulo-electronico-de-encendido-por-chispa.html>.

ES.SCRIBD.COM. 2013. Definición de una Fibra Textil. [En línea] 03 de 09 de 2013. [Citado el: 03 de 09 de 2013.] <http://es.scribd.com/doc/95006925/Definicion-de-una-Fibra-Textil>.

EXPOWER. 2013. LA COMBUSTIÓN Y TIPOS DE COMBUSTIÓN. [En línea] 06 de 08 de 2013. [Citado el: 2013 de 08 de 2013.] <http://www.expower.es/tipos-combustion-combustible.htm>.

GALEON.COM. 2013. Microcontroladores. [En línea] 27 de Agosto de 2013. [Citado el: 27 de Agosto de 2013.] <http://axnm.galeon.com/>.

INELE.UFRO.CL. 2013. Capacitores. [En línea] 05 de 10 de 2013. [Citado el: 05 de 10 de 2013.] <http://www.inele.ufro.cl/bmonteci/semic/apuntes/capacitores/capacitores.htm>.

INGENIATIC.EUITT.UPM.ES. 2013. Potenciómetro. [En línea] 01 de 10 de 2013. [Citado el: 01 de 10 de 2013.] <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/556-potenci%C3%B3metro>.

INGMECANICAMC.BLOGSPOT.COM. 2012. INGENIERIA MECÁNICA - COMBUSTIBLE. [En línea] 15 de 11 de 2012. [Citado el: 10 de 08 de 2013.] <http://ingmecanicamc.blogspot.com/2012/11/glp-vs-gn.html>.

LABORATORIO-QUIMICO.BLOGSPOT.COM. 2013. Mechero Bunsen. [En línea] 20 de 08 de 2013. [Citado el: 20 de 08 de 2013.] <http://laboratorio-quimico.blogspot.com/2010/08/mechero-bunsen.html>.

OOCITIES.ORG. 2013. Principio de funcionamiento de las pantallas de cristal líquido LCD. [En línea] 28 de 09 de 2013. [Citado el: 28 de 09 de 2013.] <http://www.oocities.org/vifibio/06PRINCIPIODEFUNCIONAMIENTOLCD.PDF>.

PETROECUADOR, EP. ANAL. [En línea] (http://normativa.eppetroecuador.ec:8080/documents/10157/16271/V03.03.01.07_PR_05+Operacion+del+Sistema+Criogenico+%28CIS%29+%28v01%29).

—. **2013.** Análisis estequiométrico. [En línea] 04 de 10 de 2013. [Citado el: 04 de 10 de 2013.]

http://normativa.eppetroecuador.ec:8080/documents/10157/16271/V03.03.01.07_PR_05+Operacion+del+Sistema+Criogenico+%28CIS%29+%28v01%29.

REDTEXTILARGENTINA.COM. 2013. Damasco. [En línea] 03 de 09 de 2013. [Citado el: 03 de 09 de 2013.] <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/telas/glosario-de-telas/item/263-damasco>.

SCRIBD.COM. 2013. Fundamentos Teóricos y Técnicos. [En línea] 20 de Agosto de 2013. [Citado el: 20 de Agosto de 2013.]

<http://es.scribd.com/doc/60704482/10/LLAMAS-DE-DIFUSION>.

TECNOLOGIADELOSPLASTICOS.BLOGSPOT.COM. 2013. Tecnología de los Plásticos. [En línea] 20 de Agosto de 2013. [Citado el: 22 de Agosto de 2013.]

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/materiales-compuestos.html>.

TPLABORATORIOQUIMICO.BLOGSPOT.COM. 2013. Mechero Bunsen. [En línea] 20 de 08 de 2013. [Citado el: 20 de 08 de 2013.]

<http://tplaboratorioquimico.blogspot.com/2008/08/mechero-bunsen.html#.Us9ERX9h12l>.

UNICROM.COM. 2013. Fuente de poder. [En línea] 23 de 09 de 2013. [Citado el: 23 de 09 de 2013.]

[http://www.unicrom.com/Tut_fuentepoder_transformador_rectificador_filtro_regulador.a sp](http://www.unicrom.com/Tut_fuentepoder_transformador_rectificador_filtro_regulador.asp).