



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

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

**TEMA:**

---

**“REINGENIERÍA DE LA CÁMARA DE INFLAMABILIDAD VERTICAL Y  
APLICACIÓN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLAMA DE  
MATERIALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL PARA EL LABORATORIO  
DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA LIM UTA.”**

---

**AUTORES:** Diego Fabricio Pérez Pallo

Eduardo Santiago Quinatoa Yaucan

**TUTOR:** Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

**AMBATO - ECUADOR**

**Septiembre – 2022**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “REINGENIERÍA DE LA CÁMARA DE INFLAMABILIDAD VERTICAL Y APLICACIÓN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLAMA DE MATERIALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA LIM UTA”, desarrollado por los estudiantes, **Diego Fabricio Pérez Pallo**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804349064 y **Eduardo Santiago Quinatoa Yaucan**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 0704419027, estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica, de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Septiembre 2022



.....  
Ing. Mg. **Christian Byron Castro Miniguano**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

NOSOTROS, **Diego Fabricio Pérez Pallo** con C.I. 1804349064 y **Eduardo Santiago Quinatoa Yaucan** con C.I. 0704419027, declaramos que todo el contenidos del proyecto técnico con el tema: **“REINGENIERÍA DE LA CÁMARA DE INFLAMABILIDAD VERTICAL Y APLICACIÓN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLAMA DE MATERIALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA LIM UTA”**, así como también las ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2022



.....  
**Diego Fabricio Pérez Pallo**

**C.I. 1804349064**

**AUTOR**



.....  
**Eduardo Santiago Quinatoa Yaucan**

**C.I. 0704419027**

**AUTOR**

## DERECHOS DE AUTOR

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

Cedemos los derechos en línea patrimoniales de nuestro proyecto técnico con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, Septiembre 2022




.....

**Diego Fabricio Pérez Pallo**

**C.I. 1804349064**

**AUTOR**



.....

**Eduardo Santiago Quinatoa Yaucan**

**C.I. 0704419027**

**AUTOR**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por los estudiantes Diego Fabricio Pérez Pallo y Eduardo Santiago Quinatoa Yaucan de la Carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “REINGENIERÍA DE LA CÁMARA DE INFLAMABILIDAD VERTICAL Y APLICACIÓN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLAMA DE MATERIALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA LIM UTA”.

Ambato, Septiembre 2022

Para constancia firman:



.....  
Ing. Mg. Víctor Rodrigo Espín Guerrero

Miembro Calificador



.....  
Ing. Mg. Santiago Paúl Cabrera Anda

Miembro Calificador

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a mis amados padres, Eloy y Martha por sembrar en mi los valores, voluntad, determinación y amor que formaron mi carácter y guían mi camino, gracias por el tiempo y esfuerzo que depositaron en mí, gracias a ustedes soy quien soy ahora, por lo que siempre les estaré agradecido y les debo todo.

A mi hermano mayor Daniel, gracias por tus consejos e infinito apoyo a través de los cuales sé que quisiste convertirme en un hombre de bien, siempre llevaré presentes tus enseñanzas.

**Diego Pérez**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto técnico y de investigación se lo dedico a mi pequeña hija Emilia Isabella, por la comprensión y tolerancia durante la etapa de estudiante, porque no importa todas los momentos que te impidan avanzar durante el largo camino, o los tropiezos que puedas tener, hay que ser valiente y tener coraje para afrontar las adversidades, tenemos que experimentar de todo y encontrar una solución, y saber que de cada error que se comete se aprende algo nuevo y es como tener una herramienta más para forjar nuestro destino.

Se la dedico a ella para que en un futuro pueda visualizar que, con dedicación, esfuerzo, y disciplina podemos romper barreras, y que siempre hay algo nuevo por aprender, teniendo en cuenta que el conocimiento aprendido es eterno y pueda ser guía de su prójimo.

A mi querida familia Eduardo, Mercedes, Gabriela, Katherinn que fueron los espectadores de lujo, que esperaron con ansias este momento de verme convertido en todo un profesional, que no dejaron de alentarme jamás, que son los que han de justificar, las horas de preparación, las lecciones aprendidas, el resurgimiento con más ganas de superación sin olvidarme de los principales valores de humildad, respeto, y solidaridad con el prójimo.

A mis abuelitos que también estuvieron para brindarme su afecto, sus buenos deseos hicieron que la moral suba de día en día, a mis familiares y amigos que estuvieron durante el proceso que me brindaron su apoyo cuando lo necesite y sabios consejos durante la etapa estudiantil.

**Santiago Quinatoa**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi tutor Ing. Mg. Christian Castro, cuyo aporte intelectual ha permitido guiar el desarrollo de este proyecto de manera efectiva y precisa.

Agradezco a mi compañero Santiago Quinatoa, con quien se desarrolló el presente proyecto, por sus conocimientos, ideas y aportes que contribuyeron a la culminación de esta investigación.

A mis compañeros de carrera Jairo, Jonathan y Andrés, quienes han estado presentes en las buenas y en las malas y con quienes he compartido muchas experiencias y alegrías que han contribuido a mi desarrollo personal y profesional.

A todos los docentes que invirtieron su tiempo en mí y que a lo largo de mis años como estudiante universitario me han inculcado los conocimientos y valores que debe tener un ingeniero mecánico.

**Diego Pérez**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco, primero a Dios como un fiel creyente de la religión católica, por permitirme culminar con éxito mi etapa de pregrado, a mis padres Eduardo Quinatoa y Mercedes Yaucan por ser los cimientos de este logro, por brindarme sus buenos consejos desde el día que empecé este lindo reto, su apoyo económico y moral me fortalecieron para seguir edificando paso a paso lo que ahora en día ya es una realidad.

A mi hermana mayor Gabriela Quinatoa por tu todo su apoyo brindado, siendo el pilar fundamental de la cual he tomado los valores de humildad, disciplina, perseverancia, solidaridad y muchas virtudes que me permitieron afrontar con coraje situaciones normales en la etapa como estudiante universitario, sus sabios consejos de esperanza. A mi familia en general por siempre estar conmigo y compartir días de viajes, festejo y alegría que los llevo como lindos recuerdos.

A mi querida Universidad Técnica de Ambato por la formación profesional a todos los Docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por impartir sus conocimientos, en las aulas, en los talleres, en los laboratorios, en los proyectos técnicos en cada uno de los niveles. Finalmente, a mis compañeros de curso, que compartieron conmigo sus conocimientos, en las obligaciones que tenemos como estudiantes, a mi compañero Diego Pérez que es parte de este proyecto técnico, aportando ideas y soluciones para la culminación de esta investigación.

**Santiago Quinatoa**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

|   |       |
|---|-------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO.....   | i     |
| CERTIFICACIÓN .....   | ii    |
| AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....   | iii   |
| DERECHOS DE AUTOR .....   | iv    |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....                                      | v     |
| DEDICATORIA .....   | vi    |
| AGRADECIMIENTO .....  | viii  |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....   | x     |
| ÍNDICE DE TABLAS .....  | xvii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | xx    |
| RESUMEN.....  | xxiii |
| ABSTRACT.....   | xxiv  |
| CAPÍTULO I.-MARCO TEÓRICO .....   | 1     |
| 1.1 Tema.....   | 1     |
| 1.2 Antecedentes investigativos .....                                       | 1     |
| 1.2.1 Importancia de las pruebas de inflamabilidad en textiles .....        | 2     |
| 1.2.2 Normas internacionales de pruebas de inflamabilidad en textiles ..... | 5     |
| 1.2.3 Proyectos técnicos de construcción de cámaras de inflamabilidad.....  | 8     |
| 1.3 Justificación.....  | 9     |
| 1.4 Objetivos .....   | 12    |
| 1.4.1 Objetivo General .....  | 12    |
| 1.4.2 Objetivos Específicos.....  | 12    |
| CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA .....   | 14    |
| 2.1 Desarrollo de la fundamentación.....                                    | 14    |
| 2.1.1 Mecanismo de combustión en materiales textiles.....                   | 14    |
| 2.1.2 Índice de oxígeno limitante (LOI) en textiles .....                   | 15    |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.1.3  | Mechero Bunsen.....   | 15 |
| 2.1.4  | Partes del Mechero Bunsen.....  | 16 |
| 2.1.5  | Zonas de la llama de un Mechero Bunsen .....  | 17 |
| 2.1.6  | Estructura de la llama.....   | 18 |
| 2.1.7  | Aceros Inoxidables.....   | 19 |
| 2.1.8  | Válvula solenoide.....  | 22 |
| 2.1.9  | Clasificación de las fibras textiles.....   | 23 |
| 2.1.10 | Materiales comunes para ensayos de inflamabilidad vertical .....  | 24 |
| 2.1.11 | Tejido navalhado .....  | 28 |
| 2.1.12 | Orientación de hilos de fibras textiles.....  | 29 |
| 2.1.13 | Índice de inflamabilidad.....   | 29 |
| 2.1.14 | Límites de inflamabilidad .....   | 30 |
| 2.1.15 | Rango de inflamabilidad .....   | 31 |
| 2.1.16 | Factores que intervienen en la inflamabilidad de textiles .....   | 32 |
| 2.1.17 | Medición de daños .....   | 33 |
| 2.1.18 | Tiempo de llama posterior y duración del resplandor residual .....  | 33 |
| 2.1.19 | Norma NET INEN-ISO/IEC 17025.....   | 34 |
| 2.1.20 | Normativa ASTM D6413 método de prueba estándar para resistencia a la flama de la industria textil (prueba vertical) ..... | 34 |
| 2.1.21 | Terminología referente a pruebas de inflamabilidad .....  | 35 |
| 2.2    | Alcance de la reingeniería de elementos complementarios de la cámara de inflamabilidad vertical .....                     | 36 |
| 2.2.1  | Descripción de las partes implementadas en la cámara de inflamabilidad vertical.....                                      | 36 |
| 2.2.2  | Porta probeta .....   | 38 |
| 2.2.3  | Base del mechero .....  | 39 |

|  |   |    |
|--|---|----|
| 2.2.4                                      | Escalímetro de medición de llama .....  | 40 |
| 2.2.5                                      | Soporte horizontal de la porta probeta .....  | 41 |
| 2.3  | Implementación del sistema de control semiautomático para el manejo de la cámara de inflamabilidad vertical ..... | 42 |
| 2.3.1                                      | Selección del controlador .....   | 42 |
| 2.3.2                                      | Dispositivo de control automático seleccionado .....  | 45 |
| 2.3.3                                      | Materiales implementados en el sistema de control semiautomático ..   | 45 |
| 2.3.4                                      | Conexión de los elementos de control. ....  | 46 |
| 2.3.5                                      | Diseño de la placa electrónica o shield .....   | 46 |
| 2.3.6                                      | Construcción de la placa electrónica.....   | 47 |
| 2.3.7                                      | Elementos implementados en el regulador de presión y sistema de control.....                                      | 49 |
| 2.3.8                                      | Sistema de control semiautomático instalado en la cámara de inflamabilidad vertical .....                         | 50 |
| 2.4  | Combustión .....  | 51 |
| 2.4.1                                      | Combustión completa .....   | 52 |
| 2.4.2                                      | Combustión incompleta .....   | 53 |
| 2.4.3                                      | Combustión estequiométrica .....  | 53 |
| 2.4.4                                      | Combustión con exceso de aire.....  | 54 |
| 2.4.5                                      | Combustión con deficiencia de aire .....  | 54 |
| 2.4.6                                      | Porcentaje de aire en exceso .....  | 54 |
| 2.4.7                                      | Combustible metano .....  | 55 |
| 2.4.8                                      | Poder calorífico .....  | 56 |
| 2.4.9                                      | Inflamabilidad .....  | 56 |
| 2.5  | Procedimiento para la ejecución de ensayos .....  | 56 |
| CAPÍTULO III.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... |   | 62 |



|  |  |     |
|--|--|-----|
| 3.1  | Análisis de diseño por elementos finitos .....   | 62  |
| 3.1.1  | Análisis del soporte horizontal de la porta probeta .....                                      | 62  |
| 3.1.2  | Análisis de la base del mechero .....  | 64  |
| 3.1.3  | Cálculo del comportamiento en combustión del metano .....                                      | 66  |
| 3.2  | Cálculo de pérdida de presión en el sistema de regulación .....                                | 72  |
| 3.3  | Validación del método de ensayo .....  | 77  |
| 3.3.1  | Descripción de los factores de estudio y medición del software estadístico especializado ..... | 77  |
| 3.3.2  | Desarrollo del ensayo .....  | 78  |
| 3.3.3  | Pruebas a lo largo paralelo a los hilos de urdiembre.....                                      | 79  |
| 3.3.4  | Pruebas a lo ancho paralelo a los hilos de relleno.....  | 97  |
| 3.4  | Implementación de la documentación técnica.....  | 115 |
| 3.4.1  | Requisitos generales.....  | 115 |
| 3.4.2  | Requisitos relativos a los recursos .....  | 116 |
| 3.4.3  | Requisitos del proceso.....  | 119 |
| 3.4.4  | Requisitos del sistema de gestión.....   | 122 |
| 3.5  | Costo total de construcción de la cámara de inflamabilidad vertical .....                      | 124 |
| 3.5.1  | Costo mano de obra.....  | 124 |
| 3.5.2  | Costo de materiales complementarios.....   | 125 |
| 3.5.3  | Costo de elementos del regulador de presión.....   | 125 |
| 3.5.4  | Costo del sistema de control semiautomático .....  | 126 |
| 3.5.5  | Costos varios .....  | 126 |
| 3.5.6  | Costo general.....   | 126 |
| CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... |  | 127 |
| 4.1  | Conclusiones .....   | 127 |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 4.2 | Recomendaciones .....   | 128 |
|     | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 130 |
|     | ANEXOS .....  | 135 |
|     | ANEXO 1.- Entalpía de formación del metano y del propano .....  | 135 |
|     | ANEXO 2.- Propiedades del gas ideal del nitrógeno de acuerdo con su temperatura de análisis .....             | 136 |
|     | ANEXO 3.- Propiedades de gas ideal del oxígeno de acorde con su temperatura de análisis.....                  | 137 |
|     | ANEXO 4.- Propiedades de gas ideal de dióxido de carbono de acuerdo con su temperatura de análisis .....      | 138 |
|     | ANEXO 5.- Propiedades de gas ideal de vapor de agua de acuerdo con su temperatura de análisis .....           | 139 |
|     | ANEXO 6.- Tabla temperatura, humedad relativa y normativa a la cual se rige de acuerdo con cada material..... | 140 |
|     | ANEXO 7.- Tabla de acondicionamiento del material según el período medido en horas .....                      | 140 |
|     | ANEXO 8.- Tabla donde se especifica la fuerza necesaria para el desgarro según su peso de la probeta.....     | 140 |
|     | ANEXO 9.- Especificación del procedimiento para el desgarro de la probeta .....                               | 141 |
|     | ANEXO 10.- Especificaciones del propano.....  | 141 |
|     | ANEXO 11.- Manual técnico de la válvula reguladora de presión.....  | 143 |
|     | ANEXO 12.- Especificaciones del metano.....   | 144 |
|     | ANEXO 13.- Características técnicas del Mechero Bunsen.....   | 144 |
|     | ANEXO 14.- Desarrollo de la programación utilizando C++. .....  | 145 |
|     | ANEXO 15.- Características técnicas del electrodo y tipo de suelda para acero inoxidable.....                 | 149 |
|     | ANEXO16.- Características de los modelos de válvulas UNI-D. ....  | 149 |
|     | ANEXO17.- Poderes caloríficos tanto del GLP como del metano.....  | 150 |
|     | ANEXO 18.- Tabla del comportamiento de combustión del metano según el porcentaje de aire .....                | 150 |
|     | ANEXO 19.- Propiedades del Sujetador del porta-probeta. ....  | 151 |
|     | ANEXO 20.- Propiedades de tubos de acero, como flujo de área y diámetros .....                                | 151 |

|   |     |
|---|-----|
| ANEXO 21.- Gráfica de viscosidad dinámica vs temperatura del metano.....                              | 152 |
| ANEXO 22.- Composición química típica de aceros inoxidable (material base) aceros austeníticos.....   | 153 |
| ANEXO 23.- Certificado de calibración del Cronometro Sper Cientific implementado en el LIM – UTA..... | 154 |
| Anexo 24.- Certificado de calibración de la Regla Fénix implementada en LIM – UTA. ....               | 155 |
| ANEXO 25.- Matriz de riesgos de imparcialidad.....  | 156 |
| ANEXO 26.- Procedimiento para gestión de imparcialidad.....   | 156 |
| ANEXO 27.- Carta de confidencialidad. ....  | 158 |
| ANEXO 28.- Seleccionar, formar, supervisar y autorizar personal.....                                  | 158 |
| ANEXO 29.- Perfiles profesionales.....  | 160 |
| ANEXO 30.- Organigrama del laboratorio de inflamabilidad.....   | 162 |
| ANEXO 31.- Manual de funciones.....   | 163 |
| ANEXO 32.- Instalaciones y condiciones ambientales. ....  | 165 |
| ANEXO 33.- Procedimiento de acceso, reglas de autorización y uso del laboratorio. ....                | 167 |
| ANEXO 34.- Fichas técnicas. ....  | 169 |
| ANEXO 35.- Revisión, verificación y calibración de equipos.....                                       | 171 |
| ANEXO 36.- Procedimiento de ensayo. ....  | 173 |
| ANEXO 37.- Solicitud de ensayo. ....  | 174 |
| ANEXO 38.- Procedimiento de almacenamiento y manipulación de muestras. ....                           | 175 |
| ANEXO 39.- Lista de registros técnicos.....   | 177 |
| ANEXO 40.- Cálculos estadísticos.....   | 178 |
| ANEXO 41.- Informe de resultados. ....  | 180 |
| ANEXO 42.-Modificación del informe de resultado.....  | 181 |
| ANEXO 43.- Quejas. ....   | 182 |
| ANEXO 44. Solicitud de quejas. ....   | 183 |
| ANEXO 45.-Trabajo no conforme.....  | 184 |
| ANEXO 46.-Control de datos y gestión de la información. ....  | 186 |
| ANEXO 47.- Documentación del sistema de gestión.....  | 187 |
| ANEXO 48.-Control de documentos del sistema de gestión.....   | 189 |

|   |     |
|---|-----|
| ANEXO 49.-Control de registro. ....       | 191 |
| ANEXO 50. Mejoras.....                    | 193 |
| ANEXO 51.-Acciones correctivas. ....      | 195 |
| ANEXO 52.-Auditoría interna. ....         | 196 |
| ANEXO 53.-Auditoría interna. ....         | 197 |
| ANEXO 54.-Revisión por la dirección. .... | 198 |
| ANEXO 55.-Manual de calidad. ....         | 199 |
| ANEXO 56.-Reglamento interno.....         | 201 |
| ANEXO 57.- NORMA ASTM D6413 .....         | 202 |
| ANEXO 58.- NORMA NTE-17025-2018 .....     | 203 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.1.1. Transiciones térmicas de algunas fibras de uso común .....  | 15 |
| Tabla 2.1.2 Permeabilidad magnética de algunos aceros inoxidables .....  | 21 |
| Tabla 2.1.3. Propiedades del acero AISI 304.....   | 22 |
| Tabla 2.1.4. Valores comunes de inflamabilidad de algunos gases .....  | 32 |
| Tabla 2.1.5. Fuerza de desgarro .....  | 33 |
| Tabla.2.3.1. Selección de alternativas para la selección del controlador.....  | 45 |
| Tabla. 2.3.2. Elementos implementados en el regulador de presión y sistema de control. ....                          | 49 |
| Tabla. 2.4.1. Indicador de aire en exceso para instalaciones comunes.....  | 55 |
| Tabla. 2.4.2. Propiedades del GLP.....   | 55 |
| Tabla. 2.4.3. Temperatura máxima de la llama de GLP y gas natural .....  | 56 |
| Tabla 2.5.1. Procedimiento para la ejecución de ensayos.....   | 56 |
| Tabla. 3.1.1. Composición química del aire.....  | 67 |
| Tabla. 3.1.2. Fracción molar de los productos en combustión completa .....   | 67 |
| Tabla. 3.1.3. Fracción molar de los productos con exceso de aire.....  | 69 |
| Tabla. 3.1.4. Entalpía de formación de los reactivos y productos. ....   | 70 |
| Tabla. 3.1.5. Entalpía de formación de los reactivos y productos. ....   | 71 |
| Tabla 3.3.1. Temperatura y humedad relativa estándar para acondicionar diversos materiales. ....                     | 77 |
| Tabla 3.3.2. Rango de aceptabilidad del sistema de medición.....   | 78 |
| Tabla 3.3.3. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo largo, especímenes (1-16). ....  | 79 |
| Tabla 3.3.4. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo largo, especímenes (17-32). .... | 81 |
| Tabla 3.3.5. Tiempo de inflamabilidad residual ajustado. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16).....                 | 83 |
| Tabla 3.3.6. Tiempo de inflamabilidad residual ajustado. Pruebas a lo largo especímenes (17-32).....                 | 83 |
| Tabla 3.3.7. Incertidumbre del tiempo de combustión residual. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16).....            | 85 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 3.3.8. Incertidumbre del tiempo de combustión residual. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32).....           | 86  |
| Tabla 3.3.9. Longitud de carbonización corregida. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16). .....                      | 87  |
| Tabla 3.3.10. Longitud de carbonización corregida. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32).....                      | 87  |
| Tabla 3.3.11. Incertidumbre de la longitud de carbonización. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16).....             | 89  |
| Tabla 3.3.12. Incertidumbre de la longitud de carbonización. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32).....            | 90  |
| Tabla 3.3.13. Tasa de combustión. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16).....  | 91  |
| Tabla 3.3.14. Tasa de combustión. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32).....                                       | 91  |
| Tabla 3.3.15. Evaluación del sistema de medición. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16). .....                      | 95  |
| Tabla 3.3.16. Evaluación del sistema de medición. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32).....                       | 96  |
| Tabla 3.3.17. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).....  | 97  |
| Tabla 3.3.18. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo ancho, especímenes (17-32)..... | 99  |
| Tabla 3.3.19. Tiempo de inflamabilidad residual corregido. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).....               | 101 |
| Tabla 3.3.20. Tiempo de inflamabilidad residual corregido. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).....              | 101 |
| Tabla 3.3.21. Incertidumbre del tiempo de inflamabilidad residual. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).....       | 103 |
| Tabla 3.3.22. Incertidumbre del tiempo de inflamabilidad residual. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).....      | 104 |
| Tabla 3.3.23. Longitud de carbonización corregida. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).....                       | 105 |
| Tabla 3.3.24. Longitud de carbonización corregida. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).....                      | 105 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 3.3.25. Incertidumbre de la longitud de carbonización. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).....  | 107 |
| Tabla 3.3.26. Incertidumbre de la longitud de carbonización. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32)..... | 108 |
| Tabla 3.3.27. Tasa de combustión de pruebas a lo ancho. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).....       | 109 |
| Tabla 3.3.28. Tasa de combustión de pruebas a lo ancho. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).....      | 109 |
| Tabla 3.3.29. Evaluación del sistema de medición. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).....             | 113 |
| Tabla 3.3.30. Evaluación del sistema de medición. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).....            | 114 |
| Tabla 3.5.1. Costos de mano de obra. ....   | 124 |
| Tabla 3.5.2. Costos de material mecánico.....   | 125 |
| Tabla 3.5.3. Costo de ensamble del tren regulador de presión. ....  | 125 |
| Tabla 3.5.4. Costo de automatización de la cámara de inflamabilidad.....                                  | 126 |
| Tabla 3.5.5. Costos varios relacionados con el desarrollo del proyecto. ....                              | 126 |
| Tabla 3.5.6. Costo total del desarrollo del proyecto. ....  | 126 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Fig. 1.3.1. Distribución del sector textil en Ecuador.....   | 10 |
| Fig. 1.3.2. Exportaciones por producto.....  | 11 |
| Fig. 2.1.1. Triángulo de fuego.....  | 14 |
| Fig. 2.1.2. Mecanismo de Combustión .....  | 14 |
| Fig. 2.1.3. Partes de un Mechero Bunsen.....   | 17 |
| Fig. 2.1.4. Posición de la llama de un Mechero Bunsen. ....  | 18 |
| Fig. 2.1.5. Estructura de la llama de un Mechero Bunsen .....  | 19 |
| Fig. 2.1.6. Formación de óxido de cromo sobre la superficie.....   | 19 |
| Fig. 2.1.7. Cuando el material es rayado la película protectora se remueve.....  | 19 |
| Fig. 2.1.8 En presencia de oxígeno la capa protectora se restaura.....   | 19 |
| Fig. 2.1.9. Clasificación de las fibras textiles .....   | 24 |
| Fig. 2.1.10. Configuración de hilos de urdiembre e hilos de relleno. ....  | 29 |
| Fig. 2.1.11. Límite inferior de inflamabilidad, mezcla ideal y límite superior de inflamabilidad del gas propano ..... | 31 |
| Fig. 2.1.12. Longitud de carbonización de los tejidos ensayados.....   | 35 |
| Fig. 2.2.1. Detalles constructivos de la cámara de ensayos .....   | 37 |
| Fig. 2.2.2. Elementos de la reingeniería de diseño de la cámara de inflamabilidad vertical.....                        | 37 |
| Fig. 2.2.3. Ensamblaje total de la cámara de inflamabilidad vertical. ....   | 38 |
| Fig. 2.2.4. Porta probetas en acero inoxidable AISI 304. ....  | 38 |
| Fig. 2.2.5. Porta probetas juntamente con el espécimen de poliéster.....   | 39 |
| Fig. 2.2.6. Base del mechero y porta electrodos con movimiento vertical y alrededor de su eje.....                     | 39 |
| Fig. 2.2.7. Escalímetro en funcionamiento. ....  | 40 |
| Fig. 2.2.8. Diseño del soporte del porta probeta. ....   | 41 |
| Fig. 2.2.9. Soporte horizontal del porta probeta en funcionamiento.....  | 41 |
| Fig. 2.3.1. PLC Logo 8 de Siemens. ....  | 42 |
| Fig. 2.3.2. Arduino Mega 2560.....   | 43 |
| Fig. 2.3.3. Conexiones de los elementos de control.....  | 46 |
| Fig. 2.3.4. Diseño de la placa controlada por Arduino. ....  | 47 |
| Fig. 2.3.5. Esquema 3D de la placa controlada por Arduino. ....  | 47 |



|  |     |
|--|-----|
| Fig. 2.3.6. Impresión de la placa en papel transfer. ....  | 47  |
| Fig. 2.3.7. Circuito impreso adherido a la baquelita. ....   | 47  |
| Fig. 2.3.8. Placa del circuito impreso. ....   | 48  |
| Fig. 2.3.9. Aplicación de pintura UV al circuito impreso. ....   | 48  |
| Fig. 2.3.10. Conexión de elementos en la placa. ....   | 48  |
| Fig. 2.3.11. Ensamble del sistema de control de encendido. ....  | 51  |
| Fig. 2.4.1. Proceso de combustión. ....  | 52  |
| Fig. 2.4.2. Llama color azul combustión completa. ....   | 53  |
| Fig. 2.4.3. Llama color amarilla combustión incompleta. ....   | 53  |
| Fig. 3.1.1. Mallado del sujetador. ....  | 62  |
| Fig. 3.1.2. Resultados imponiendo las cargas respectivas. ....   | 63  |
| Fig. 3.1.3. Resultados imponiendo las cargas respectivas. ....   | 63  |
| Fig. 3.1.4. Mallado de la base del mechero. ....   | 64  |
| Fig. 3.1.5. Resultados después de haber aplicado las fuerzas correspondientes. ....  | 65  |
| Fig. 3.1.6. Resultados después de haber aplicado las fuerzas correspondientes. ....  | 65  |
| Fig. 3.2.1. Tren regulador de presión. ....  | 72  |
| Fig. 3.2.2. Representación simbólica unifilar del tren regulador de presión. ....  | 72  |
| Fig. 3.3.1. Tejido navalhado antes del ensayo de inflamabilidad, cortado con la<br>dirección de los hilos de urdiembre paralelos al lado más largo. ....               | 79  |
| Fig. 3.3.2. Tejido navalhado después del ensayo de inflamabilidad. ....  | 80  |
| Fig. 3.3.3. Tejido navalhado antes del ensayo de inflamabilidad, cortado con la<br>dirección de los hilos de urdiembre paralelos al lado más largo del espécimen. .... | 81  |
| Fig. 3.3.4. Tejido navalhado después del ensayo de inflamabilidad. ....  | 82  |
| Fig. 3.3.5. Componentes de la variación. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16). ...   | 95  |
| Fig. 3.3.6. Componentes de la variación. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32). ..   | 96  |
| Fig. 3.3.7. Tejido navalhado antes del ensayo de inflamabilidad, cortado con la<br>dirección de los hilos de relleno paralelos al lado más largo del espécimen. ....   | 97  |
| Fig. 3.3.8 Tejido navalhado después del ensayo de inflamabilidad. ....   | 98  |
| Fig. 3.3.9. Tejido navalhado antes del ensayo de inflamabilidad, cortado con la<br>dirección de los hilos de urdiembre paralelos al lado más largo. ....               | 99  |
| Fig. 3.3.10 Tejido navalhado después del ensayo de inflamabilidad. ....  | 100 |

|  |     |
|--|-----|
| Fig. 3.3.11. Componentes de la variación. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16)   |     |
| .....  | 114 |
| Fig. 3.3.12. Componentes de la variación. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32). |     |
| .....  | 115 |

## RESUMEN

El presente proyecto técnico, se desarrolló como una necesidad de ofertar más servicios a la comunidad, dirigido por el laboratorio de investigación LIM-UTA. Para el rediseño se realizó un reconocimiento de las necesidades, y parámetros como funcionalidad, resistencia y utilidad que hacen de la cámara de inflamabilidad un banco de pruebas apropiado para los ensayos de resistencia a la flama en materiales textiles, rigiéndose a la normativa ASTM D6413.

Se desarrolla un estudio de combustión del metano, posteriormente se realizó un análisis del flujo másico que permitió saber las pérdidas por tubería y accesorios en el tren regulador de presión instalado. Se seleccionó las alternativas de las partes del sistema de control de autoencendido y tren regulador de presión.

Se realizaron las pruebas de resistencia a la flama utilizando un material textil característico en la industria carrocera, consecuentemente se hizo un análisis estadístico validando el método de ensayo (prueba vertical), finalmente se implementó la documentación técnica de la cámara de ensayos de inflamabilidad vertical de acuerdo con la norma técnica ecuatoriana “NTE 17025”.

**Palabras clave:** Reingeniería, Ensayos de inflamabilidad, Material textil, Metano, ASTM D6413, NTE 17025, Control de autoencendido.

## ABSTRACT

The present technical project was developed as a need to offer more services to the community, led by the LIM-UTA research laboratory. For the redesign, a recognition of the needs and parameters such as functionality, resistance and usefulness that make the flammability chamber an appropriate test bench for flame resistance tests in textile materials, was carried out, adhering to the ASTM D6413 standard.

A methane combustion study is developed, later an analysis of the mass flow was carried out that allowed to know the losses by pipe and accessories in the installed pressure regulating train. Alternatives for the self-ignition control system and pressure regulating train parts were selected.

The flame resistance tests were carried out using a textile material characteristic in the body industry, consequently a statistical analysis was made validating the test method (vertical test), finally the technical documentation of the vertical flammability test chamber was implemented in accordance with the Ecuadorian technical standard "NTE 17025".

Keywords: Reengineering, Flammability tests, Textile material, Methane, ASTM D6413, NTE 17025, Self-ignition con

## **CAPÍTULO I.-MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Tema**

REINGENIERÍA DE LA CÁMARA DE INFLAMABILIDAD VERTICAL Y APLICACIÓN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLAMA DE MATERIALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA LIM-UTA.

### **1.2 Antecedentes investigativos**

El ensayo de inflamabilidad vertical en materiales textiles es un método que permite evaluar la resistencia a la flama de los materiales expuestos al fuego, características de luminiscencia residual y además permite cuantificar e interpretar como actúan los materiales, productos o juntas que están expuestas al calor y la llama, bajo condiciones controladas de laboratorio.

Algunos de los primeros ensayos de inflamabilidad vertical se remontan a las Regulaciones de Aviación Federal (FAR) desarrolladas por EE.UU, donde destaca la FAR 25.853 que se emplea desde 1980 para ensayos de inflamabilidad vertical, la cual define los requisitos de inflamabilidad para cojines de asientos de aviones. Mientras que en Reino Unido en la década de 1985 se reconoció por primera vez la aplicación de normativas para ropa de dormir de niños que regula la inflamabilidad de sus componentes textiles, pues se determinó que las prendas de dormir tienen más posibilidad de causar muertes por su combustión que cualquier otra prenda. Por lo tanto, es dentro de estas categorías donde se comenzó a implementar los ensayos de inflamabilidad vertical, derivando en varias normas que se implementan actualmente para diversos tipos de textiles.

Existe un amplio campo para la aplicación de ensayos de inflamabilidad vertical, en el sector de la aviación además de textiles ignífugos, tales como pijamas para niños y materiales de relleno elástico usados en muebles tapizados, los cuales dependen una certificación que evalué su uso en cuanto a la resistencia a las llamas.

Algunas de las normas nacionales presentadas por el INEN “Instituto Nacional de Normalización” vinculadas a este procedimiento son:

- NTE INEN-ISO 11925-2, analiza el comportamiento de materiales de construcción expuestos a una pequeña llama directa, con una radiación nula, ensayando muestras colocadas verticalmente.
- NTE INEN-ISO 6941, esta norma estudia el comportamiento de materiales textiles y tejidos industriales de uno o varios componentes, junto con la medición de propiedades de propagación de la llama en probetas orientadas verticalmente.
- NTE INEN 745:2013, método de ensayo para determinar la resistencia a la llama aplicada a materiales textiles y laminados.
- ASTM D6413, norma implementada para la medición de resistencia a la llama vertical de materiales textiles, considerando materiales, productos sometidos a la llama en condiciones controladas, además del análisis de luminiscencia residual luego de la exposición.

### **1.2.1 Importancia de las pruebas de inflamabilidad en textiles**

Las pruebas en los textiles son de mucha importancia si se quiere alcanzar alta calidad en los productos, con esto evalúa el rendimiento de los materiales y asegurando un cumplimiento normativo que rigen en cada país o a su vez normativas internacionales. Para la actualidad se ha evidenciado un incremento en los países que se suman a la importancia de realizar pruebas de todo tipo en textiles, esto sucede ya que los consumidores exigen mayor seguridad al estar expuestos a condiciones elevadas de temperatura, resistencia, entre otras; como resultado las pruebas que se practican son más variadas, en constante cambio y llenas de desafíos con la única finalidad de alcanzar altos estándares de calidad [5].

Las pruebas de inflamabilidad en el Reino Unido aparecieron en la década de los 50 a raíz de que al menos 1000 decesos cada año con relación directa de inflamación en textiles, las normas sufren cambios continuamente, pero lo principal que se evalúa es el comportamiento a la combustión y a la resistencia a la llama, teniendo énfasis en la velocidad de propagación y la facilidad de ignición, que son considerados estándares internacionales [6].

La medición de inflamabilidad en general se entiende como la ignición o encendido de los textiles, que se someten a una pequeña llama, en un lapso hasta 12 segundos

continuando encendidos después de haber suspendido la exposición a la flama. Los parámetros que cabe resaltar y los que se mencionan a lo largo de toda la redacción del proyecto son; la velocidad, el alcance, la duración de llama, además hay que saber que el comportamiento con tejidos o textiles auto- extingüibles incluye la medición del tiempo después de la llama además del resplandor residual, el alcance o la longitud de carbonización y finalmente la longitud de la muestra debilitada [6].

Al existir gran variedad de normas y reglamentos que especifican los requisitos de inflamabilidad en los textiles que se ocupan en diferentes aplicaciones como por ejemplo la (DIN, ISO, BS, ASTM, EN, etc.) Hay que tener en cuenta que estas normas sufren cambios cada 5 años más o menos, para ello los evaluadores y los laboratorios encargados de la normalización deben tomar en cuenta estas modificaciones y hacer prevalecer las normativas vigentes. Los ensayos de inflamabilidad pueden ser de una sola capa o como parte de un compuesto; los parámetros más importantes son las mediciones de inflamabilidad en general y los principios generales que abordan a los métodos de prueba de inflamabilidad textil según sea su caso [6].

Existe una relación superficie-masa de fibra muy elevada en los materiales textiles por lo que estos tienden a encenderse fácilmente y a quemarse más rápido que otros materiales. Los materiales textiles tienen geometrías bidimensionales y tridimensionales esto hace que se quemen de diferente manera que otros combustibles sólidos y además poseen propiedades características como las enunciadas a continuación:

- Su estructura característica en forma de matriz, que facilita la circulación de oxígeno entre los hilos en combustión.
- Algunas telas poseen propiedades termoplásticas que suelen causar contracción, curvatura y desviación dando lugar a goteos fundidos con destellos de llama, que son capaces de producir la transferencia de calor y llama a otros materiales, inclusive al cuerpo del usuario de este tipo de prendas. En general todas las fibras textiles se queman; la diferencia es sólo del grado de peligrosidad como los parámetros relacionados a la inflamabilidad [6].

Los parámetros asociados a textiles inflamables son los que se enuncian a continuación:

- Mecanismos de transferencia de calor.
- Tasa de liberación de calor.
- Cantidad total de calor liberado.
- Facilidad de ignición.
- Velocidad de propagación de la llama.

Estos parámetros, individual y colectivamente, están influenciados por las características de un material textil particular, que incluyen [6]:

- Composición química de las fibras presentes
- Interacciones de diferentes tipos de fibras si la tela es una mezcla o compuesto
- Estructura de la tela
- Densidad y grosor del área de la tela
- Orientación de la tela (por ejemplo, horizontal, a 45 ° o vertical 90 °)
- Punto de ignición (por ejemplo, parte superior o inferior de la muestra, borde o cara).

En el libro “Aircraft Materials Fire Test Handbook” Final Report, April 2000, indica que las pruebas ejecutadas en la cámara de inflamabilidad vertical deben realizarse sin la presencia de corrientes de aire, además se sugiere que la cabina cuente con una campana extractora que permita la evacuación de humo después de la ejecución del ensayo, además menciona que es necesaria la implementación de acero inoxidable u otro acero resistente a la corrosión para la superficie de la cámara y el porta probetas, en cuanto a la superficie de la cámara esta debe ser de 0.04 plg o 1 mm de espesor.

En el libro “Fabric Testing” 2008, los aspectos y parámetros de inflamabilidad cuantificables con fundamento científico se pueden clasificar en dos grandes componentes:

### **Pre encendido**

- Descomposición térmica.
- Variaciones de entalpía.
- Residuos de la descomposición térmica.
- Estática y dinámica del proceso de ignición.



## **Post encendido**

- Temperatura de ignición.
- Temperatura de la llama.
- Relación de desprendimiento de calor durante la combustión.
- Relación de propagación de la llama.
- Relación de incineración de masas ascendentes.
- Extensibilidad.
- Residuos de la combustión.

Parámetros importantes evaluados en la recopilación de datos de los ensayos para determinar índices de inflamabilidad.

### **1.2.2 Normas internacionales de pruebas de inflamabilidad en textiles**

- **Norma para la inflamabilidad de los textiles Code of Federal Regulations 16 CFR. 1610.**

Esta prueba se utiliza para probar la ropa y los textiles destinados a la ropa de uso común (excepto sombreros, guantes, calzado e interlineado). El procedimiento de prueba utilizado para determinar el cumplimiento de la norma es la prueba de ángulo de 45 grados. Especifica que un trozo de tela, colocado en un soporte en un ángulo de 45 grados y en contacto con una llama de 5/8 de pulgada durante 1 segundo, no debe encenderse y extender la llama a lo largo de la muestra en menos de 3,5 segundos para telas lisas o 4,0 segundos para telas cortadas [10].

- **Norma estándar para la inflamabilidad de la película plástica de vinilo 16 CFR. 1611.**

Esta norma prueba la película plástica de vinilo no rígida, sin soporte, de 10 mm o menos de espesor, incluido el material translúcido opaco, ya sea liso, en relieve, moldeado o tratado superficialmente de otra manera, y destinado o utilizado en la ropa. La prueba requiere que la película de plástico de vinilo este ubicada en un soporte a 45 grados, la prueba consiste que velocidad de combustión superior a 1.2 pulgadas por segundo [10].

➤ **Norma Estándar para la inflamabilidad de la ropa de dormir infantil 16 CFR. 1615 (FF3–71).**

Esta norma cubre las pruebas para cualquier ropa de dormir para niños en tallas 0 a 6, que incluye camisones, pijamas o artículos similares o relacionados, como batas, destinadas a ser usadas principalmente para dormir o actividades relacionadas con el sueño. La ropa interior y los pañales están excluidos de esta definición. La norma mide el alcance de la propagación de la llama. Las telas e hilos que están destinados o promocionados para su uso en ropa de dormir para niños también deben cumplir con el estándar. El proceso de prueba requiere que se prueben cinco muestras, cada una de 3.5 por 10 pulgadas (8.9 por 25.4 cm). Cada espécimen se suspende verticalmente en un soporte y se expone a una llama de gas de  $1\frac{1}{2}$  de pulgada a lo largo de su borde inferior durante 3 segundos. Los especímenes juntos pueden no tener una longitud de carbonización promedio de más de 7 pulgadas, y ningún espécimen puede tener una longitud de carbonización de más de 10 pulgadas. Esta prueba debe superarse, cuando el producto es nuevo como después de 50 lavados y secados. Cualquier artículo destinado a la ropa de dormir para niños fabricado después de julio de 1973 debe cumplir con la norma. Aunque no es necesario proporcionar una etiqueta que indique que el producto cumple con el estándar, muchos fabricantes proporcionan dicha información como un servicio a los clientes.

➤ **Norma estándar para la inflamabilidad de la ropa de dormir para niños 16 CFR 1616 (FF5-74).**

La categoría de producto en esta norma es la misma que 16 CFR 1615, excepto que el tamaño del producto es de 7 a 14. Esta prueba estándar mide el alcance de la propagación de la llama, examina si hay algún resplandor posterior y si se extingue después de 1 minuto, y luego se mide la longitud del carbón. Los productos que no cumplan con las disposiciones del reglamento no podrán ser importados para la venta ni exportados a otros países [11].

➤ **Norma estándar para la inflamabilidad superficial de alfombras y tapetes grandes 16 CFR 1630 (FF1-70).**

Esta norma prueba todos los tipos de alfombras y tapetes (una dimensión superior a 6 pies y un área de superficie superior a 24 pies<sup>2</sup> utilizados como materiales de revestimiento de pisos, independientemente del método de fabricación o si están hechos de fibras o películas naturales, sintéticas, combinaciones o sustitutos de estos. Se excluyen las alfombras o tapetes únicos en su tipo. Esta norma mide el alcance de la propagación de la llama y la propagación del carbón. Una muestra (23 x 23 cm) se expone a una tableta ardiente colocada en su centro y no debe carbonizarse más de 3 pulgadas en ninguna dirección. La tableta encendida está destinada a simular pequeñas fuentes de ignición como fósforos o cigarrillos caídos sobre la alfombra [12].

➤ **Norma estándar para la inflamabilidad superficial de alfombras y tapetes pequeños 16 CFR 1631 (FF2-70).**

Los textiles cubiertos en esta norma son los mismos que los de 16 CFR 1630, excepto que el tamaño de los productos es una dimensión no superior a 6 pies y el área de superficie no superior a 24 pies<sup>2</sup>. El principio de prueba de esta norma es también el mismo que el de 16 CER 1630. Si el producto no cumple con el estándar, puede ser etiquetado para indicar que el artículo no cumplió con la prueba estándar.

➤ **Norma estándar para la inflamabilidad de colchones (y almohadillas de colchón) 16 CFR 1632 (FF4-72).**

Esta norma cubre las pruebas de colchones que incluyen, entre otros, almohadillas de colchón, adultos, jóvenes, cunas, literas, sofás cama convertibles, tumbonas, camas plegables y colchones de cama nido. Se excluyen los sacos de dormir, almohadas, camas de agua, salones de muebles tapizados y almohadillas de productos juveniles. Prueba la facilidad de ignición de una fuente de ignición ardiente. La prueba requiere que se permita que un mínimo de nueve cigarrillos encendidos se quemé en el borde liso de la cinta. La longitud de la carbonilla en la superficie del colchón no debe ser más de 2

pulgadas en cualquier dirección de cualquier cigarrillo. Las pruebas también se realizan con nueve cigarrillos encendidos colocados entre dos sábanas en las superficies del colchón. Los artículos que no cumplan con la norma deben estar etiquetados como que no cumplen y pueden encenderse. Los colchones que cumplen con el estándar no necesitan ser etiquetados, pero muchos fabricantes proporcionan etiquetas para indicar que su producto cumple con el estándar de resistencia a la llama [13].

➤ **Revestimientos textiles para suelos – Comportamiento de combustión – Prueba de telas a temperatura ambiente Norma ISO 6925.**

El método especificado en esta norma es aplicable a todos los tipos de revestimientos textiles, cualquiera que sea su construcción o su composición física. El método también puede extenderse a material no procesado. Una muestra en posición horizontal se expone a la acción de una pequeña fuente de ignición en condiciones específicas, y se mide la longitud dañada resultante [14].

### **1.2.3 Proyectos técnicos de construcción de cámaras de inflamabilidad**

Los antecedentes constructivos realizado por el Ingeniero Mecánico Álvaro Cabrera (2018) de la Universidad Técnica de Ambato en su tesis “Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de inflamabilidad vertical de materiales utilizados en el interior de las carrocerías” manifiesta que la construcción del banco de ensayos de inflamabilidad vertical garantiza los requisitos de operación definidas en la norma ASTM D6413, permitiendo evaluar adecuadamente materiales comunes de la industria carrocera tales como fibra de vidrio y resina, esponjas rígidas y flexibles, pranna poliéster y expandible, además de forros de asientos, permitiendo así la evaluación de índices de inflamabilidad respectiva de cada material. Esta tesis, es el complemento de construcción de la cámara de inflamabilidad vertical, modificando el suministro de gas, protección de componentes internos, control y regulación de la llama, que permite mejorar el funcionamiento [21].

El Ingeniero Mecánico Carlos Lasluisa (2019) de la Universidad Técnica de Ambato en su tesis de implementación de los requisitos técnicos que establece la norma NTE

17025-2018 con la finalidad de establecer el laboratorio de investigación de la cámara de inflamabilidad horizontal de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. Menciona que mediante la implementación de la norma NTE 17025-2018 fue posible cimentar los requisitos técnicos para la implementación del laboratorio de investigación, donde se definió un patrón para la creación de la documentación técnica requerida para la ejecución de los respectivos ensayos y finalmente se desarrolló un registro técnico correspondiente a cada ensayo de inflamabilidad llevado a cabo en las instalaciones del laboratorio con la finalidad de llevar un registro de datos organizado, confiable y preciso. Esta tesis se relaciona con el trabajo actual, en la documentación técnica necesaria para la cámara de inflamabilidad horizontal en función de la normativa NTE 17025-2018 para el correcto funcionamiento del laboratorio, por lo que se usara como referencia para la implementación de documentación técnica para la cámara de inflamabilidad vertical de acuerdo con la misma normativa [4].

### **1.3 Justificación**

Desde el origen de los seres humanos, los materiales textiles han sido diseñados para proteger a las personas contra las condiciones climáticas de sol, lluvia, frío. Además, debido a las relaciones a veces tensas entre tribus y países, los materiales textiles también tenían como objetivo proporcionar protección contra los riesgos mecánicos como flechas, espadas, etc.

En los días modernos, la protección contra la inflamabilidad es motivo de preocupación para diversas aplicaciones profesionales, por ejemplo, soldados, trabajadores de la industria del petróleo y el gas, bomberos, aplicaciones de transporte, por ejemplo, automóviles, trenes y aviones además del uso general del consumidor en tareas domésticas como, por ejemplo, chimeneas, estufas de gas. El objetivo principal de las pruebas de inflamabilidad de los materiales textiles es mejorar la seguridad de los usuarios finales, ya sean consumidores o trabajadores [1].

Se puede evaluar de diferente manera las propiedades de inflamabilidad de los tejidos: mediante la aplicación de una llama directa, la aplicación de calor o una reacción química. A lo largo de los años se desarrollaron diferentes métodos de prueba teniendo en cuenta el uso final del textil y su evaluación de riesgos asociada. El comportamiento

de combustión de los materiales textiles se puede encontrar en métodos de prueba estándar como ISO 4880 (1997), ASTM E176 (2015) y ASTM D6413.

La ASTM D6413 aplicado en una prueba vertical, es el método de prueba estándar para la resistencia al fuego de textiles. El principio es aplicar una llama a una muestra de tela fija verticalmente en condiciones controladas y verificar la facilidad de ignición de un material textil, en un entorno controlado [2].

En Ecuador el sector textil está conformado por tres grandes grupos, que son el comercio con 68%, manufactura con 23% y de servicio con un 9%, (figura. 1.3.1.). De estas las actividades de Manufactura cuentan con 11.006 establecimientos, de los cuales el 74,2% corresponde a la fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel; el 8,2% a fabricación de artículos confeccionados de materiales textiles, excepto prendas de vestir; el 8,2% a fabricación de calzado y el 9,5% restante a otras actividades de manufactura [3].

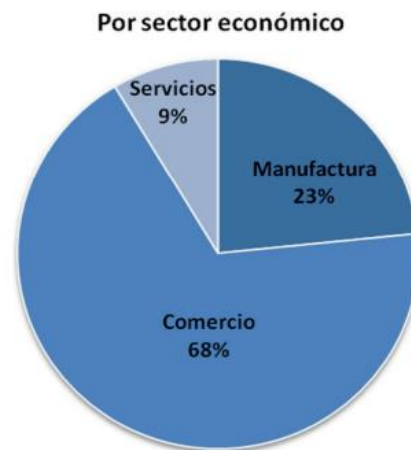


Fig. 1.3.1. Distribución del sector textil en Ecuador [3].

Mientras que en las actividades de Servicios se registran 4.054 establecimientos, de los que el 56% se dedican a la Reparación de calzado y artículos de cuero, y el 44% restante se dedica al lavado y limpieza de productos textiles y de piel, parecen ser cifras alentadoras pero la exportación con respecto a textiles es baja ocupando un promedio de los Textiles, prendas de vestir y productos de cuero en las exportaciones por producto para el período 2000 al 2010 del 1.3%, (figura. 1.3.2.) [3].



Fig. 1.3.2. Exportaciones por producto [3].

Hay un crecimiento considerable en la industria textil siendo Guayas, Pichincha y Tungurahua, donde se encuentran la mayor cantidad de establecimientos del sector así lo afirma la entidad gubernamental INEC, el crecimiento de las exportaciones textiles es parte del plan de mejora competitiva que ha desarrollado el sector, por tal razón el desarrollo de pruebas de inflamabilidad romperá barreras en la exportación ya que se podría enviar productos de la industria textil con los informes de ensayos de inflamabilidad y esto será de gran importancia ya que no se someterán a una reevaluación cual sea su país de destino, ahorrando tiempo de espera y costos, beneficiando ambas partes [3].

La concepción de realizar una reingeniería surge de la necesidad de mejorar la productividad de la cámara de inflamabilidad vertical cumpliendo normativas que rigen en dimensionamiento y funcionamiento como la ASTM D6413, para posteriormente realizar ensayos de resistencia a la flama en materiales de la industria textil del laboratorio de investigación perteneciente a la carrera de Ingeniería Mecánica [2].

Quienes se beneficiarán de este proyecto será, el laboratorio de investigación de ingeniería mecánica "LIM-UTA", que podrá realizar pruebas de inflamabilidad de materiales de la industria textil, basándose en normativas vigentes en nuestro país, para dar cumplimiento a estándares de seguridad y calidad.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Generar la reingeniería y documentación técnica de la cámara de ensayos de inflamabilidad vertical para el laboratorio de investigación de ingeniería mecánica LIM- UTA.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Realizar la reingeniería de la cámara de inflamabilidad vertical en base a la norma ASTM D6413.

La reingeniería está ligada a las modificaciones que se realizaron en la cámara de inflamabilidad vertical, además de una rigurosa inspección metrológica de las dimensiones de la cámara de inflamabilidad verificando que se encuentren dentro de los parámetros constructivos que exige la normativa internacional ASTM D6413, para desarrollar los ensayos pertinentes a muestras textiles de diferente propiedad.

- Adecuar un funcionamiento semiautomático para el manejo de la cámara de inflamabilidad vertical.

Mediante la revisión bibliográfica que se encuentra dentro de la línea de investigación se implementó un sistema semiautomático comandado por Arduino, que permite controlar el paso de fluido (gas metano) durante un determinado tiempo, dicho sistema funciona en conjunto con un tren regulador de presión, acorde a los requerimientos establecidos en la norma ASTM D6413.

- Realizar ensayos de resistencia a la flama que permitan la validación del método de ensayo.

Los ensayos de resistencia a la flama para la validación del método se realizaron en tejido navalhado, material compuesto de 100% poliéster implementado en la industria carrocera en forros de asiento.



- Desarrollar la documentación técnica de acuerdo con la norma técnica ecuatoriana “NTE INEN-ISO/INEC 17025-2018”.

Se desarrolla un comparación y verificación de los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración mediante la norma “NTE INEN-ISO/INEC 17025-2018” respecto a los documentos pertenecientes al laboratorio de investigación Mecánica - LIM UTA.

## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

### 2.1 Desarrollo de la fundamentación

#### 2.1.1 Mecanismo de combustión en materiales textiles

En la combustión de materiales textiles, todo es parte de un mecanismo de retroalimentación, teniendo en cuenta 3 factores, (figura 2.1.1.) el combustible como matriz de fibras, el calor de ignición como el de combustión y el oxígeno del aire [7].



Fig. 2.1.1. Triángulo de fuego [7].

Los principios cubiertos son generales para todas las fibras, los detalles específicos pueden variar, pero compartirán los conceptos generales [7]. Cuando las fibras textiles se calientan con una fuente de ignición, las moléculas de polímero comienzan a romperse conocido como proceso de pirólisis, (figura. 2.1.2.) en moléculas más pequeñas. Algunos de estos productos de pirólisis son "combustibles" capaces de quemarse. Esto puede ser importante con respecto de cómo se quema un tipo de textil, la cantidad de humo, vapores producidos [8].

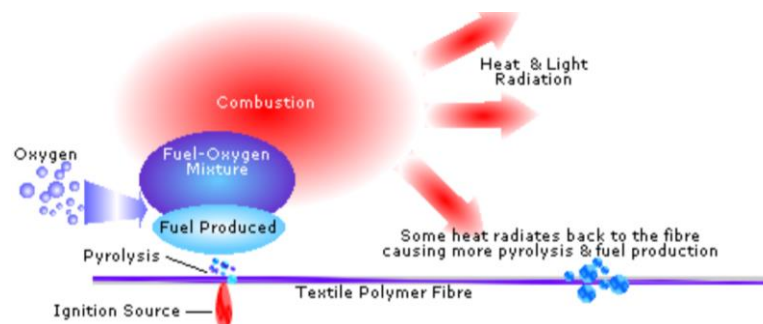


Fig. 2.1.2. Mecanismo de Combustión [7].

### 2.1.2 Índice de oxígeno limitante (LOI) en textiles

Los tipos y la cantidad de combustibles producidos durante el pirólisis varían según el tipo de textil. Los diferentes combustibles producidos necesitan mezclarse con oxígeno de la atmósfera para quemarse. La cantidad de oxígeno requerida para apoyar la combustión varía para cada combustible.

Por lo tanto, es posible ordenar los textiles según su facilidad de inflamabilidad con referencia a la cantidad de oxígeno que requiere cada textil para mantener la combustión.

Esto se conoce como el índice de oxígeno limitante (LOI), (tabla 2.1.1.). El contenido de oxígeno de la atmósfera terrestre es de alrededor del 21%. Los materiales con un LOI por debajo de 21% se queman fácilmente, mientras que aquellos con un valor superior a este no se queman fácilmente. Además de la cantidad de oxígeno requerida por los diferentes combustibles para sustentar la combustión, también varía la temperatura a la que se encienden los diferentes combustibles [9].

Tabla 2.1.1. Transiciones térmicas de algunas fibras de uso común [9].

| Fibre                     | Tg, °C<br>(softens) | Tm, °C<br>(melts) | Tp, °C (pyrolysis)       | Tc, °C<br>(ignition) | LOI, %  | ΔHc,<br>KJg <sup>-1</sup> | *Flammability  |
|---------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|---------|---------------------------|--|
| Wool                      | –                   | –                 | 245                      | 600                  | 25      | 27                        | Supports combustion with difficulty                  |
| Cotton                    | –                   | –                 | 350                      | 350                  | 18.4    | 19                        | Burns readily with char formation, afterglows        |
| Viscose                   | –                   | –                 | 350                      | 420                  | 18.9    | 19                        | Burns very rapidly with char formation, no afterglow |
| Nylon 6                   | 50                  | 215               | 431                      | 450                  | 20–21.5 | 39                        | Supports combustion with difficulty, melts           |
| Nylon 6.6                 | 50                  | 265               | 403                      | 530                  | 20–21.5 | 32                        | Does not readily support combustion, melts           |
| Polyester                 | 80–90               | 255               | 420–447                  | 480                  | 20–21   | 24                        | Burns readily with melting and soot                  |
| Acrylic                   | 100                 | >220              | 290 (with decomposition) | >250                 | 18.2    | 32                        | Burns readily with melting and sputtering            |
| Polypropylene             | –20                 | 165               | 470                      | 550                  | 18.6    | 44                        | Burns slowly   |
| Modacrylic                | <80                 | >240              | 273                      | 690                  | 29–30   | –                         | Melts, burns very slowly                             |
| PVC                       | <80                 | >180              | >180                     | 450                  | 37–39   | 21                        | Does not support combustion                          |
| Oxidised acrylic          | –                   | –                 | ≥640                     | –                    | –       | 45                        | –  |
| Meta-aramid (e.g. Nomex)  | 275                 | 375               | 410                      | >500                 | 29–30   | 30                        | –  |
| Para-aramid (e.g. Kevlar) | 340                 | 560               | >590                     | >550                 | 29      | –                         | –  |

\* Source: Nametz, reprinted with permission from Nametz, 'Flame-retarding Synthetic Textile Fibers', *Ind and Eng Chemistry*, copyright 1970, American Chemical Society.<sup>9</sup>

### 2.1.3 Mechero Bunsen

Es un dispositivo implementado para realizar la combinación de un determinado combustible en estado gaseoso junto con cantidades controladas de aire antes de que se produzca la ignición.

Este aparato consta de un tubo de metal colocado sobre una base la cual posee una entrada de gas conectada al extremo inferior del tubo, dicho tubo posee una válvula de ajuste y adicionalmente consta de aberturas en sus lados, las cuales se regulan por medio de un collar para permitir el ingreso de aire en la medida que se requiera [15].

La mezcla ideal de gas se encuentra en una proporción de alrededor de una parte de gas por tres partes de aire, esta mezcla se forma mediante la presión del gas hacia el extremo superior del tubo, lugar donde es encendido mediante el sistema de ignición.

#### **2.1.4 Partes del Mechero Bunsen**

Un Mechero Bunsen consta de varios elementos que actúan en conjunto para su funcionamiento, (figura 2.1.3.) y a continuación se detallan las características de cada uno de sus componentes:

➤ **Cañón o chimenea**

Se halla en el extremo superior del barril y consta de un tubo con ventanillas donde se genera la combustión y surge la llama.

➤ **Barril**

Cumple con la función de mezclar el aire y gas para la combustión y posee 5 pulgadas de largo.

➤ **Collar**

Es un disco pequeño con orificios situado en la parte inferior del barril que se implementa para regular la cantidad de aire que ingresa para ser mezclado con el combustible.

➤ **Brazo de entrada**

Es una extensión lateral donde se conecta la manguera para la alimentación de gas.

➤ **Base**

Posee una geometría circular, brinda el soporte al quemador y es relativamente ancha.

➤ **Válvula de aguja**

Ubicada opuesta al brazo de entrada es implementada para regular el ingreso de gas al mechero.



Fig. 2.1.3. Partes de un Mechero Bunsen.

### 2.1.5 Zonas de la llama de un Mechero Bunsen

El Mechero Bunsen es capaz de crear tres tipos de llamas de acuerdo con diferentes escenarios, principalmente posee tres tipos de llama los cuales son:

➤ **Llama amarilla**

Este tipo de llama también es conocida como llama de seguridad debido a que es fácil de visualizar en una habitación iluminada. La llama amarilla se consigue cerrando por completo el orificio de aire y su temperatura se encuentra alrededor de 300 °C.

➤ **Llama azul**

Se origina cuando el orificio de ventilación está parcialmente abierto, suele ser difícil de observar en una habitación iluminada y puede alcanzar hasta los 500 °C.

➤ **Llama azul rugiente**

Este ajuste es el más caliente para el Mechero Bunsen. Se produce cuando el orificio de ventilación se encuentra completamente abierto y se pueden alcanzar temperaturas de hasta 700 °C [15].

En cuanto a la posición de la llama cuando el Mechero Bunsen está en funcionamiento se distinguen dos posiciones, denominadas llama primaria y llama secundaria, la llama

primaria posee un color azul pálido en forma de un pequeño cono en la región interna, la llama secundaria resulta ser casi incolora debido a que el gas restante es completamente oxidado por el aire circundante, se manifiesta en la parte externa y también tiene forma de cono, (figura 2.1.4.).



Fig. 2.1.4. Posición de la llama de un Mechero Bunsen.

### 2.1.6 Estructura de la llama

En el área de llamas no luminosas existen tres zonas, (figura 2.1.5.) y se definen a continuación:

➤ **Zona interna o fría**

Comprende a los gases que no pasan a la fase de combustión, por esta razón su temperatura es baja.

➤ **Zona media o de reducción**

Se trata de una mezcla intermedia donde la combustión es incompleta y se reducen los óxidos metálicos. Esta zona por lo general se encuentra contenida en el cono interior.

➤ **Zona exterior o de oxidación**

Consiste en la parte más externa de la llama y contiene a las zonas anteriores, debido al abundante oxígeno circundante se produce la combustión completa y la temperatura es más elevada. El punto con la temperatura más elevada se sitúa en el interior de esta zona [11].

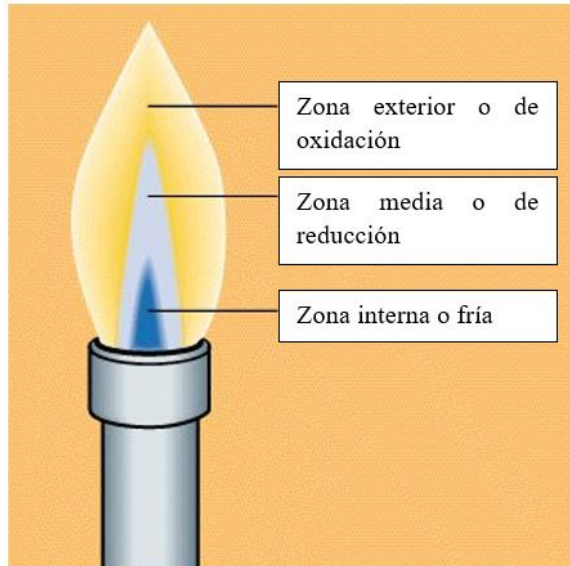


Fig. 2.1.5. Estructura de la llama de un Mechero Bunsen [11].

### 2.1.7 Aceros Inoxidables

Consisten en diversas aleaciones de base hierro, con una composición baja en carbono junto con un mínimo porcentaje de cromo del 11%. La característica más destacada de estos materiales es su elevada resistencia a la corrosión, la cual es consecuencia de la generación espontánea de una fina capa de óxido de cromo sobre la superficie del material, esta capa es altamente protectora frente a diversos medios corrosivos, además dicha capa tiene la capacidad de restaurarse automáticamente en presencia de oxígeno y de este modo reparar daños rápidamente de abrasión corte o mecanizado, (figuras. 2.1.6; 2.1.7 y 2.1.8). [22].



Fig. 2.1.6. Formación de óxido de cromo sobre la superficie [22].

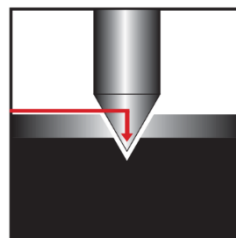


Fig. 2.1.7. Cuando el material es rayado la película protectora se remueve [22].

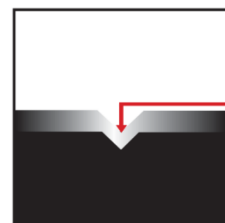


Fig. 2.1.8 En presencia de oxígeno la capa protectora se restaura [22].

La mayor parte de los grados comerciales de los aceros inoxidables posee una composición mínima de 11% de cromo y hasta 0.8% de carbono. En determinados grados el níquel puede ser un segundo elemento de aleación.

Si el contenido total de aleación rebasa un 50% es más recomendable la designación de acero resistente al calor. El grado de impermeabilidad de la capa protectora de óxido en determinados ambientes depende de la composición de la aleación como también del medio específico, la temperatura de este y finalmente la concentración del agente corrosivo.

### **2.1.7.1 Características de los aceros inoxidables**

Los aceros inoxidables son aleaciones de hierro y carbono con porcentajes de carbono inferiores al 2%, incorporados con otras aleaciones como níquel, cromo o manganeso, con porcentajes de cromo entre el 10% y 12%.

En cuanto a los diferentes tipos de aceros (tabla 2.1.2.), que define su composición química y permeabilidad magnética.

A continuación, se definen las principales características de los aceros inoxidables:

- Poseen una alta resistencia a la corrosión para un amplio conjunto de ambientes corrosivos, superando a los aceros martensíticos y ferríticos, pero poseen la desventaja de ser vulnerables al agrietamiento por corrosión ocasionado bajo tensiones en ambientes con presencia de cloruro [23].
- Permiten realizar una excelente soldabilidad.
- Elevada maleabilidad y ductilidad.
- Elevada resistencia a altas temperaturas junto con buenas propiedades criogénicas. La plasticidad de la presencia de austenita otorga a estos aceros una buena densidad y resistencia al impacto incluso a temperaturas criogénicas (196 °C).
- Son endurecibles exclusivamente por trabajo en frío.
- A diferencia del acero al carbono los aceros inoxidables poseen menor punto de fusión, mayor resistencia eléctrica, menor conductividad térmica y un coeficiente de expansión térmica 50% superior (aproximadamente).
- En cuanto a las características magnéticas de los aceros inoxidables se pueden hallar desde no magnéticos como es el caso de los austeníticos: 301, 304, 305, 316; levemente magnéticos, aceros dúplex: 2205 y PH: 631; notablemente



magnéticos: aceros inoxidables ferríticos: 430, 441; aceros inoxidables martensíticos: 410, 420, características en la tabla 2.1.2.

Tabla 2.1.2 Permeabilidad magnética de algunos aceros inoxidables [23].

| Acero      | Tipo               | Composición química |              |             |      | Permeabilidad magnética Relativa [ $\mu_r$ ] |
|------------|--------------------|---------------------|--------------|-------------|------|--|
|            |                    | C                   | Cr           | Ni          | Mo   |  |
| 430        | Ferrítico          | 0.05                | 16.00        |             |      | 600  |
| 441        | Ferrítico          | 0.02                | 18.00        |             |      | 600  |
| 410        | Martensítico       | 0.12                | 12.00        |             |      | 700  |
| 420        | Martensítico       | 0.20                | 13.00        |             |      | 700  |
| 301        | Austenítico        | 0.10                | 17.00        | 7.00        |      | 1.05   |
| <b>304</b> | <b>Austenítico</b> | <b>0.04</b>         | <b>18.00</b> | <b>8.00</b> |      | <b>1.02</b>                                  |
| 305        | Austenítico        | 0.04                | 18.00        | 12.50       |      | 1.01   |
| 316        | Austenítico        | 0.04                | 17.00        | 10.00       | 2.12 | 1.02   |
| 2205       | Dúplex             | 0.02                | 22.00        | 5.70        | 3.1  | 4.00   |
| 631        | PH                 | 0.02                | 17.00        | 7.00        |      | 95.00  |

#### 2.1.7.2 Acero AISI 304

Es un acero inoxidable austenítico Cr-Ni, posee mejor resistencia a la corrosión que el acero 302, posee una alta ductilidad y buenas propiedades de estirado, conformado e hilado. Es un material no magnético, debido al bajo contenido de carbono posee menor precipitación de carburos en la zona afectada por el calor durante la soldadura y menor susceptibilidad a la corrosión intergranular [24].

En la tabla 2.1.3. donde se detallan las características principales del acero AISI 304.

Tabla 2.1.3. Propiedades del acero AISI 304 [24].

| <b>Propiedades físicas</b>             | <b>Unidades métricas</b>           | <b>Comentarios</b>                     |
|--|------------------------------------|--|
| Densidad                               | 8.00 g/cc                          |  |
| <b>Propiedades mecánicas</b>           | <b>Unidades métricas</b>           | <b>Comentarios</b>                     |
| Dureza, Brinell                        | 123                                |  |
| Resistencia a la tracción, máxima      | 505 MPa                            |  |
| Resistencia a la tracción, rendimiento | 215 MPa                            |  |
| Alargamiento a la rotura               | 70%                                | en 50mm                                |
| Módulo de elasticidad                  | 193 GPa                            |  |
| Coefficiente de Poisson                | 0.29                               |  |
| Módulo de corte                        | 77.0 GPa                           |  |
| <b>Propiedades termales</b>            | <b>Unidades métricas</b>           | <b>Comentarios</b>                     |
| Capacidad calorífica específica        | $0.500 \frac{J}{g \cdot ^\circ C}$ | A una temperatura de:<br>0.000 – 100°C |
| Conductividad térmica                  | 16.2 W/mK                          | A una temperatura de:<br>500°C         |
| Punto de fusión                        | 1400 – 1450°C                      |  |

### 2.1.8 Válvula solenoide

Este dispositivo es implementado para controlar el paso del flujo en un sistema de forma remota y autónoma. Eliminando la intervención manual para cerrar y abrir válvulas. Los medios que fluyen pueden ser agua, gas, aceite, vapor o refrigerante [25].

Este tipo de válvula se compone de dos partes principales: solenoide y cuerpo de la válvula. El solenoide se compone de una bobina electromagnética inductiva que envuelve un centro de hierro denominado émbolo.

La válvula permanece abierta cuando la bobina no está energizada. Para cerrar la válvula, una corriente activa el campo magnético y mueve el embolo. Pero, por otro

lado, cuando la válvula esta “normalmente cerrada”, la válvula permanece cerrada cuando esta no está energizada, para abrirla una corriente activa el campo magnético y levanta el embolo y permite al fluido atravesar la válvula.

#### **2.1.8.1 Tipos de válvulas solenoides**

Existen diferentes tipos de válvulas de acuerdo con las diferentes aplicaciones. A continuación, se describen algunos tipos de válvulas solenoides comunes.

- Válvulas de acción directa
- Válvulas operadas por piloto
- Válvulas de dos vías
- Válvulas de tres vías
- Válvulas de cuatro vías

#### **2.1.9 Clasificación de las fibras textiles**

Los diversos tipos de fibras que se pueden encontrar en el mercado están clasificados en función de su origen, sea este natural o artificial.

Varios ejemplos de su clasificación en la (figura 2.1.9).

##### **2.1.9.1 Fibras naturales**

- Vegetal: Sus células poseen una robusta resistencia mecánica y están compuestas principalmente de celulosa.
- Animal: Proviene de folículos pilosos de animales como la llama o vicuña o de glándulas sedosas como es el caso del gusano de la seda (bómbix mori).
- Mineral: en el caso del amianto este se origina a partir del olivino en contacto con soluciones hidrotermales, se emplea como aislante térmico y para fabricar productos ignífugos como ropa de bomberos.

##### **2.1.9.2 Fibras artificiales**

- Regenerado: conocida también como rayón o fibra de celulosa regenerada, provienen de derivados industriales de la celulosa como: nitrato de celulosa y acetato de celulosa que por medio de un tratamiento químico se transforma nuevamente en fibras.

- Sintético: son producidas por síntesis de productos derivados del petróleo.

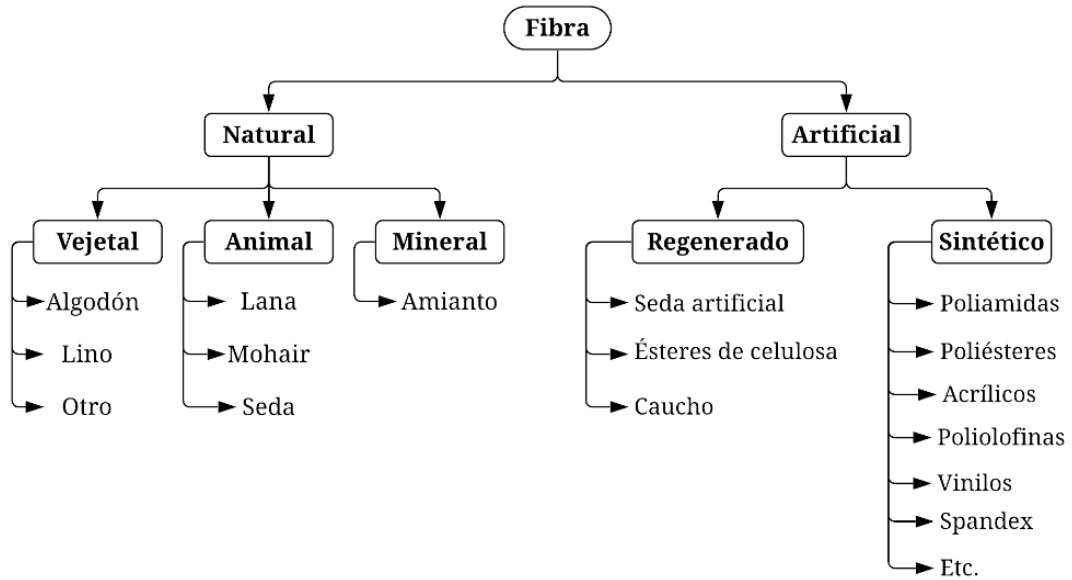


Fig. 2.1.9. Clasificación de las fibras textiles [16].

## 2.1.10 Materiales comunes para ensayos de inflamabilidad vertical

### 2.1.10.1 Seda

Es un material compuesto por fibra de proteína natural que es muy resistente el cual contiene principalmente fibroína, proveniente de la extrusión de filamento de las glándulas de larvas de diferentes especies de polillas o gusanos de seda. En función de la especie de la que proviene la seda esta puede ser clasificada en: seda cultivada o seda salvaje [26].

#### Propiedades físicas de la estructura de la seda

- **Color:** la seda cultivada posee un color que va de amarillo a blanco grisáceo, mientras que, el color de la seda salvaje suele ser de color amarillento marrón.
- **Longitud:** la seda es extruida por el gusano de seda en forma de doble filamento cementado por goma, por lo que es la fibra natural más larga. La longitud de la fibra de seda varía de 400 a 1200 metros.
- **Recuperación de humedad:** la posee varios grupos que atraen el agua como:  $\text{COO}$ ,  $\text{HO}$ ,  $\text{NH}_3^{+3}$  y  $\text{CONH}_2$ , el valor de recuperación de humedad de la seda es de (11%) y se encuentra entre la lana (17%) y el algodón (7-7,5%).

- **Fuerza:** La seda es una de las telas más fuertes de las fibras naturales. La tenacidad del filamento de seda es 2.8 a 5,2 g/denier.
- **Elasticidad:** la seda puede estirar hasta un 20% de su longitud sin romperse, pero no se recuperará si se estira más del 2%.
- **Densidad o peso específico:** Es un material compacto y posee una densidad de 1,3 g/cc en estado crudo y en estado desgomado 1,25 g/cc, en comparación con la lana y el algodón estos poseen una densidad de 1,32 y 1,53 respectivamente, por lo que la seda es más ligera.
- **Aislamiento:** la seda es muy apreciada para el aislamiento de cables eléctricos, ya que es un mal conductor del calor y electricidad.

### 2.1.10.2 Lana

La tela de lana está formada por fibras naturales que conforman el vellón de animales caprinos (ovejas) o camélidos (llamas). Este material textil se compone esencialmente de proteínas a base de queratina por lo que la lana es un material elástico. Detrás del algodón y fibras sintéticas la lana es uno de los materiales más comunes en el mundo [26].

#### Propiedades físicas de la lana

- **Absorción de humedad:** Este material tiene la capacidad de absorber hasta un 30% en peso de vapor de agua. Cuando la lana absorbe agua libera calor, por este motivo en condiciones ambientales de frío y humedad la prenda se mantiene cálida.
- **Conducción de calor y aislamiento térmico:** La prenda de lana es capaz de retener aire en su estructura, además de agua, estas características brindan confort térmico al usuario debido a que las prendas se sienten abrigadas en invierno y frescas en verano.
- **Elongación y resistencia a la ruptura:** La lana posee una elevada elasticidad debido a que su fibra es capaz de estirarse hasta un 50% sin presentar deformación permanente, por lo que se puede recuperar fácilmente del uso, lavado y arrugas.
- **Resistencia a la abrasión:** La lana es medianamente resistente al rozamiento, por lo que tiende a formar pequeños enredos por frotamiento. En combinación

con otros materiales como nylon, generalmente en un 20%, incrementa su resistencia a la abrasión.

- **Resistencia al calor e inflamabilidad:** Debido a la naturaleza de su estructura y su capacidad de absorber humedad es un material resistente al fuego, ya que es difícil de encender y no se mantiene ardiendo.

### 2.1.10.3 Algodón

La tela de algodón es un textil orgánico derivado de las fibras que envuelven las semillas de las plantas de algodón. Su aspecto es redondo y esponjoso una vez que la semilla madura. Es un cultivo típico de zonas cálidas. Es un material altamente transpirable y cómodo. El mayor país exportador de este material es India. Los principales tipos de algodón que se implementa en la industria son: Algodón 100 %, Algodón: Modal, Algodón: Viscoso y Algodón Bamboo [26].

#### Propiedades físicas del algodón

- **Resistencia a la tracción de los tejidos:** la resistencia a la tracción de los tejidos está en dependencia de la fuerza del hilo cuando el tejido de la tela es el mismo para todas las telas. El Algodón muestra mayor resistencia a la tracción en la urdimbre (30 kg-f) y la trama (28 kg-f).
- **Resistencia térmica de las telas:** la capacidad que tiene un material para evitar el flujo de calor a través de él se denomina resistencia térmica. Mediante una escala de resistencia térmica evaluada en  $\frac{m^2K}{W}$  se obtiene que el algodón alcanza un valor de  $0.0176 \frac{m^2K}{W}$  por lo que dispone de una alta resistencia térmica en comparación con el 100 % algodón, así como con las mezclas de algodón con otras fibras regeneradas.

### 2.1.10.4 Poliéster (PET)

El poliéster es un término que se implementa para referirse a cualquier textil fabricado a base de fibras o hilos de poliéster. Su nombre específico es tereftalato de polietileno (PET), un polímero sintético hecho por el hombre. Se manufactura mediante la mezcla de etilenglicol y ácido tereftálico [26].

### **Propiedades físicas del PET**

- El costo de fabricación de este material textil es bajo.
- Posee un peso liviano
- Es resistente a la humedad, además, se seca fácilmente y no tiene arrugas.
- Posee buena elasticidad y resistencia a la abrasión, decoloración, rayos UVA, altas temperaturas, bacterias y moho.
- Se combina bien con otros tejidos, mejorando textura, compresión y protección frente al clima.

### **2.1.10.5 Nylon**

El nylon es un material plástico compuesto de poliamidas que se puede estirar, moldear o extruir por medio de hileras a partir de una masa fundida o una solución para crear fibras, filamentos, cerdas o láminas para fabricar hilos, telas y cordeles. Posee una elevada resistencia al desgaste, calor y a productos químicos [26].

### **Propiedades físicas del Nylon**

- Es muy fuerte y elástico, por lo que posee una buena recuperación de deformación
- Excelente resistencia a la abrasión
- Es termoplástico, se puede texturizar.
- Resiste los álcalis
- Resiste insectos y moho.
- Se seca rápidamente y apenas necesita planchado.
- Posee un bajo punto de fusión (250°C)
- Se derrite en lugar de quemarse
- Se debilita por la luz del sol

### **2.1.10.6 Polietileno**

Consiste en una fibra construida a partir de unidades de polietileno polimerizado. Normalmente se presenta como un monofilamento, pero además se lo puede encontrar

como hilos de filamentos continuos y como fibra cortada. El hilo de polietileno no puede ser teñido. El proceso de coloreado se hace mediante la incorporación de pigmentos y tintes en la masa fundida en la extrusión. La estructura del polietileno está dada por la cantidad de ramificación de unidades de polímero de etileno en la cadena principal. Si existe menos ramificación, incrementa la densidad y la fibra es más fuerte. La nomenclatura típica para el polietileno (PE) incluye PE de baja densidad (LDPE), PE de densidad media (MDPE), PE de alta densidad (HDPE) y PE de ultra alto peso molecular (UHMWPE) [26].

### **Propiedades físicas del polietileno**

- Gravedad específica baja (flota en el agua)
- Recuperación de humedad sumamente baja
- Secado rápido
- Resistente al moho y a los insectos.
- Resistente a la abrasión
- Resistente a la luz solar
- No destiñe
- Después de estar en contacto con una llama sigue ardiendo

#### **2.1.11 Tejido navalhado**

Es un material compuesto por tejidos aterciopelados acoplados a espumas de diversos gramajes, lo que ofrece un elevado confort en el interior de los vehículos a la vez que brinda una buena resistencia al rozamiento. Tejido compuesto por dos hilos finos, con un hilo más grueso en el sentido del relleno. Es un tejido conformado de 100% poliéster muy utilizado en la industria textil, confección de uniformes, ropa social, manteles, adornos varios, almohadas y confección de cortinas. Material utilizado en industria carrocería principalmente en el forro de asientos, sus características principales son su amplia variedad de diseños, contextura suave y muy resistente; elaborado con tratamiento ignífugo, el tejido tiene un tacto muy agradable, aportando comodidad al pasajero, se usa generalmente en asientos de autobuses, minibuses y furgonetas.



## 2.1.12 Orientación de hilos de fibras textiles

### 2.1.12.1 Hilos de urdiembre

Los hilos de urdiembre son aquellos que se extienden a lo largo de la tela formando la dimensión más extensa, paralela a la dirección del rollo. La dirección de los hilos de urdiembre también se conoce como la dirección de la máquina, debido a que en este sentido corren los hilos el telar.

### 2.1.12.2 Hilos de relleno

Los hilos de relleno recorren a lo ancho de la tela y son aquellos que se insertan perpendicularmente entre los hilos de urdiembre. La ubicación de los hilos de urdiembre y relleno se puede observar en la figura 2.1.10.

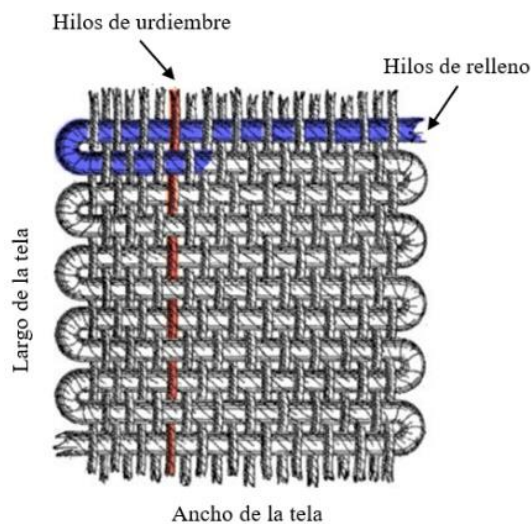


Fig. 2.1.10. Configuración de hilos de urdiembre e hilos de relleno.

### 2.1.13 Índice de inflamabilidad

Corresponde a la denominación que evalúa la velocidad de propagación de la llama sobre el espécimen analizado, donde se determina la resistencia de material frente a la exposición al fuego.

$$B = 60x \left( \frac{D}{T} \right) \quad \text{Ec (1)}$$

donde:

B = índice de inflamabilidad(mm/seg)

D = Longitud Quemada(mm)

T = tiempo (segundos)

#### **2.1.14 Límites de inflamabilidad**

Durante el proceso de inflamación de un gas el calor transfiere movimiento a las moléculas de dicho gas, incrementado progresivamente los choques entre ellas y elevando su nivel energético, posteriormente las moléculas acaban desintegrándose debido a los choques. Si existe oxígeno suficiente en el espacio circundante actuando con el combustible activado este se inflamará, por consiguiente, la adición de oxígeno al combustible produce una reacción que emite calor gracias a la energía suministrada por la interacción de moléculas [17].

Por lo tanto, la inflamabilidad de un gas es producto de una interacción mecánica, la cual se beneficia del calor como una fuente energética.

##### **2.1.14.1 Límite inferior de inflamabilidad (L.I.I.)**

Para que se genere la inflamación del gas es necesario un número mínimo de moléculas disgregadas en combinación con el oxígeno para que se produzca la reacción de combustión. El límite inferior de inflamabilidad se refiere al valor de la concentración en relación con el volumen total de los gases en un determinado espacio, dichos gases conforman la cantidad mínima de moléculas de combustible en combinación con el oxígeno que se requiere para producir la ignición. Este límite se mide como porcentaje en volumen [17].

Por ejemplo, si en una habitación se tiene una fuente de metano en un extremo y al otro una fuente de ignición presente, para que se genere la ignición es necesario que en el espacio se concentre al menos un 5% de este gas combustible respecto al volumen total de gases. Por debajo de este porcentaje de L.I.I. no es posible la inflamación en condiciones normales.

### 2.1.14.2 Límite superior de inflamabilidad (L.S.I.)

Se denomina límite superior de inflamabilidad al punto donde la concentración de gas es muy elevada y no es factible que se produzca la combustión.

Tomando como punto de referencia el ejemplo anterior si la habitación se llenase de gas sin la presencia de la fuente de ignición y en el caso del metano su porcentaje de concentración sobre todos los gases sería igual o superior a 15%, (figura 2.1.11); si después se añadiera una fuente de ignición en este punto no sería posible que se produzca la combustión [17].

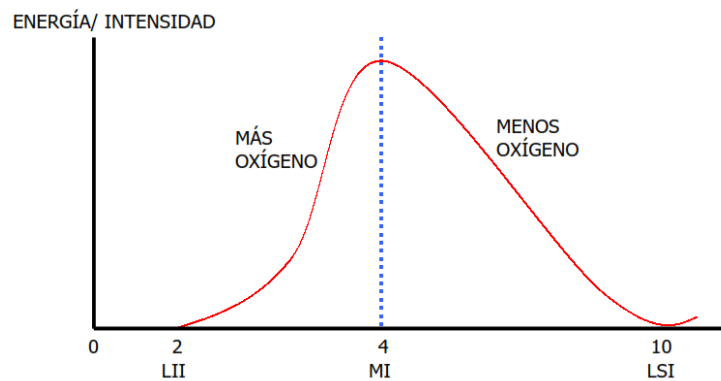


Fig. 2.1.11. Límite inferior de inflamabilidad, mezcla ideal y límite superior de inflamabilidad del gas propano [17].

### 2.1.15 Rango de inflamabilidad

Se denomina rango de inflamabilidad a la gama o rango de concentraciones de gas entre el límite inferior de inflamabilidad y el límite superior de inflamabilidad que en combinación con el oxígeno son inflamables.

El punto de mezcla ideal comprende una concentración que es precisamente la requerida para que su combinación con el oxígeno genere una reacción de rendimiento total o 100% efectiva, en este punto es más notable la intensidad de ignición. Por otra parte, mientras en el punto de mezcla ideal la combinación arde a la perfección, la ignición en los puntos límites se lleva a cabo con dificultad, (Tabla 2.1.4) [17].

Tabla 2.1.4. Valores comunes de inflamabilidad de algunos gases [17].

| Producto            | % de combustible en una mezcla aire combustible |              |                 |
|---------------------|---|--------------|-----------------|
|                     | Límite inferior                                 | Mezcla ideal | Límite superior |
| Acetato de etilo    | 2.2   | 4.0          | 11.4            |
| Acetileno           | 2.0   | 7.4          | 80.0            |
| Acetona             | 2.0   | 4.8          | 13.0            |
| Amoniaco            | 15.0  | 21.0         | 27.0            |
| Benceno             | 1.4   | 2.6          | 7.0             |
| Butano              | 1.8   | 3.0          | 9.0             |
| Etano               | 3.0   | 5.4          | 12.5            |
| Etanol              | 3.0   | 6.0          | 19.0            |
| Gasolina            | 0.7   | 1.6          | 7.0             |
| Hidrogeno           | 4.0   | 28.8         | 76.0            |
| <b>Metano</b>       | <b>5.0</b>                                      | <b>9.0</b>   | <b>15.0</b>     |
| Metanol             | 6.0   | 12.0         | 37.0            |
| Monóxido de carbono | 12.0  | 28.8         | 74.0            |
| Pentano             | 1.4   | 2.4          | 7.8             |
| <b>Propano</b>      | <b>2.0</b>                                      | <b>4.0</b>   | <b>10.0</b>     |
| Tolueno             | 1.2   | 2.2          | 7.0             |

#### 2.1.16 Factores que intervienen en la inflamabilidad de textiles

- Mayor punto de ignición de la fibra produce menor inflamabilidad del tejido.
- Mayor factor de cobertura del tejido produce menor inflamabilidad del tejido.
- Mayor coeficiente de torsión del hilo genera menor inflamabilidad del tejido.
- Acabados ignífugos en función de productos químicos añadidos, destacan dos métodos: productos químicos que no penetran la fibra, los cuales recubren la fibra creando una película continua de carácter ininflamable y productos químicos que si penetran la fibra y se clasifican en aquellos que presentan una reacción con la celulosa y aquellos que no.

### 2.1.17 Medición de daños

Después de la aplicación de la muestra a un tiempo de llama específico, se registra la longitud afectada o carbonizada en función de la evaluación visual del daño causado en la muestra. La manera de medir la longitud carbonizada del espécimen varía en función del método de prueba estándar implementado. Por ejemplo, en el caso del método estándar NFPA 701, 2015, se evalúa la longitud del espécimen original menos la longitud del material intacto. Mientras que en otros casos como la norma ASTM D6413 se mide la longitud de la parte dañada después de implementar una fuerza de desgarro. La fuerza de desgarro está en función de la tela por unidad de área como se observa en la Tabla 2.1.5 [18].

### 2.1.18 Tiempo de llama posterior y duración del resplandor residual

Durante la prueba de inflamabilidad de una tela, tanto la llama como el resplandor posterior son importantes. Dichas características reflejan la capacidad de un tejido para evitar la propagación de una llama hacia otros elementos en caso de un incendio.

La fuerza de desgarro es aplicada en función de la masa del material,(tabla 2.1.5).

Tabla 2.1.5. Fuerza de desgarro [18].

|                                      |                                      |           |         |         |      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------|---------|---------|------|
| <b>CAN/ULC<br/>S109</b>              | Masa material<br>(g/m <sup>2</sup> ) | 68-200    | 200-510 | 510-780 | >780 |
|                                      | Masa aplicada (g)                    | 110       | 230     | 430     | 450  |
| <b>ASTM D<br/>6413</b>               | Masa material<br>(g/m <sup>2</sup> ) | 68-203    | 203-508 | 508-780 | >780 |
|                                      | Masa aplicada (g)                    | 100       | 200     | 300     | 475  |
| <b>CAN/CGSB<br/>4.2 No 27.10</b>     | Masa material<br>(g/m <sup>2</sup> ) | Hasta 100 | 100-200 | 200-330 | >300 |
|                                      | Masa aplicada (g)                    | 57        | 113     | 227     | 340  |
| <b>IMO<br/>A.563 (14)<br/>(1985)</b> | Masa material<br>(g/m <sup>2</sup> ) | <200      | 200-600 | >600    |      |
|                                      | Masa aplicada (g)                    | 100       | 200     | 400     |      |

La duración de la llama residual en el textil luego de que se retire la fuente aplicada es medida en segundos, de la misma forma el tiempo de resplandor el cual evalúa la incandescencia continua luego de que la llama se extinguiera en la superficie de la tela o a su vez se apague la fuente de ignición.

#### **2.1.19 Norma NET INEN-ISO/IEC 17025**

Esta normativa fue creada con el propósito de promover el correcto funcionamiento de laboratorios, mediante la aplicación de requisitos que demuestren su operación de forma competente y que se generan resultados válidos.

La aplicación de los reglamentos del documento exige que el laboratorio planifique y ponga en marcha acciones para manejar riesgos y oportunidades, por lo tanto, mediante dichas acciones generar una base para mejorar la eficiencia del sistema de gestión mediante lo cual se obtengan resultados de mejor calidad previniendo sucesos negativos. El laboratorio tiene la responsabilidad de seleccionar en qué tipo de riesgos u oportunidades [19]. La implementación de la norma NET INEN-ISO/IEC 17025 contribuye a la colaboración entre laboratorios e intercambio de información y experiencia, además facilita la estandarización de normas y procedimientos.

#### **2.1.20 Normativa ASTM D6413 método de prueba estándar para resistencia a la flama de la industria textil (prueba vertical)**

Para realizar el rediseño de la Cámara de inflamabilidad vertical se considerará toda la fundamentación teórica que se expone en la norma ASTM D6413, tomando en cuenta todas las especificaciones, consideraciones y recomendaciones que hace la misma; en cuanto al ensayo para materiales de la industria textil, construcción y modificación del equipo de inflamabilidad, se rige a las especificaciones de las variables cuantitativas y parámetros prescritos en su contenido.

El método se trata de colocar la probeta en forma vertical por encima del mechero el cual consta de un mecanismo semiautomático que controla la llama, y se lo expone durante un intervalo de tiempo según la normativa, se evalúan parámetros como el tiempo de quemado, luminiscencia y longitud de carbonización, asimismo se puede observar si hay presencia de fusión o fluido del material.

## 2.1.21 Terminología referente a pruebas de inflamabilidad

### 2.1.21.1 Flama remanente

Es el fuego que permanece encendido en el material, después de haberse sometido al a una fuente de ignición.

### 2.1.21.2 Tiempo de flama remanente

Es la flama que se mantiene encendida después del tiempo que sugieren las normativas estar expuestas a la fuente de ignición.

### 2.1.21.3 Tiempos de incandescencia

Similar al a terminología anterior se trata de el resplandor de la llama que continúa después de haberse sometido a una fuente de ignición.

### 2.1.21.4 Longitud de carbonización

Es la longitud medida desde el extremo del tejido expuesto a la llama hasta la textura más dañada después de haber aplicado la fuerza de desgarro, (figura 2.1.12).

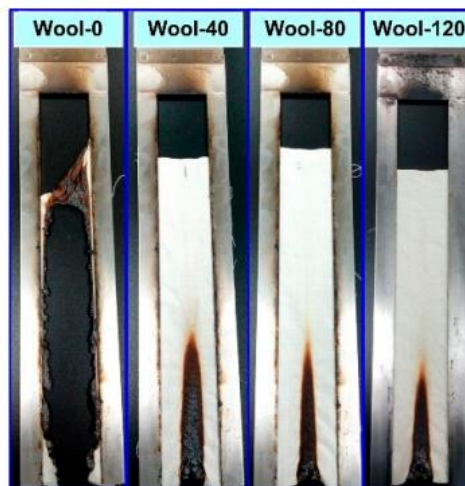


Fig. 2.1.12. Longitud de carbonización de los tejidos ensayados [20].

### 2.1.21.5 Tiempos de aplicación de la llama

Son aquellos intervalos de tiempo que se aplica de acuerdo con la normativa donde esté rigiendo el ensayo para diferentes materiales.

### **2.1.21.6 Fusión**

Cuando se produce la fluidificación o goteo del material ensayado cuando está expuesto a la presencia de calor.

## **2.2 Alcance de la reingeniería de elementos complementarios de la cámara de inflamabilidad vertical**

Los planos de reingeniería de diseño tanto del porta mechero, porta electrodo y soporte horizontal pueden observarse a detalle en el (ANEXO 59).

La reingeniería de la cámara de inflamabilidad vertical está ligada a las modificaciones que se hacen específicamente en el equipo, buscando mejorar y satisfacer los requerimientos, parámetros y funcionalidad, implementando nuevos mecanismos que hacen del banco de pruebas, un dispositivo adecuado para desarrollar los ensayos de inflamabilidad.

### **2.2.1 Descripción de las partes implementadas en la cámara de inflamabilidad vertical.**

La cámara está construida en acero AISI 304 y tiene forma de un paralelepípedo alargado verticalmente, (figura 2.2.1), tanto de ancho y de profundidad se constata de 330 mm, con una altura medida desde el piso de 813 mm, además cuenta con ventilación en la parte inferior, en las paredes laterales se constata de 6 agujeros de 13 mm de diámetro con una separación de 51 mm entre centros, además en la parte superior cuenta con ventilación, se ha efectuado por 16 agujeros de 13 mm de diámetro con una separación de 76 mm tanto horizontal y vertical.

Después de haber realizado un exhaustivo control metrológico de la cámara de inflamabilidad vertical, se verifica que las medidas están en concordancias con las estipuladas en la normativa.

Se procede a observar tanto el diseño en el software especializado, ( figura 2.2.2), como la culminación del trabajo total, además de los componentes diseñados y construidos, ( figura 2.2.3); el electrodo seleccionado para los procesos de soldadura en los distintos elementos de la cámara de inflamabilidad vertical según el catálogo AGA es el E308L-16 (ANEXO 15).



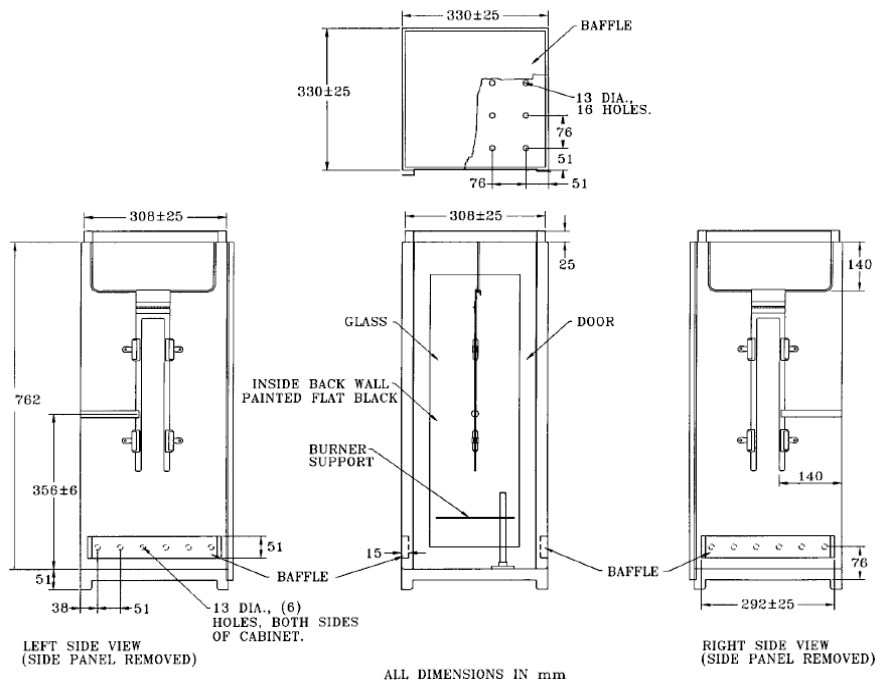


Fig. 2.2.1. Detalles constructivos de la cámara de ensayos [4].

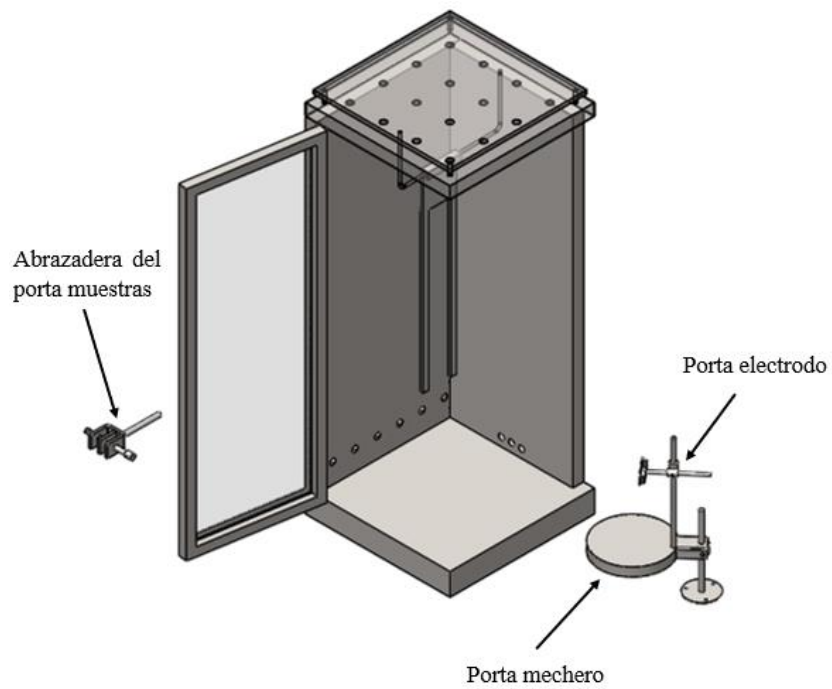


Fig. 2.2.2. Elementos de la reingeniería de diseño de la cámara de inflamabilidad vertical.



Fig. 2.2.3. Ensamblaje total de la cámara de inflamabilidad vertical.

### 2.2.2 Porta probeta

La porta probeta está constituido por dos placas metálicas en acero inoxidable, que sirven para montar y desmontar las muestras; sus detalles constructivos se visualizan a continuación en la figura 2.2.4. tomado sus dimensiones de la normativa ASTM D6413.

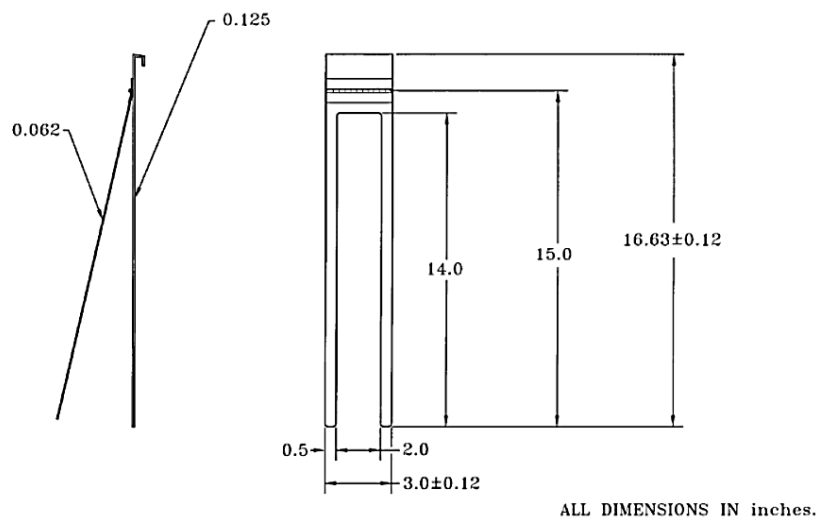


Fig. 2.2.4. Porta probetas en acero inoxidable AISI 304.

Una vez diseñado la porta probetas, se fabricó en acero inoxidable AISI 304, consta de un gancho para ser sujetado en medio de la cámara de inflamabilidad, adicionalmente consta de una bisagra la cual permite levantar dos barras hacia adelante y atrás, donde se coloca el espécimen a analizar, ver figura 2.2.5.



Fig. 2.2.5. Porta probetas juntamente con el espécimen de poliéster.

### 2.2.3 Base del mechero

El porta mechero fue creado con la finalidad de ser ajustable, con el libre movimiento vertical y alrededor de su eje, además de tener un soporte fijo para el mechero o quemador Bunsen, también consta de un porta electrodos, con movimiento libre en ambos ejes, con la finalidad de ajuste de los electrodos directamente a la boquilla del quemador, para el auto encendido, ( figura 2.2.6); todo el ensamble está construido en acero inoxidable AISI 304 por sus propiedades físicas, además las dimensiones y detalles constructivos se puede apreciar en la sección planos técnicos.



Fig. 2.2.6. Base del mechero y porta electrodos con movimiento vertical y alrededor de su eje.

El sistema fabricado permite regular la altura del mechero, así como desplazarlo a los lados para motivos de calibración o limpieza, de igual forma el sistema del porta electrodos permite acercar o alejar los electrodos a la chimenea del mechero y es capaz de girar sobre su propio eje, adicionalmente al poseer dos ejes también se puede regular su altura respecto a la coordenada (Y).

#### **2.2.4 Escalímetro de medición de llama**

El escalímetro está diseñado para medir y calibrar la llama que emana del mechero o quemador, este terminal va conectado en la parte superior del mechero justo por debajo de la boca del Mechero Bunsen, tanto el terminal como el acople está elaborado en acero inoxidable AISI 304, (figura 2.2.7).



Fig. 2.2.7. Escalímetro en funcionamiento.

El escalímetro se instaló en el barril del mechero mediante un bocín, el cual permite colocarlo firmemente y regular la altura adecuada del mismo para delimitar la dimensión de la llama a 38 mm como establece la norma ASTM D6413. El mismo debe estar en una posición donde se pueda visualizar claramente sus dos escalas de medición.

### 2.2.5 Soporte horizontal de la porta probeta

El soporte horizontal es un mecanismo de ajuste de la porta-probetas, accionada por la fuerza compresiva del resorte que se ubica dentro de la mordaza y el perno, todo el ensamble está construido en acero AISI 304, el diseño CAD, (figura 2.2.8).

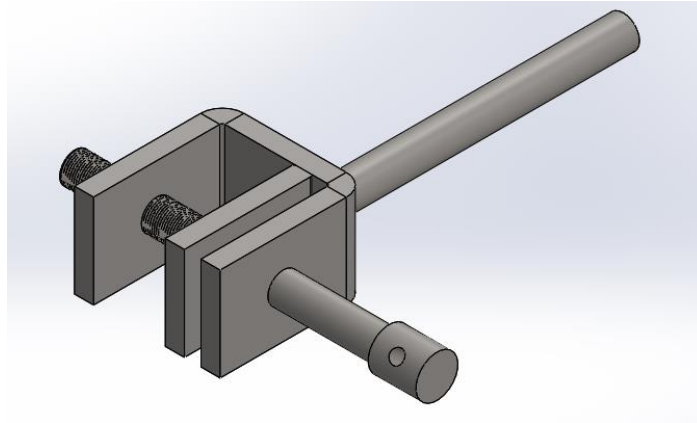


Fig. 2.2.8. Diseño del soporte del porta probeta.

El soporte horizontal es un mecanismo tipo mordaza el cual permite sujetar firmemente el porta muestras y eliminar cualquier tipo de pandeo. Para usarlo se debe presionar el resorte de derecha a izquierda para abrir la mordaza la distancia requerida, luego centrar el porta muestras con la chimenea del mechero y finalmente soltar el resorte para fijarlo, (figura 2.2.9).



Fig. 2.2.9. Soporte horizontal del porta probeta en funcionamiento.

## 2.3 Implementación del sistema de control semiautomático para el manejo de la cámara de inflamabilidad vertical

### 2.3.1 Selección del controlador

Para la selección de elementos se tomó en cuenta los controladores Logo y Arduino. Se ponderó alternativas en función de cuatro criterios que son el lenguaje de programación, facilidad de instalación, facilidad de adquisición y su costo.

Las acciones que se deben ejecutar con el sistema de control son:

- Cierre y apertura de una válvula solenoide, esta acción puede ser ejecutada de modo manual o automática.
- Censado de temperatura interna de la cámara de inflamabilidad vertical, la normativa ASTM D6413 indica que no se debe ejecutar el ensayo si la temperatura interna supera los 30°C.

#### 2.3.1.1 Alternativa 1: Logo (Controlador lógico programable)

Módulo inteligente capaz de controlar varias salidas mediante la programación de varias entradas, soluciones a aplicaciones domesticas o industriales, es capaz de monitorear sistemas de control en aplicaciones tales como: sistemas de calefacción, refrigeración, alumbrado, entre otras. ( figura 2.3.1).



Fig. 2.3.1. PLC Logo 8 de Siemens.

#### a) Asequibilidad

El dispositivo puede ser importado u obtenerse en ciudades como Quito y Guayaquil.

**b) Costo**

El costo de un LOGO 8 oscila alrededor de los 155 USD.

**c) Programación**

Logo implementa un software del mismo nombre el cual usa un lenguaje de programación en escalera.

**d) Ventajas**

- Posee suficientes entradas y salidas para las acciones que debe suplir el sistema de control
- Su aplicación puede ser industrial o domiciliaria
- Requiere un espacio pequeño para su instalación
- Cuenta con protección contra cortocircuitos

**e) Desventajas**

- Costo alto en comparación con controladores como Arduino
- Requiere de técnicos calificados para su instalación y mantenimiento

**2.3.1.2 Alternativa 2: Arduino Mega 2560**

Se compone de un hardware y software, en el caso del hardware se trata de una placa de microcontrolador desarrollada a partir del procesador ATmega2560. Posee 54 pines digitales y 16 pines analógicos, una memoria de 256 Kb que facilitan el desarrollo de proyectos complejos; en el caso del software la plataforma libre de código abierto con una multitud de librerías que facilitan la programación, ( figura 2.3.2).



Fig. 2.3.2. Arduino Mega 2560.

#### **a) Asequibilidad**

Arduino es un hardware muy popular, por cual puede ser obtenido casi en cualquier tienda de electrónica. Se puede adquirí directamente en la ciudad de Ambato.

#### **b) Costo**

El costo del procesador Arduino Mega 2560 es de 35 USD.

#### **c) Programación**

Arduino implementa un lenguaje de programación libre con múltiples bibliotecas de fácil acceso las cuales pueden ser implementadas en múltiples y variados proyectos.

#### **d) Instalación**

El montaje del equipo requiere la conexión manual de gran variedad de cableado para el control de los procesos requeridos por el usuario.

#### **e) Ventajas**

- Pines y memora suficientes para cumplir con los requerimientos del sistema de control
- Amplia gama de complementos para el hardware
- Complementos de hardware de costo moderado
- Fácil adquisición
- Software libre con librerías gratuitas para diversas aplicaciones

#### **f) Desventajas**

- Implementa gran variedad de cableado
- La implementación de diversas librerías para un mismo proyecto puede producir un retraso en la ejecución de los diferentes procesos
- No cuenta con protección contra cortocircuitos
- No cuentan con protección frente a agentes medio ambientales



### g) Ponderación de alternativas

Tabla.2.3.1. Selección de alternativas para la selección del controlador.

| Criterio     | Factor de ponderación | Alternativa 1 |             | Alternativa 2 |             |
|--------------|-----------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
|              |                       | Puntaje       | Ponderación | Puntaje       | Ponderación |
| Adquisición  | 40                    | 8             | 320         | 10            | 400         |
| Costo        | 30                    | 4             | 120         | 8             | 240         |
| Programación | 20                    | 9             | 180         | 8             | 160         |
| Instalación  | 10                    | 9             | 90          | 8             | 80          |
| <b>TOTAL</b> | 100                   |               | 710         |               | 880         |

### h) Conclusión

La alternativa 2 posee la valoración más elevada de 880 puntos, las principales ventajas que ofrece la alternativa 2, prevalece su facilidad de programación y adquisición, además de su bajo costo, características físicas suficientes para cumplir con los requerimientos del sistema de control.

### 2.3.2 Dispositivo de control automático seleccionado

El dispositivo seleccionado es el Arduino Mega 2560 como microcontrolador encargado de censar la temperatura interna de la cámara de inflamabilidad con una termocupla tipo K; activar o desactivar una válvula solenoide, permitiendo el paso del gas combustible, el funcionamiento en modo manual y automático. El desarrollo de la programación se puede visualizar en el (ANEXO 14).

### 2.3.3 Materiales implementados en el sistema de control semiautomático

Dispositivos o módulos necesarios para el desarrollo del control de automatización:

- Arduino Mega 2560
- LCD 16X2 con modulo I2C
- Dispositivo Max 6675
- Termocupla tipo K
- Módulo relé (X1)

- 2 leds (para la representación modo manual y automático)
- 5 resistencias (4 de 1kΩ, 1 de 220Ω )
- 5 borneras
- Baquelita D 9x5 cm.
- Botón
- Switch 3 pines

### 2.3.4 Conexión de los elementos de control.

En la protoboard se implementa siguiendo el siguiente esquema, el cual tiene una alimentación positiva de 5 voltios, junto con todos los módulos y componentes, (figura 2.3.3).

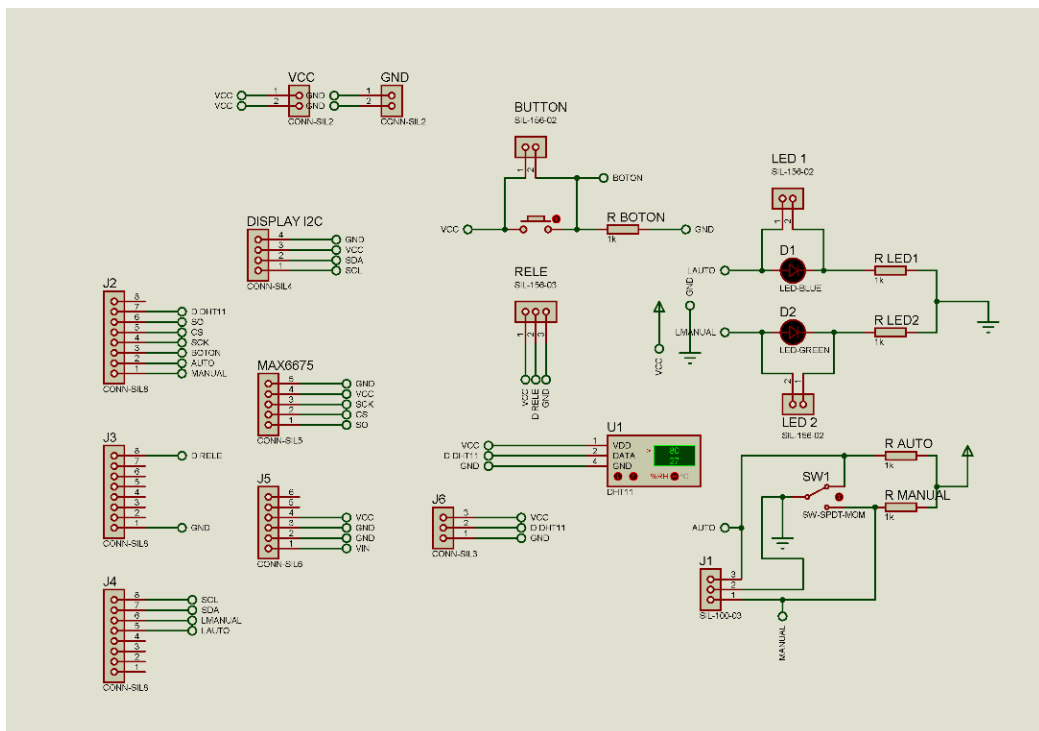


Fig. 2.3.3. Conexiones de los elementos de control.

### 2.3.5 Diseño de la placa electrónica o shield

Definido la conexión con un correcto funcionamiento en el protoboard se procede a realizar la placa o shield en baquelita, encajando en la parte superior del Arduino permitiendo su correcto acople, en la siguiente imagen se puede ver el esquema en el software especializado, ( figura 2.3.4).

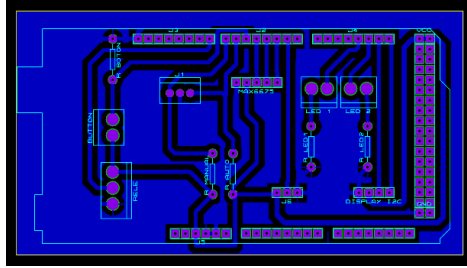


Fig. 2.3.4. Diseño de la placa controlada por Arduino.

Representación del esquema de visualización 3D de la placa una vez terminada, (figura 2.3.5).

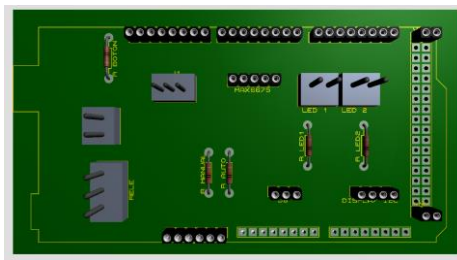


Fig. 2.3.5. Esquema 3D de la placa controlada por Arduino.

### 2.3.6 Construcción de la placa electrónica

- Impresión del esquema, ( figura 2.3.6).

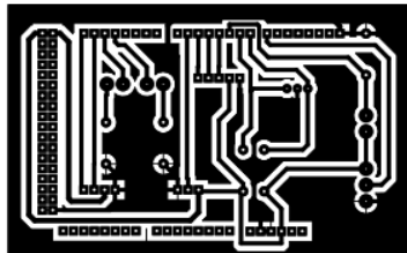


Fig. 2.3.6. Impresión de la placa en papel transfer.

- Adhesión del circuito a la baquelita, (figura 2.3.7.)

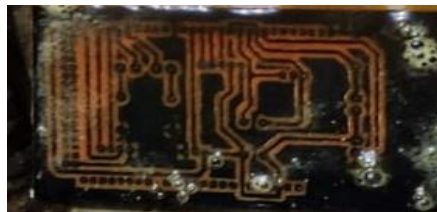


Fig. 2.3.7. Circuito impreso adherido a la baquelita.

- Recorte y pulido de la placa, (figura 2.3.8).

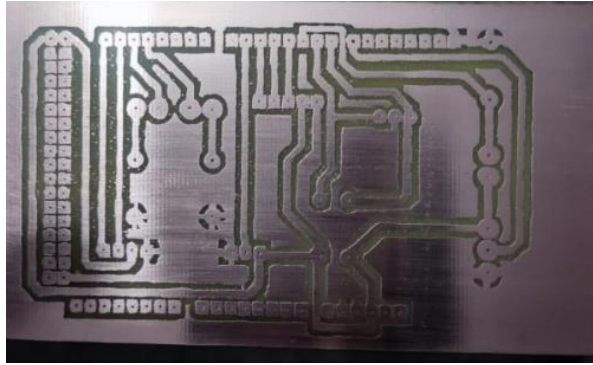


Fig. 2.3.8. Placa del circuito impreso.

- Perforación de agujeros y aplicación de pintura UV, (figura 2.3.9).

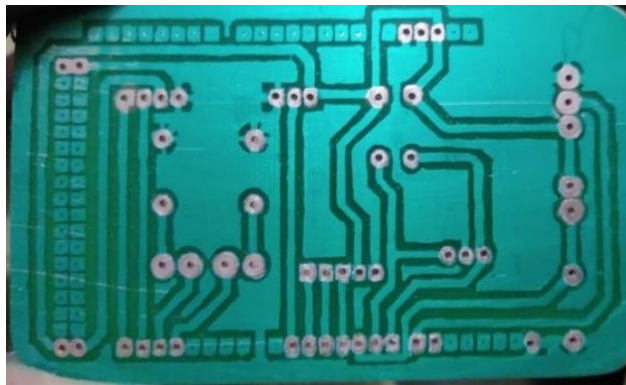


Fig. 2.3.9. Aplicación de pintura UV al circuito impreso.

- Montaje de elementos electrónicos a la placa y conexión al Arduino, (figura 2.3.10).

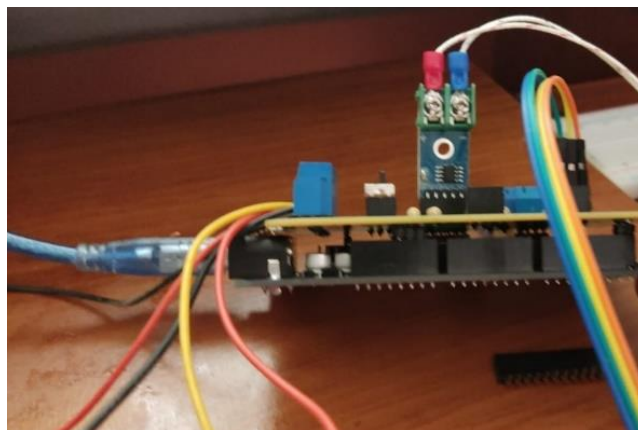


Fig. 2.3.10. Conexión de elementos en la placa.




### 2.3.7 Elementos implementados en el regulador de presión y sistema de control

Los elementos descritos a continuación son los que se utilizan en la conexión del regulador de presión, y construcción de sistema de control, (tabla 2.3.2).

Tabla. 2.3.2. Elementos implementados en el regulador de presión y sistema de control.

| N° | Accesorio         | Características   | Imagen  |
|----|-------------------|---|---|
| 1  | Regulador         | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Regulador de presión implementado para gas natural y sus mezclas.</li> <li>➤ Su presión de trabajo es de 0,075-4,5 psi.</li> <li>➤ Puede ser utilizado con otros tipos de gas no agresivo: aire , nitrógeno, gas natural o metano etc. <b>(ANEXO 11)</b>.</li> </ul>   |    |
| 2  | Módulo de chispa  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Posee dos electrodos de encendido y una sonda de ionización.</li> <li>➤ Es un instrumento proveniente de un calefón.</li> <li>➤ Entrada de 3V CC y una salida de 12kV CC.</li> <li>➤ Su alimentación energética es suministrada por una batería.</li> <li>➤ Genera una longitud de descarga eléctrica aproximada de 1.5 cm.</li> </ul> |  |
| 3  | Válvula solenoide | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Normalmente cerrada.</li> <li>➤ Está fabricada en fundición de bronce.</li> <li>➤ Su voltaje de alimentación es de 110V AC, <b>(ANEXO 16)</b>.</li> <li>➤ Puede ser controlada por Arduino.</li> <li>➤ Posee dos orificios de conexión de ¼ in.</li> </ul>   |  |

Tabla. 2.3.2. Elementos implementados en el regulador de presión y sistema de control, (continuación).

|   |                   |   |   |
|---|-------------------|---|---|
| 4 | Manómetro         | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Posee una presión de trabajo de 0 a 15 Psi.</li> <li>➤ Posee un orificio de conexión de ¼ in.</li> </ul>   |    |
| 5 | Sensor MAX6675    | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Es un convertidor Analógico a digital capaz de censar la temperatura ambiente utilizando termopares tipo K.</li> <li>➤ Puede ser implementado en aplicaciones industriales, electrodomésticos o climatización</li> <li>➤ Su rango de temperatura va desde 0.25 °C a 1024 °C</li> </ul> |    |
| 6 | Termocupla tipo K | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dispositivo en forma de alambre fabricado en aleación de Cromel.</li> <li>➤ Es capaz de censar hasta 1100 °C.</li> </ul>   |  |

### 2.3.8 Sistema de control semiautomático instalado en la cámara de inflamabilidad vertical

En la figura 2.3.11 se observa el sistema de control terminado, ensamblado dentro de una caja de plástica de dimensiones 20x20x8 mm, con todos sus accesorios el control del personal técnico.

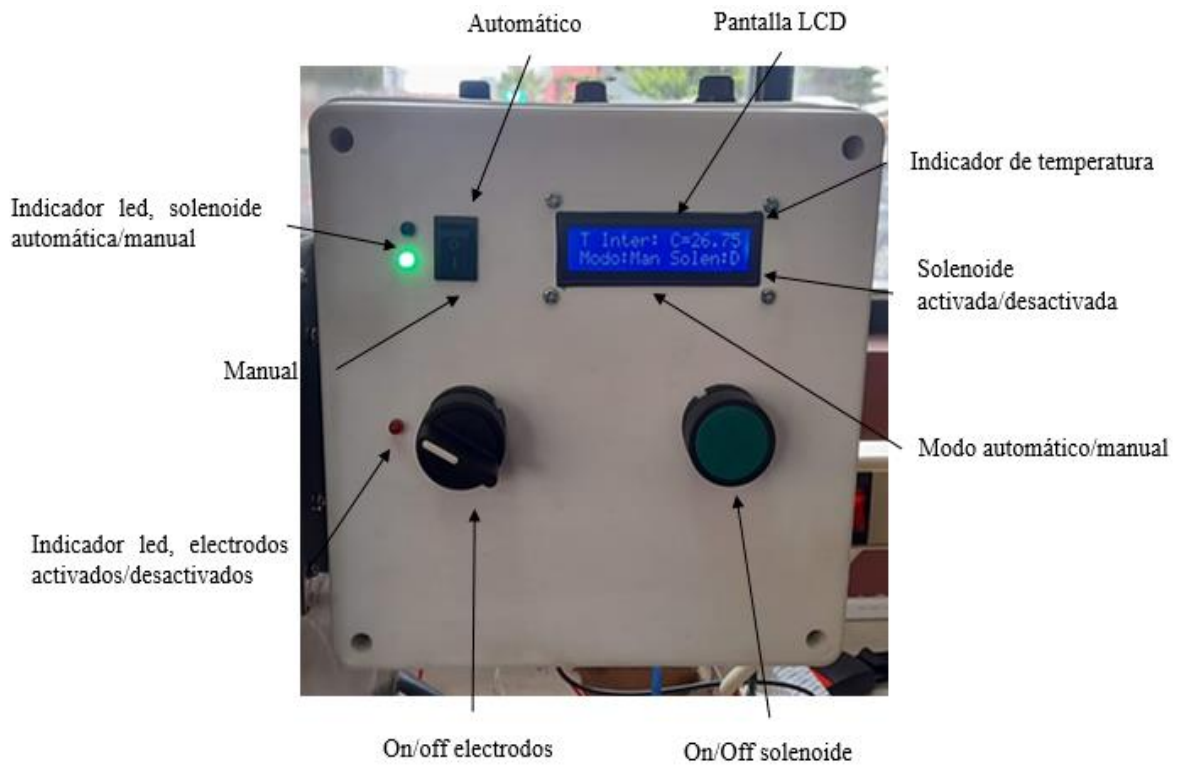


Fig. 2.3.11. Ensamble del sistema de control de encendido.

## 2.4 Combustión

La combustión es un proceso de reacción química que implica una liberación significativa de calor; se utiliza principalmente para convertir la energía almacenada en combustibles gaseosos, líquidos y sólidos para operar motores de combustión en automóviles, camiones, barcos y aviones, así como calderas y quemadores. El fuego también implica la combustión en condiciones límite menos controladas, y las medidas de seguridad contra incendios se basan en la comprensión de los procesos de combustión, (figura 2.4.1). La combustión de combustibles fósiles es la principal fuente de energía para el transporte y la generación de energía; hoy en día, más del 80% del consumo mundial de energía primaria implica la combustión de combustibles fósiles, es decir, del uso de gas natural, combustibles a base de petróleo y carbón.

Muchos procesos de producción industrial de alta temperatura también emplean calor de la combustión, incluida la fabricación de cerámica y vidrio. Asociada con estos procesos de combustión controlada está la emisión de dióxido de carbono y de

contaminantes no deseados, incluyendo particularmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y hollín.

Además de las emisiones reguladas, otros compuestos químicos pueden contribuir al espectro de escape de los procesos de combustión, incluidos los alquenos, los aromáticos y las especies oxigenadas como los compuestos carbonílicos. La calidad del aire, el medio ambiente y las consideraciones de salud exigen una transición a fuentes de energía más limpias y sostenibles. Sin embargo, debido a la escala de energía necesaria, el rápido crecimiento de la población, la producción industrial y el transporte, así como la considerable vida útil de la tecnología existente, el reemplazo completo de la combustión por energía renovable necesitará décadas. Por lo tanto, las estrategias avanzadas de combustión para el futuro a medio plazo dependerán de la mejora de la eficiencia y la reducción del dióxido de carbono ( $CO_2$ ), así como de las

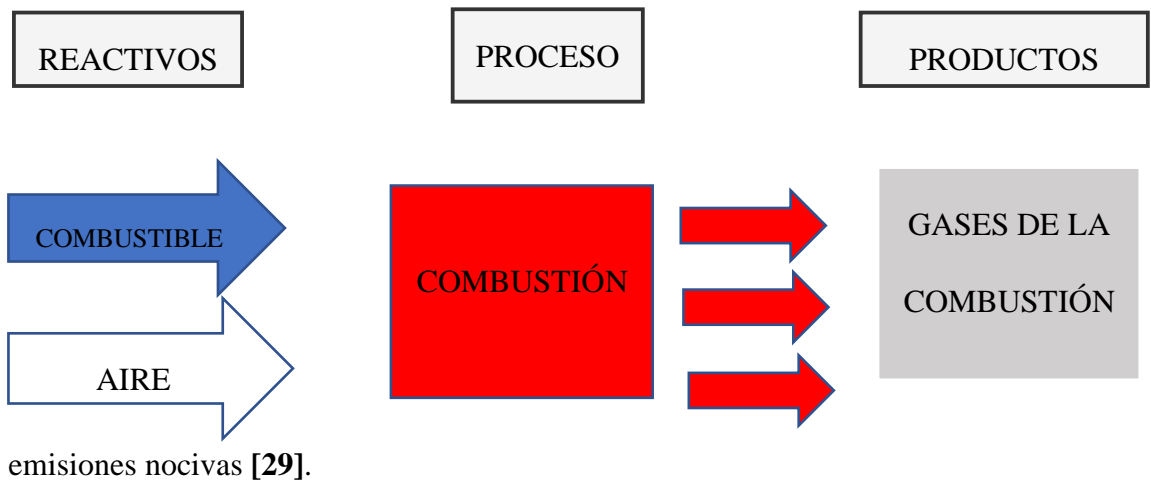


Fig. 2.4.1. Proceso de combustión.

### 2.4.1 Combustión completa

Combustión, es una reacción entre el oxígeno y una sustancia, generalmente un hidrocarburo, lo que significa que se combina de carbono e hidrógeno para producir un óxido y energía, generalmente es una reacción rápida y una que produce calor y luz, la combustión completa, (figura 2.4.2) ocurre cuando hay mucho oxígeno disponible y en este caso el combustible se convierte en dióxido de carbono + agua + liberación de calor los quemadores bunsen en una reacción de combustión completa la llama del quemador bunsen suele ser agradable y azul.





Fig. 2.4.2. Llama color azul combustión completa.

### 2.4.2 Combustión incompleta

La combustión incompleta se produce cuando no hay suficiente oxígeno, (figura 2.4.3.) y otros productos pueden incluir monóxido de carbono que es un gas mortal y carbono a veces se refiere a igual que hollín o ceniza porque sería un residuo de carbono sólido negro, esto sucede con los quemadores bunsen si está incompleto se obtiene una llama amarilla.

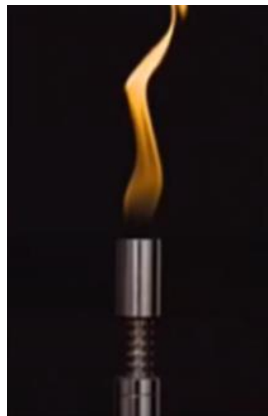
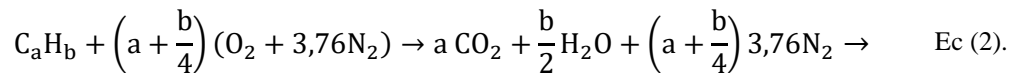


Fig. 2.4.3. Llama color amarilla combustión incompleta.

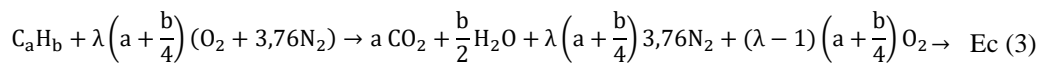
### 2.4.3 Combustión estequiométrica

Es el proceso en el cual el aire es 100% teórico, y teniendo en cuenta que el oxígeno es suficiente para oxidar por completo todos los componentes del combustible, se define con la siguiente ecuación.



#### 2.4.4 Combustión con exceso de aire

La combustión para esta condición puede ser completa o incompleta, considerando que existe una cantidad aportada de aire superior a la de la combustión estequiométrica o ideal, que por lo general en la práctica sucede, definido con la siguiente ecuación.



#### 2.4.5 Combustión con deficiencia de aire

Esto ocurre cuando en el aire la cantidad de oxígeno no es el suficiente para oxidar por completo los componentes del combustible, produciendo así a más de los productos características de la combustión como dióxido de carbono y agua, aparece la presencia de monóxido de carbono y en algunos casos existe carbono y combustible sin quemar en los humos producidos.

#### 2.4.6 Porcentaje de aire en exceso

La mayor parte de los procesos de combustión no ocurren en condiciones ideales tales como una combustión completa y estequiométrica, ya que se debe considerar el principal factor cómo es el exceso o defecto de aire con el fin de caracterizar la proporción de oxígeno necesaria para que exista un completo consumo de combustible presentes en la reacción, (tabla 2.4.1).

Donde la recomendación para que ocurra cada una de las reacciones de combustión.

$\lambda=1$ : Combustión estequiométrica ideal o teórica.

$\lambda < 1$ : Cuando la mezcla es rica y existe defecto de aire.

$\lambda > 1$ : Cuando se dice que la mezcla es pobre y existe exceso de aire.

Tabla. 2.4.1. Indicador de aire en exceso para instalaciones comunes.

| Instalación de Combustión         | Rango de I |
|-----------------------------------|------------|
| Motores de combustión             | 0.8-1.2    |
| Instalaciones de combustión a 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    |

### 2.4.7 Combustible metano

Dentro de la normativa ASTM D6413 en el literal 6 (Equipo) donde hace especificaciones de todo el equipo a utilizarse para los posteriores ensayos de resistencia a la flama que contempla todo el método a ensayarse dentro de la Cámara de inflamabilidad vertical, sugiere utilizar metano al 99% de pureza, por disponibilidad de cilindros de metano en el Ecuador, optar por el Gas licuado de petróleo comercializado tanto en cilindros domésticos y comerciales como a granel para la calibración de la cámara, siendo una mezcla cuya composición varía entre (60.0 a 80.0)% propano y (20.0 a 40.0)% de butano, (tabla 2.4.2) [31].

Tabla. 2.4.2. Propiedades del GLP [31].

|  |                      | Propano | GLP    | Butano  |
|--|----------------------|---------|--------|---------|
| <b>COMPOSICION (%Vol.)</b>               |                      |         |        |         |
| Propanos                                 | %                    | 100.00  | 60.00  | 0.00    |
| Butanos                                  | %                    | 0.00    | 40.00  | 100.00  |
| <b>PROPIEDADES FISICO/QUIMICAS</b>       |                      |         |        |         |
| Presión de Vapor a 37.8 °C               | psig                 | 208     | 160    | 70.00   |
| Presión de Vapor a 0.0 °C                | psig                 | 70.00   | 48     | 15      |
| Punto de Ebullición @ 1 Atm              | °C                   | -42.1   | -25.5  | -0.5    |
| <b>Líquido:</b>                          |                      |         |        |         |
| Gravedad Especifica @ 60/60°F (Agua=1)   | —                    | 0.5083  | 0.5389 | 0.5847  |
| Densidad @ 15 °C                         | kg/gal               | 1.922   | 2.038  | 2.211   |
| <b>Vapor:</b>                            |                      |         |        |         |
| Densidad Relativa (Aire = 1)             | —                    | 1.5225  | 1.7162 | 2.0068  |
| <b>INFLAMABILIDAD</b>                    |                      |         |        |         |
| Límite Inferior (LEL), % Vol. Aire       | %                    | 2.00    | 1.80   | 1.50    |
| Límite Superior (UEL), % Vol. Aire       | %                    | 9.50    | 9.30   | 9.00    |
| <b>COMBUSTION</b>                        |                      |         |        |         |
| Volumen Aire/Gas para combustión (Ideal) |                      | 23.86   | 26.72  | 31.02   |
| Poder Calorífico                         | BTU / kg             | 47,375  | 47,063 | 46,596  |
| Poder Calorífico (Vapor @ 15°C)          | BTU / m <sup>3</sup> | 88,353  | 98,940 | 114,544 |
| Poder Calorífico (Líquido @ 60°F)        | BTU / gal            | 90,823  | 95,657 | 102,909 |

#### 2.4.8 Poder calorífico

Se entiende por poder calorífico al calor que se libera en la quema completamente de una unidad de combustible mientras que los productos de combustión se enfrían a temperatura ambiente en un lapso determinado de tiempo [3]. Considerando el poder calorífico del metano y del gas doméstico (GLP) que tienen un poder calorífico similar, de 52630.389 BTU/kg y 47375 BTU/kg respectivamente, de igual manera se evidencia en investigaciones el comportamiento de la temperatura máxima de llama siendo de 1940 °C para el metano y 1990 °C para el GLP como se evidencia en la (tabla 2.4.3) [33].

Tabla. 2.4.3. Temperatura máxima de la llama de GLP y gas natural [33].

| Producto                | Temperatura máxima de la llama en el aire °C |
|-------------------------|--|
| Gas Natural             | 1940   |
| Gas licuado de petróleo | 1990   |

#### 2.4.9 Inflamabilidad

Este concepto se implementa para denominar la facilidad de ignición de un material textil, su evaluación se genera por medio de varios métodos de prueba estándar como la norma ASTM D6413, donde se coloca el espécimen de manera centrada a 19mm sobre el quemador, posteriormente se expone la probeta al fuego durante 12s, con una tolerancia de 0.2s, después de lo cual se analiza la longitud de carbonización en las probetas junto con la llama y resplandor residual [4].

#### 2.5 Procedimiento para la ejecución de ensayos

Tabla 2.5.1. Procedimiento para la ejecución de ensayos.

| Nº | Actividad  | Código       | Responsable |
|----|--|--------------|-------------|
| 1  | <b>Solicitud del cliente</b><br>El cliente se contacta con el Laboratorio de Investigación Mecánica LIM UTA, comunica sus requerimientos y el laboratorio asesora al cliente y determina si puede cumplir con lo solicitado. | <b>EIV01</b> | Secretaria  |

Tabla 2.5.1. Procedimiento para la ejecución de ensayos, (continuación).

|          |   |              |            |
|----------|---|--------------|------------|
| <b>2</b> | <p><b>Planificación del ensayo</b></p> <p>Para la ejecución del ensayo se requieren 10 especímenes del material ensayado, los cuales deben estar cortados respetando la dirección de sus fibras y a dimensiones específicas, dichos lineamientos se mencionan en la norma ASTM D6413, sección 9.3.</p> <p>Por lo tanto, el Laboratorio de Investigación Mecánica LIM UTA ofrece las siguientes alternativas al cliente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Solicitar se suministre el material por parte del cliente, la dimensión de este debe ser de 1m x 1m. Luego el laboratorio lo cortara de acuerdo con la normativa ASTM D6413, sección 9.3.</li> <li>b) Receptar el material cortado por parte del cliente. En este caso el cliente es responsable de la correcta ejecución del corte de 10 especímenes requeridos para el ensayo, el laboratorio de investigación Mecánica LIM UTA no se responsabiliza por errores durante este proceso.</li> </ul> | <b>EIV02</b> | Secretaria |
|----------|---|--------------|------------|

Tabla 2.5.1. Procedimiento para la ejecución de ensayos, (continuación).

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| <p style="text-align: center;"><b>3</b></p> | <p><b>Recepción de muestras</b></p> <p>En el caso de que:</p> <p>a) El laboratorio reciba el material se encarga de cortar cinco especímenes de ensayo a lo largo y cinco a lo ancho, cuyas dimensiones son de 76 mm por 300 mm. Se deben tomar muestras longitudinales desde diferentes posiciones a lo ancho de la tela y es necesario etiquetar las muestras para mantener la identidad del espécimen.</p> <p>b) El laboratorio reciba los especímenes cortados por el cliente, este verifica la orientación de las fibras al igual que sus dimensiones, en el caso de presentarse irregularidades el laboratorio solicita al cliente realizar nuevos especímenes y comunica el motivo de las irregularidades.</p> | <p style="text-align: center;"><b>EIV03</b></p> | <p style="text-align: center;">Técnico</p> |
| <p style="text-align: center;"><b>4</b></p> | <p><b>Acondicionamiento de la muestra</b></p> <p>La probeta se prepara en función de la norma ASTM D 885 para acondicionamiento y pruebas textiles. Las muestras son colocadas en una sala de acondicionamiento donde se controla la temperatura y humedad relativa. El tiempo de acondicionamiento en horas lo determina el tipo de fibra. <b>(ANEXO 7)</b></p> <p>Cada uno de los especímenes a ensayar tiene que exponerse a la llama en un intervalo de 4 minutos luego de la extracción de la atmósfera estándar o introducirse en un desecador sin desecante o equivalente luego del acondicionamiento para su almacenamiento hasta que se realice la prueba y traslado al área de prueba.</p>                  | <p style="text-align: center;"><b>EIV04</b></p> | <p style="text-align: center;">Técnico</p> |

Tabla 2.5.1. Procedimiento para la ejecución de ensayos, (continuación).

|                 |   |                     |                |
|-----------------|---|---------------------|----------------|
| <p><b>5</b></p> | <p><b>Revisión de componentes</b></p> <p>Se debe revisar visualmente el buen estado de los siguientes componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tanque de gas</li> <li>➤ Campana de ventilación</li> <li>➤ Tren regulador</li> <li>➤ Tuberías de gas</li> <li>➤ Porta electrodos</li> <li>➤ Porta mechero</li> <li>➤ Porta muestras</li> <li>➤ Soporte horizontal</li> <li>➤ Electrodo</li> <li>➤ Sistema de control</li> </ul>   | <p><b>EIV05</b></p> | <p>Técnico</p> |
| <p><b>6</b></p> | <p><b>Ajuste de presión y regulación de la llama</b></p> <p>El sistema para el ajuste de la presión del gas combustible consta inicialmente de una llave de media vuelta, una válvula reguladora de baja presión, un manómetro y una válvula solenoide. El rango de trabajo de la válvula reguladora es de 0.075 a 4.5 PSI, según la norma la presión de entrada del metano al mechero debe estar a 17.2 kPa con una tolerancia de <math>\pm 1.7</math> kPa.</p> <p>Posteriormente se regula la entrada de oxígeno y la válvula de aguja para tener combustión completa y controlar la altura de la llama, misma que debe medir 38 mm desde la chimenea del mechero, se usara el escalímetro, dispositivo que consta de dos púas de 8 mm de largo separadas por 19 mm una de la otra.</p> | <p><b>EIV04</b></p> | <p>Técnico</p> |

Tabla 2.5.1. Procedimiento para la ejecución de ensayos, (continuación).

|          |   |                     |                |
|----------|---|---------------------|----------------|
| <p>7</p> | <p><b>Sujeción de la probeta:</b></p> <p>Se coloca la muestra a ensayar en medio del porta muestras.</p> <p>Se debe verificar que la muestra este centrada y separada por 19 mm del cañón del mechero.</p> <p>La parte inferior de la muestra deber estar nivelada con la parte inferior del porta muestras.</p> <p>En posición vertical el espécimen se debe sujetar con un mínimo de cuatro binchas, dos a cada lado cerca del extremo inferior y superior del porta muestras.</p> <p>Finalmente se debe sujetar el porta muestras con la abrazadera para impedir pandeo o desplazamientos no deseados.</p>                 | <p><b>EIV07</b></p> | <p>Técnico</p> |
| <p>8</p> | <p><b>Ensayo</b></p> <p>Se debe montar y exponer cada uno de los especímenes a la llama en un rango de 4 minutos luego de haberlos retirado del área de acondicionamiento o almacenamiento.</p> <p>Se acciona la cámara mediante el sistema de control y se expone la muestra a una llama controlada durante 12s. Durante este proceso se observa y existe fusión o goteo del material ensayado. Una vez apagada la llama, inmediatamente se registran los siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Flama remanente</li> <li>➤ Tiempo de flama remanente</li> <li>➤ Tiempo de incandescencia</li> </ul> | <p><b>EIV08</b></p> | <p>Técnico</p> |



Tabla 2.5.1. Procedimiento para la ejecución de ensayos, (continuación).

|                  |  |                     |                |
|------------------|--|---------------------|----------------|
| <p><b>9</b></p>  | <p><b>Extracción de la muestra</b><br/>Después de la ejecución del ensayo se enciende la campana de ventilación, para eliminar los gases y humo residual producto de la combustión, y luego se retira el porta muestras con el espécimen.</p>  | <p><b>EIV0</b></p>  | <p>Técnico</p> |
| <p><b>10</b></p> | <p><b>Preparación para medir la longitud carbonizada</b><br/>Para ello es necesario seguir los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Realizar un pliegue paralelo a los laterales de la muestra, esta línea debe pasar por el pico del área carbonizada más elevada.</li> <li>➤ Perforar el espécimen con el gancho a 6 mm del borde lateral e inferior.</li> <li>➤ Consultar la Tabla 1 de la norma ASTM D6413 en función del peso base del textil y determinar la fuerza total de desgarro considerando el peso adicional del gancho.</li> <li>➤ Para la aplicación de la fuerza de desgarro se sujeta el extremo inferior opuesto al extremo inferior donde se colocó el gancho y se tira de él lentamente hacia arriba hasta que la muestra soporte el peso total (<b>ANEXO 8</b>). Se debe tener en cuenta cualquier rasgadura del espécimen en la zona carbonizada.</li> </ul> <p>Posteriormente se marca el final del desgarro con una línea perpendicular a la línea de plegado (<b>ANEXO 9</b>).</p> | <p><b>EIV10</b></p> | <p>Técnico</p> |
| <p><b>11</b></p> | <p><b>Medición de la longitud carbonizada</b><br/>Finalmente se mide la longitud carbonizada a lo largo del borde lateral no afectado de la muestra con una aproximación de 3 mm.</p>  | <p><b>EIV11</b></p> | <p>Técnico</p> |

## CAPÍTULO III.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis de diseño por elementos finitos

#### 3.1.1 Análisis del soporte horizontal de la porta probeta

Dibujado el soporte utilizando CAD, con sus respectivas medidas y propiedades físicas del material, se procede a hacer un análisis en el software especializado, donde se detalla el esfuerzo máximo de la pieza en MPa, deformación posible en mm y factor de seguridad.

- Mallado del ensamble, considerando 3 elementos móviles con su respectiva restricción, (figura 3.1.1.).

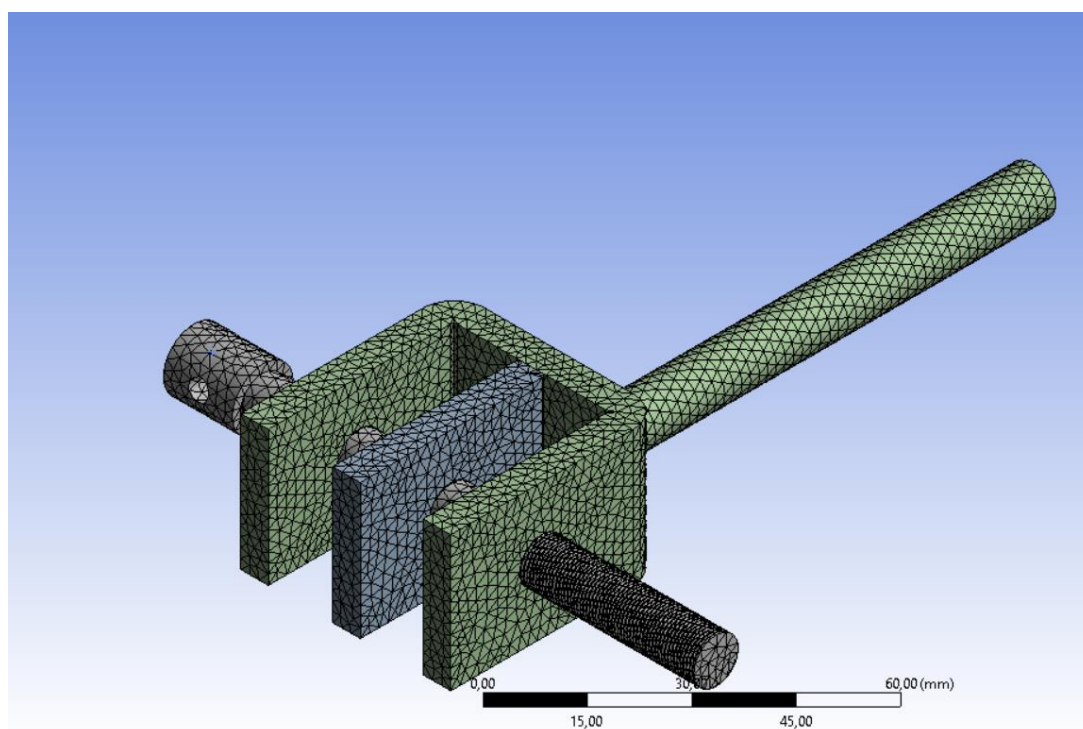


Fig. 3.1.1. Mallado del sujetador.

- Análisis de esfuerzo de (von-Mises) considerando la fuerza por acción de la gravedad del soporte horizontal, el esfuerzo máximo de 3,18 MPa, (figura 3.1.2.), además de la deformación máxima de 19,02 E-3mm, (figura 3.3.1.).

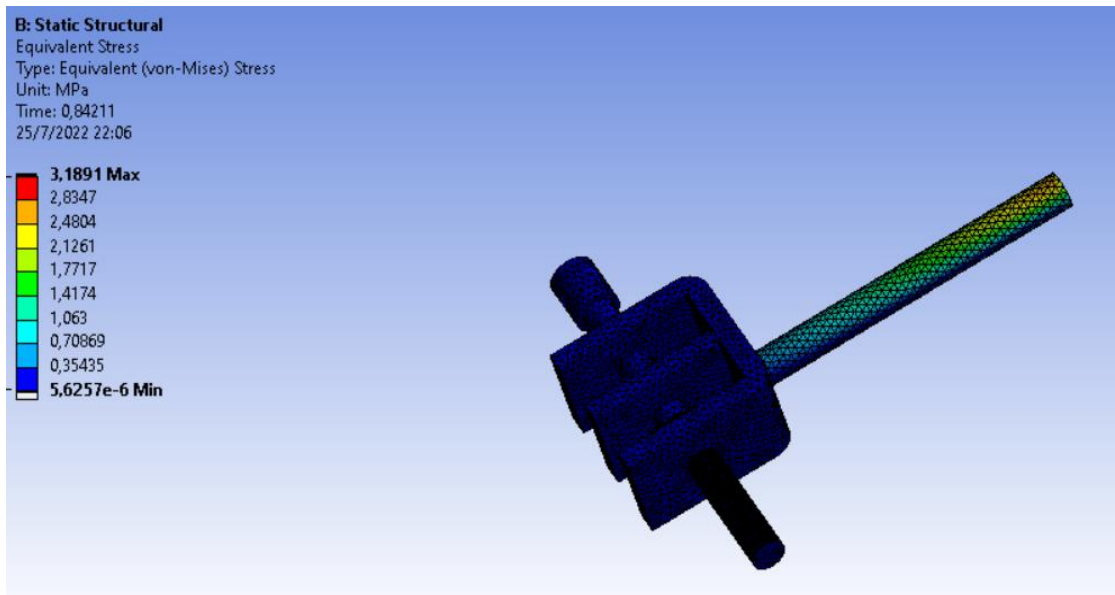


Fig. 3.1.2. Resultados imponiendo las cargas respectivas.

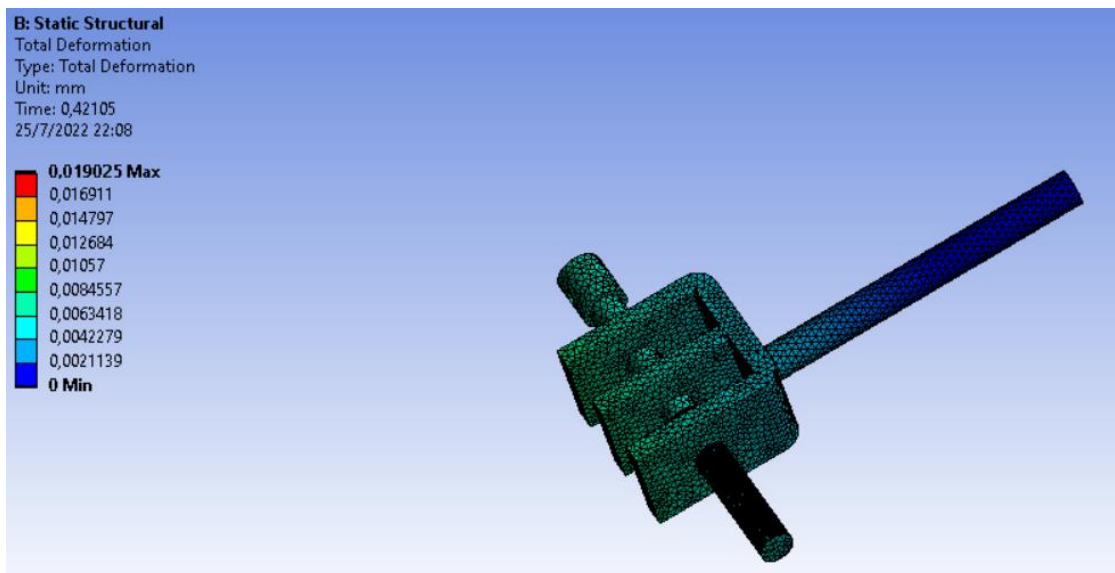


Fig. 3.1.3. Resultados imponiendo las cargas respectivas.

Se puede afirmar que la pieza con el material correspondiente no tendrá inconvenientes de fluencia, para que esto suceda el esfuerzo de von Mises debe ser mayor al  $S_y$  del material como se establece en la Ec (5-11) y Ec (5-19) [35].

$$\sigma' \geq S_y$$

Ec (4)

$$\sigma' = 3,18\text{MPa}$$

$S_y = 215\text{MPa}$  del acero Inoxidable AISI 304

$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ec (5)}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Donde:

$\sigma'$  = Esfuerzo de von Mises(MPa)

$S_y$  = Tensile Yeild Strength(MPa)

n = Factor de Seguridad.

### 3.1.2 Análisis de la base del mechero

- Dibujado el elemento en el software especializado, se hace el análisis de esfuerzo máximo, desplazamiento y el factor de seguridad; se realiza el mallado de todo el ensamble de 2 mm como se puede observar en la figura 3.1.4.

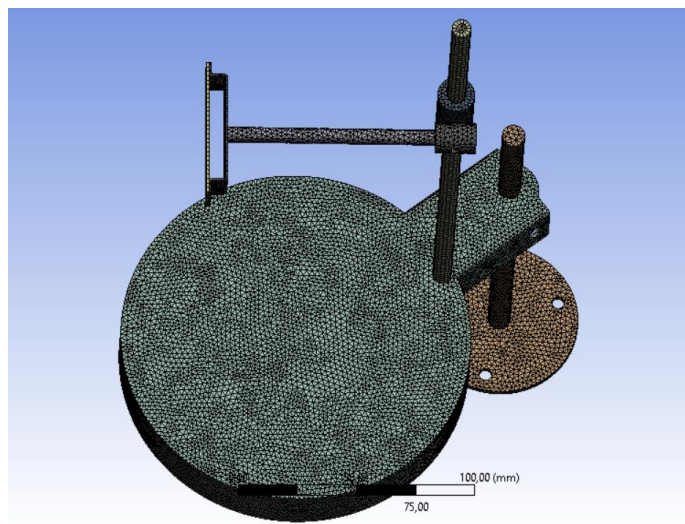


Fig. 3.1.4. Mallado de la base del mechero.

- Las fuerzas que se aplica es la del peso del Mechero Bunsen que es de 2,24 N y la fuerza por acción de gravedad; el esfuerzo de (von Mises) es de 24,54 MPa, ver figura 3.1.5.

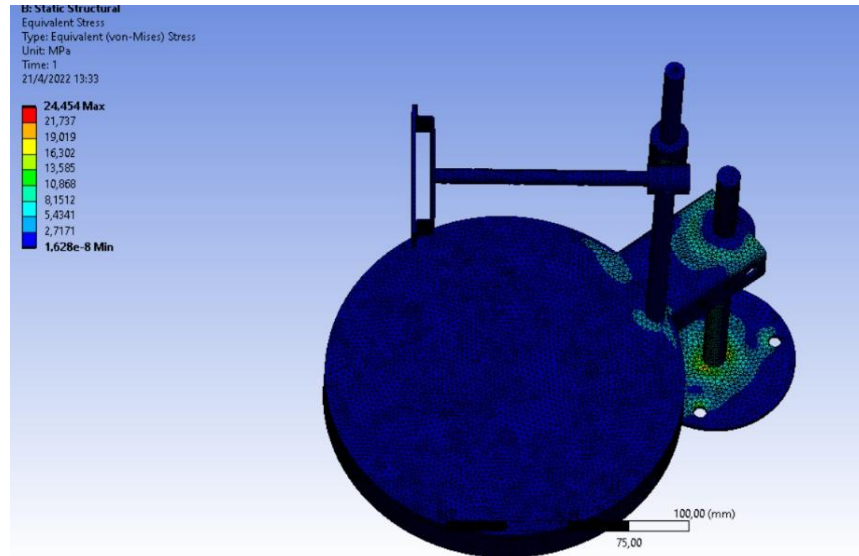


Fig. 3.1.5. Resultados después de haber aplicado las fuerzas correspondientes.

- El factor de seguridad obteniendo 8,79, como se puede observar en la figura 3.1.6.

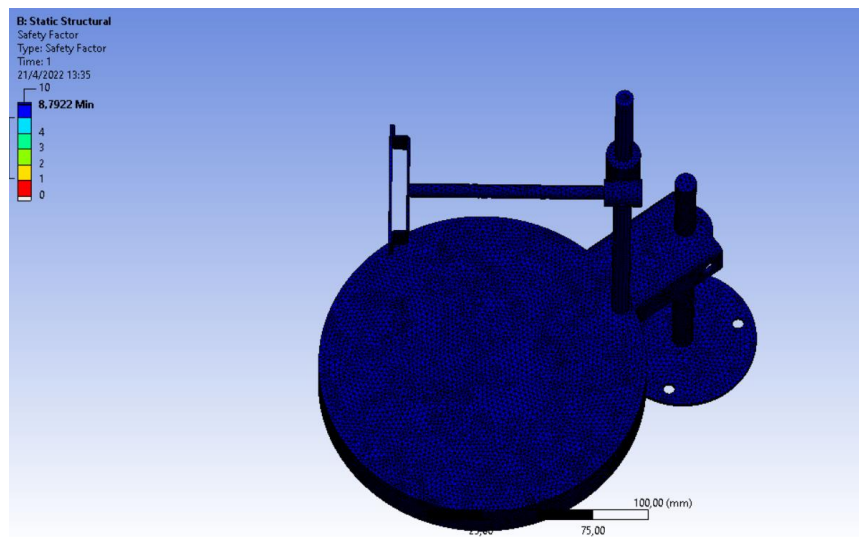


Fig. 3.1.6. Resultados después de haber aplicado las fuerzas correspondientes.

$$\sigma' \geq S_y \quad \text{Ec (4)}$$

$$\sigma' = 24,45\text{MPa}$$

$$S_y = 215\text{MPa del acero Inoxidable AISI 304}$$

$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ec (5)}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{215}{24,45} = 8,79$$

Una vez realizado el análisis de elementos finitos de los ensambles, los resultados para ambos casos, el factor de seguridad es elevado, ya que el esfuerzo equivalente de von Mises está muy lejano a la resistencia del material, garantizando la no deformación del material sometido a esfuerzo y temperatura constante.

### 3.1.3 Cálculo del comportamiento en combustión del metano

Para estimar el flujo másico considerando el gas natural o metano a un 99% de pureza ideal para la para los ensayos según la normativa ASTM D6413 considerando los datos de entrada.

Potencia calorífica: 1.14 kW = 980,22 kcal/h (Anexo13)

Poder calorífico del metano= 11950 kcal /kg (Anexo 17)

$$Q = m_{\text{com}} * \text{PCS} \rightarrow \quad \text{Ec (6).}$$

Donde:

$$Q = \text{Potencia calorífica kcal/h}$$

$$m_{\text{com}} = \text{flujo de combustible kg/s}$$

$$\text{PCS} = \text{Poder calorífico superior kcal/kg}$$

$$m_{\text{com}} = \frac{980,22 \frac{\text{kcal}}{\text{hora}}}{11950 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}$$

$$m_{\text{com}} = 2,27 \text{ E}^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0,027 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

Se considera al aire como un comburente con la siguiente composición.

Tabla. 3.1.1. Composición química del aire.

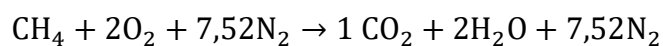
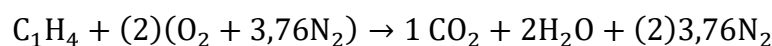
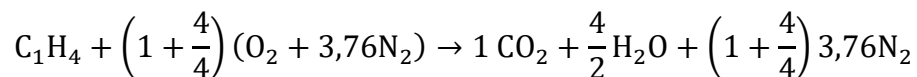
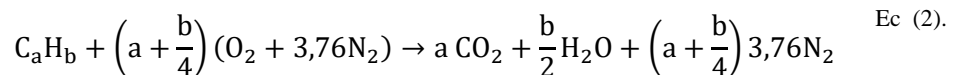
|                         |                |
|-------------------------|----------------|
| N <sub>2</sub>          | 0,7809         |
| O <sub>2</sub>          | 0,2095         |
| Ar                      | 0,0093         |
| CO <sub>2</sub>         | 0,0003         |
| Masa molar de la mezcla | 28,967 kg/kmol |

Se desprecia la cantidad de CO<sub>2</sub> y el Argón por sus pequeñas cantidades se tiene que:

$$1 \text{ mol de Aire} = 0,21\text{O}_2 + 0,76\text{N}_2 \rightarrow \quad \text{Ec (7)}$$

$$\frac{1 \text{ mol}}{0,21} \text{ de Aire} = \frac{0,21}{0,21} \text{O}_2 + \frac{0,76}{0,21} \text{N}_2 = 4,76 \text{ mol de Aire} = \text{O}_2 + 4,76\text{N}_2$$

Definida la Ec (2) de combustión completa con 100% de aire teórico para su respectivo balanceo:



Se determina la fracción molar de los productos.

Tabla. 3.1.2. Fracción molar de los productos en combustión completa.

| Fracción molar de los productos |            |       |       |
|---------------------------------|------------|-------|-------|
| CO <sub>2</sub>                 | 1/10,52    | 0,095 | 9,50% |
| H <sub>2</sub> O                | 2/10,52    | 0,190 | 19,0% |
| N <sub>2</sub>                  | 7,52/10,52 | 0,715 | 71,5% |

Se determina de la relación aire / combustible para la reacción.

$$A/C = \frac{\# \text{ moles de Aire} * m_{\text{aire}}}{\# \text{ moles de Combustible} * m_{\text{combustible}}} \rightarrow \quad \text{Ec (8)}$$

$$A/C = \frac{2 * 4,76 * 28,967 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}}{1 * \frac{16\text{kg}}{\text{kmol}}}$$

$$A/C = 17,23 \frac{\text{kg/kmol}(\text{aire})}{\text{kg/kmol}(\text{comb})} \text{ Considerando 100\% Aire teórico}$$

Se determina el flujo másico de aire necesario para la combustión completa

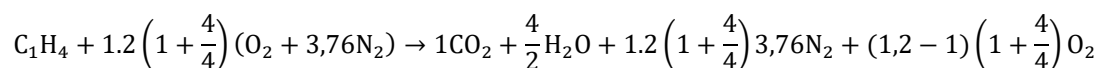
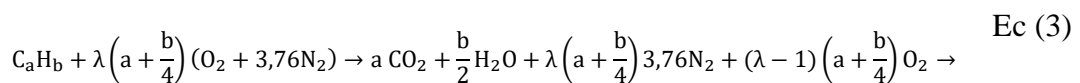
$$A/C = \frac{m_{\text{aire}}}{m_{\text{combustible}}} \rightarrow \quad \text{Ec (9)}$$

$$m_{\text{aire}} = A/C * m_{\text{combustible}}$$

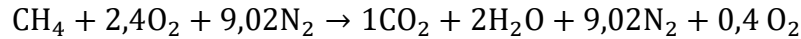
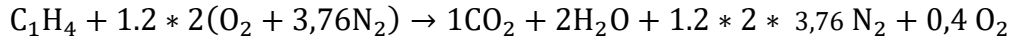
$$m_{\text{aire}} = 17,23 * 2,27 \text{ E}^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$m_{\text{aire}} = 3,91 \text{ E}^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Considerando el índice de exceso de aire para una instalación de gas metano, estimada la masa de aire necesaria para oxidar por completo los componentes del combustible ya en condiciones reales partiendo de la Ec (3), ver (ANEXO 18).







Se representa la fracción molar de los productos representados en la tabla 3.1.3.

Tabla. 3.1.3. Fracción molar de los productos con exceso de aire.

| Fracción molar de los productos |            |        |        |
|---------------------------------|------------|--------|--------|
| CO <sub>2</sub>                 | 1/12,42    | 0,0805 | 8,05%  |
| H <sub>2</sub> O                | 2/12,42    | 0,161  | 16,1%  |
| N <sub>2</sub>                  | 9,02/12,42 | 0,7265 | 72,65% |
| O <sub>2</sub>                  | 0,4/12,42  | 0,032  | 3,2 %  |

Se determina la relación aire / combustible para la reacción.

$$A/C = \frac{\# \text{ moles de Aire} * \text{maire}}{\# \text{ moles de Combustible} * \text{mcombustible}} \rightarrow \quad \text{Ec (8)}$$

$$A/C = \frac{2,4 * 4,76 * 28,967 \text{ kg/kmol}}{1 * 16 \text{ kg/kmol}}$$

$$A/C = 20,7 \frac{\text{kg/kmol(aire)}}{\text{kg/kmol(comb)}}$$

Cálculo del flujo másico de aire considerando una combustión completa con exceso de 120% de aire.

$$A/C = \frac{\text{maire}}{\text{mcombustible}} \rightarrow \quad \text{Ec (9)}$$

$$\text{maire} = A/C * \text{mcombustible}$$

$$\text{maire} = 20,7 * 2,27 \text{ E}^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\text{maire} = 4,69 \text{ E}^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Cálculo de entalpía de reacción presente en la combustión

$$\bar{h}_C = \sum N_p \bar{h}_{ofp} - \sum N_R \bar{h}_{ofR} \rightarrow \quad \text{Ec (10)}$$

$\bar{h}_C$  = Entalpía de combustión

$N_p$  = Moles (productos)

$N_R$  = Moles (reactivos)

$\bar{h}_{ofp}$  = entalpía de formación (productos)

$\bar{h}_{ofR}$  = entalpía de formación (reactivos)

Combustión completa con exceso de aire:

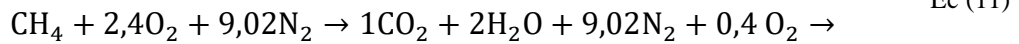


Tabla. 3.1.4. Entalpía de formación de los reactivos y productos.

|                  | $\bar{h}_{ofR}$ [KJ/Kmol] | $\bar{h}_{ofp}$ a 340°K [KJ/Kmol] | N [mol] |
|------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------|
| CH <sub>4</sub>  | -74850                    | -                                 | 1       |
| O <sub>2</sub>   | 8682                      | -                                 | 2,4     |
| N <sub>2</sub>   | 8669                      | -                                 | 9,02    |
| CO <sub>2</sub>  | -                         | 10959                             | 1       |
| H <sub>2</sub> O | -                         | 11314                             | 2       |
| N <sub>2</sub>   | -                         | 9888                              | 9,02    |
| O <sub>2</sub>   | -                         | 9916                              | 0,4     |

$$\bar{h}_C = \sum N_p \bar{h}_{ofp} - \sum N_R \bar{h}_{ofR} \rightarrow \quad \text{Ec (10)}$$

$$\bar{h}_C = 1(10959) + 2(12331) + 9,02(10763) + 0,4(10809) - (-74850) - 2,4(8682) - 9,02(8669) =$$

$$\bar{h}_C = 310,908 \left[ \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}} \right] \rightarrow \bar{h}_C > 0 \text{ reaccion endotermica}$$

El Calor generado por la mezcla aire combustible, se calcula con la ecuación del balance entre entalpías, tanto de los reactivos como de los productos.

$$Q_{sal} = \sum N_R(\bar{h}_{of} + \bar{h} - h^\circ)_R - \sum N_P(\bar{h}_{of} + \bar{h} - h^\circ)_P \rightarrow \quad \text{Ec (12)}$$

$Q_{sal}$  = Flujo de calor generado

N = número de moles

$\bar{h}_{of}$  = entalpía de formación condiciones normales Tabla A – 26

$\bar{h}$  = entalpía de formación a temperatura ambiente de 15 °C de los reactivos y la estimación de una temperatura de ignición para los productos de 67 °C.

$h^\circ$  = entalpía de corrección

Tabla. 3.1.5. Entalpía de formación de los reactivos y productos.

|                  | $\bar{h}_{of}$<br>[KJ/Kmol] | $\bar{h}$ a 288 °K<br>[KJ/Kmol] | $h^\circ$ a 298 °K<br>[KJ/Kmol] | $\bar{h}$ a 340°K<br>[KJ/Kmol] | N<br>[mol] |
|------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------|
| CH <sub>4</sub>  | -103850                     | -                               | -                               | -                              | 1          |
| O <sub>2</sub>   | 0                           | 8384,40                         | 8682                            | -                              | 2,4        |
| N <sub>2</sub>   | 0                           | 8373,80                         | 8669                            | -                              | 9,02       |
| CO <sub>2</sub>  | -393520                     | -                               | 9364                            | 10959                          | 1          |
| H <sub>2</sub> O | -241820                     | -                               | 9904                            | 11314                          | 2          |
| N <sub>2</sub>   | 0                           | -                               | 8669                            | 9888                           | 9,02       |
| O <sub>2</sub>   | 0                           | -                               | 8682                            | 9916                           | 0,4        |

$$Q_{sal} = \sum N_R(\bar{h}_{of} + \bar{h} - h^\circ)_R - \sum N_P(\bar{h}_{of} + \bar{h} - h^\circ)_P \rightarrow \quad \text{Ec (12)}$$

$$Q_{sal} = 754,029 \text{ [MJ/Kmol]}$$

Cálculo del flujo másico considerando el calor liberado por la reacción.

$$Q = m_{com} * PCS \rightarrow \quad \text{Ec (6)}$$

$$m_{com} = \frac{1,14\text{KJ/s}}{754,029 \text{ [KJ/mol]}}$$

$$m_{com} = 1,51 \text{ E}^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{s}}$$

Donde 1 mol de Metano (CH<sub>4</sub>) tiene 16g

$$m_{\text{com}} = 1,51 \text{ E}^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{s}} \left| \frac{16\text{g}}{1\text{mol CH}_4} \right| = 0,024\text{g/s}$$

### 3.2 Cálculo de pérdida de presión en el sistema de regulación

En la figura 3.2.1. se observa la conexión física del tren regulador, la implementación de la válvula es específicamente para gas natural o metano, propano, butano y sus mezclas como gases no agresivos, ver el manual de instalación, (ANEXO 11) , en la figura 3.2.2. se detalla la simbología unifilar del tren regulador de presión.

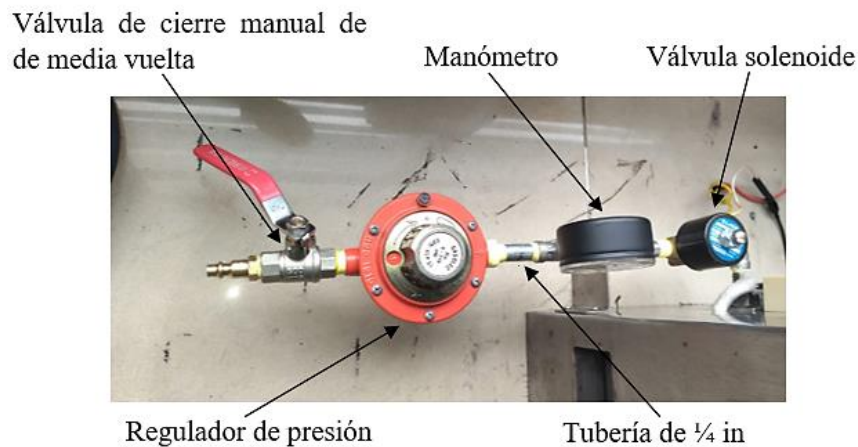


Fig. 3.2.1. Tren regulador de presión.

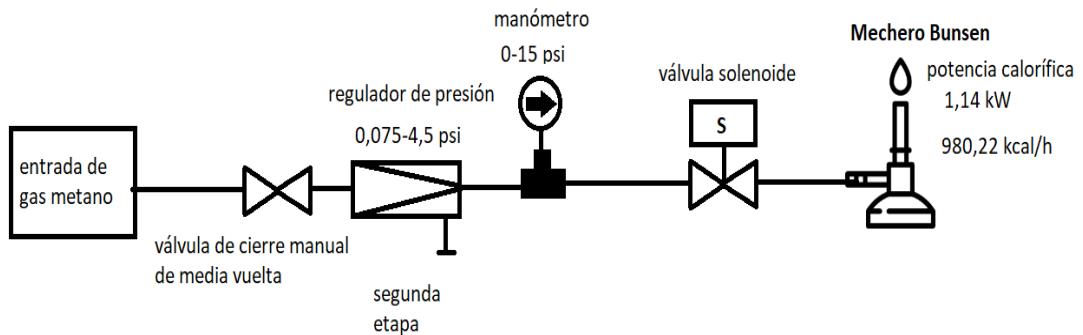


Fig. 3.2.2. Representación simbólica unifilar del tren regulador de presión.

Considerando los parámetros iniciales presentes en el sistema de regulación de presión

$$Q = V * A \rightarrow \text{Ec (13)}$$

Donde:

Q = caudal

V = velocidad de flujo

A = flujo de área

Donde el flujo másico y la densidad del metano es  $p = 0,737 \text{ kg/m}^3$

$$M = p * Q \text{ Ec (14)}$$

Donde:

M = Flujo másico

p = densidad

Q = caudal o flujo volumétrico.

Determinado en la seccion anterior  $M = \frac{0,024\text{g}}{\text{s}} = 2,4 * 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

$$Q = \frac{M}{p} = \frac{2,4 * 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0,737 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q = \frac{3,25 * 10^{-5} \text{ m}^3}{\text{s}}$$

A= Área de flujo =  $1,642 * 10^{-5} \text{ m}^2$  ,(ANEXO 20) tubería de acero de 1/4"

$$Q = V * A \text{ Ec (15)}$$

Cálculo de la velocidad de flujo:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{3,25 * 10^{-5} \text{ m}^3}{1,642 * 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}}$$

$$V = 2,2 \text{ m/s}$$

Cálculo de la presión en el punto 2 considerando pérdida por tubería y accesorios para satisfacer una correcta regulación de presión para realizar los ensayos, donde la  $\gamma_{\text{CH}_4} = 7,22 \text{ kN/m}^3$

Ecuación de balance de energía (Bernoulli)

$$\frac{P_1}{\gamma_{\text{CH}_4}} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_L - h_R = \frac{P_2}{\gamma_{\text{CH}_4}} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \rightarrow \text{Ec (16)}$$

$$\frac{P_1}{\gamma_{\text{CH}_4}} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_L - h_R = \frac{P_2}{\gamma_{\text{CH}_4}} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\frac{P_1}{\gamma_{\text{CH}_4}} - h_L = \frac{P_2}{\gamma_{\text{CH}_4}}$$

Cálculo de Número de Reynolds

$$n = 1 * 10^{-5} \text{ Pa} * \text{s tabla} \rightarrow \text{(ANEXO 21)}$$

$$\rho = 0,737 \text{ kg/m}^3$$

$$D = 0,006 \text{ m}$$

$$N_R = \frac{VD\rho}{n} \rightarrow \text{Ec (17)}$$

Donde:

V = Velocidad de flujo

n = viscosidad dinámica

$\rho$  = densidad del metano

$D$  = diámetro de tubería

$$n = 1 * 10^{-5} \text{Pa} * \text{s tabla} \rightarrow (\text{ANEXO 21})$$

$$\rho = 0,737 \text{kg/m}^3$$

$$D = 0,006 \text{m}$$

$$N_R = \frac{1,98 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,006 \text{m} * 0,737 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1 * 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{ms}^2} * \text{s}}$$

$$N_R = \frac{1,98 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,006 \text{m} * 0,737 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1 * 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{ms}^2} * \text{s}}$$

$$N_R = 1308,912 \text{ flujo laminar}$$

$$N_R < 2000 \text{ flujo laminar}$$

$$N_R > 4000 \text{ flujo turbulento}$$

La ecuación de Darcy para determinar las pérdidas de energías por tubería; donde el factor de fricción en el caso de ser régimen de flujo laminar se determina con la Ec (18).

$$f = \frac{64}{N_R} \rightarrow \text{Ec (18)}$$

$$f = \frac{64}{1308,912} = 0,04$$

La longitud para el tramo de tubería de material acero inoxidable es de  $L = 6 \text{ ''}$

$$hL_1 = f \frac{L V^2}{D 2g} \text{Ec (19)}$$

$$hL_1 = 0,04 \frac{0,152m \left(\frac{2,22m}{s}\right)^2}{0,006m \cdot 2 * 9,8 \frac{m}{s^2}}$$

$$hL_1 = 0,04 \frac{0,1524m \left(\frac{2,22m}{s}\right)^2}{0,006m \cdot 2 * 9,8 \frac{m}{s^2}}$$

$$hL_1 = 0,1916m$$

De la Ec (16) de balance de energía (Bernoulli) simplificada, se despeja la presión del punto 2, para saber que presión se pierde debido a fricción en la tubería.

$$\frac{P1}{\gamma_{CH4}} - hL = \frac{P2}{\gamma_{CH4}}$$

$$P2 = \gamma_{CH4} \left( \frac{P1}{\gamma_{CH4}} - hL \right)$$

$$P2 = 17,2kPa - 7,22 \frac{kN}{m^3} * (0,1916m)$$

$$P2 = 17,2kPa - 1,38kPa$$

$$P2 = 15,82 kPa \rightarrow 2,3 Psi$$

Para una correcta presión de la salida del tren de regulación se necesita elevar 0,2 psi, con el fin de estimar la correcta presión como nos indica en la norma ASTM D6413 sección 6.

### 3.3 Validación del método de ensayo

Se realizaron los ensayos de acuerdo con el procedimiento establecido en la norma ASTM D6413, dentro de este procedimiento se tomó en cuenta el proceso de acondicionamiento dispuesto por la misma haciendo referencia a la norma ASTM D885 (**ANEXO 6**) que determina valores de temperatura y humedad relativa de acuerdo con el tipo de textil, (tabla 3.3.1.).



Tabla 3.3.1. Temperatura y humedad relativa estándar para acondicionar diversos materiales.

| Material   | Temperature             | Relative Humidity % | ASTM Standard |
|--|-------------------------|---------------------|---------------|
| Textiles, general, other than nonwoven, tire cords and glass fiber | 21 ± 1°C (70 ± 2°F)     | 65 ± 2              | D 1776        |
| Nonwovens (includes paper)   | 23 ± 1°C (73.4 ± 1.8°F) | 50 ± 2              | D 1776        |
| Plastics and electrical insulating materials                       | 23 ± 2°C (73.4 ± 3.6°F) | 50 ± 5              | D 618         |
| Glass fiber products:  |                         |                     |               |
| Plastic applications   | 23 ± 2°C (73.4 ± 3.6°F) | 50 ± 5              | D 618         |
| Textile applications   | 21 ± 1°C (70 ± 2°C)     | 65 ± 5              | D 1776        |
| Tire cords:  |                         |                     |               |
| Rayon  | 24 ± 2°C (75 ± 3.6°F)   | 55 ± 2              | D 885         |
| Polyester, Aramid, Nylon   | 24 ± 2°C (75 ± 3.6°F)   | 55 ± 5              | D 885         |

De acuerdo con la normativa ASTM D885 se seleccionó la categoría “Polyester, Aramid, Nylon” la cual establece una temperatura de acondicionamiento de  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de  $55 \pm 5\%$  y finalmente en cuanto al tiempo de acondicionamiento se consideró un periodo mínimo de 24 h como especifica la norma.

### 3.3.1 Descripción de los factores de estudio y medición del software estadístico especializado

#### ➤ Estudio R&R del sistema de medición

Determinada si las mediciones de los inspectores son consistentes en términos de repetibilidad y reproducibilidad.

#### ➤ Factores que permite investigar un sistema R&R

**Repetibilidad:** Es la variación generada por el instrumento de medición, se presenta cuando un operador mide la misma parte varias veces, bajo el mismo sistema de medición y condiciones.

**Reproducibilidad:** Variación producida por el sistema de medición, ocurre cuando diferentes operadores miden la misma parte múltiples veces, bajo el mismo sistema de medición y mismas condiciones.

#### ➤ Aceptabilidad del sistema de medición

Se evalúa la variación del proceso mediante la comparación entre Gage R&R total y el porcentaje de contribución. Los porcentajes de aceptabilidad se definen en la tabla 3.3.2.

Tabla 3.3.2. Rango de aceptabilidad del sistema de medición.

| <b>Porcentaje de variación del proceso</b> | <b>Aceptabilidad</b>   |
|--|--|
| 10%  | Se acepta el sistema de medición   |
| 10%-30%                                    | Se acepta el sistema de medición en función del costo y lo crítico del proceso |
| Más del 30%                                | Se rechaza el sistema de medición  |

➤ **Parte a parte**

Cuando el porcentaje de contribución entre las partes es elevado el sistema de medición es capaz de diferenciar entre las partes de forma confiable

**3.3.2 Desarrollo del ensayo**

- El material seleccionado para la ejecución de los ensayos fue el tejido navalhado.
- Se prepararon 64 especímenes para las pruebas, 32 de los cuales se implementaron para pruebas a lo largo y los 32 restantes para pruebas a lo ancho.
- Para el análisis de los ensayos se dividió las pruebas verticales y horizontales en un total de 4 grupos, considerando 16 muestras para cada análisis y ensayando 2 grupos diarios, uno para pruebas a lo largo y uno para pruebas a lo ancho, debido a que los ensayos se realizaron en dos días consecutivos.
- El procedimiento de ensayo fue desarrollado de acuerdo con los pasos estipulados en la norma ASTM D6413 sección 11.
- Los especímenes pasaron un periodo mínimo de tiempo de 24 horas de acondicionamiento controlando su temperatura y humedad, respetando las especificaciones propuestas en norma ASTM D885.

**3.3.3 Pruebas a lo largo paralelo a los hilos de urdiembre**

Las pruebas a lo largo consisten en que el lado más largo del espécimen se encuentra en paralelo a los hilos de urdiembre.

La tabla 3.3.3. integra los datos obtenidos tras el ensayo de inflamabilidad para las pruebas a lo largo de los especímenes (1-16).

Tabla 3.3.3. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo largo, especímenes (1-16).



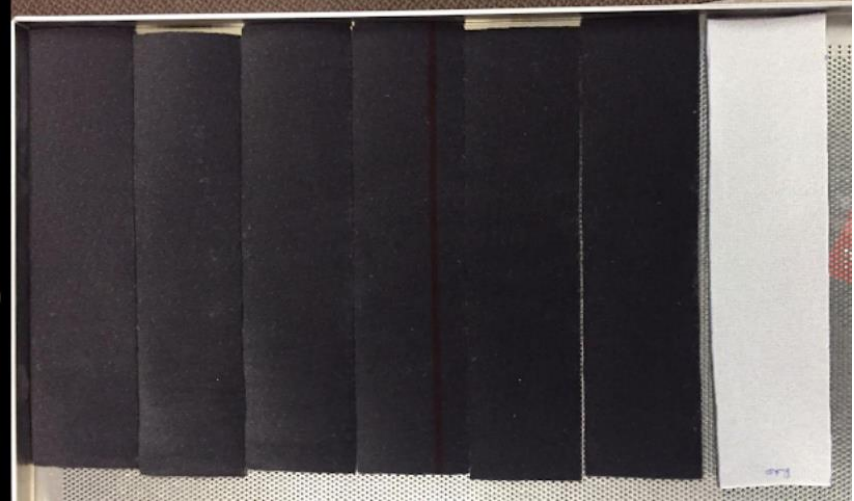
|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>LIM-UTA  |  |                                   |            |                          |        |
|---|--|-----------------------------------|------------|--------------------------|--------|
| REPORTE DE ENSAYO DE INFLAMABILIDAD VERTICAL  |  |                                   |            |                          |        |
| <b>Tipo de material</b>   | TEJIDO NAVALHADO   | <b>Fecha de ensayo</b>            | 01/06/2022 |                          |        |
| <b>Dimensión</b>  | 300x76x4 (mm)  | <b>Horario de entrada</b>         | 8 am       | <b>Horario de salida</b> | 1 pm   |
| <b>Peso</b>   | 6.8 gr   |                                   |            |                          |        |
| <b>Volumen</b>  | 91200 mm <sup>3</sup>  |                                   |            |                          |        |
| <b>Cantidad de probetas</b>   | 32   | <b>Institución que realiza</b>    | LIM -UTA   | <b>Número ensayo</b>     | EIV-01 |
| <b>Dirección de las fibras</b>  | Hilos de urdiembre paralelos al lado más largo del espécimen |                                   |            |                          |        |
| <b>Acondicionamiento</b>  | ASTM D885  | <b>Horas de acondicionamiento</b> | 24 HORAS   |                          |        |
| <b>Temperatura</b>  | 24 °C  |                                   |            |                          |        |
| <b>Humedad relativa</b>   | 55 %   |                                   |            |                          |        |
|   |  |                                   |            |                          |        |

Fig. 3.3.1. Tejido navalhado antes del ensayo de inflamabilidad, cortado con la dirección de los hilos de urdiembre paralelos al lado más largo.

Tabla 3.3.3. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo largo, especímenes (1-16), (continuación).

| <b>N ° DE<br/>ESPÉCIME<br/>N</b> | <b>TIEMPO</b> | <b>DISTANCIA</b> | <b>ÍNDICE DE<br/>INFLAMABILIDAD</b> |
|----------------------------------|---------------|------------------|-------------------------------------|
| <b>1</b>                         | 33,24         | 145,00           | 261,73                              |
| <b>2</b>                         | 32,67         | 140,00           | 257,12                              |
| <b>3</b>                         | 31,03         | 132,00           | 255,24                              |
| <b>4</b>                         | 32,25         | 136,00           | 253,02                              |
| <b>5</b>                         | 31,34         | 131,00           | 250,80                              |
| <b>6</b>                         | 34,81         | 140,00           | 241,31                              |
| <b>7</b>                         | 33,48         | 136,00           | 243,73                              |
| <b>8</b>                         | 31,17         | 135,00           | 259,87                              |
| <b>9</b>                         | 33,11         | 143,00           | 259,14                              |
| <b>10</b>                        | 31,44         | 136,00           | 259,54                              |
| <b>11</b>                        | 32,17         | 134,00           | 249,92                              |
| <b>12</b>                        | 30,65         | 130,00           | 254,49                              |
| <b>13</b>                        | 31,04         | 132,00           | 255,15                              |
| <b>14</b>                        | 32,79         | 140,00           | 256,18                              |
| <b>15</b>                        | 33,13         | 135,00           | 244,49                              |
| <b>16</b>                        | 33,17         | 139,00           | 251,43                              |

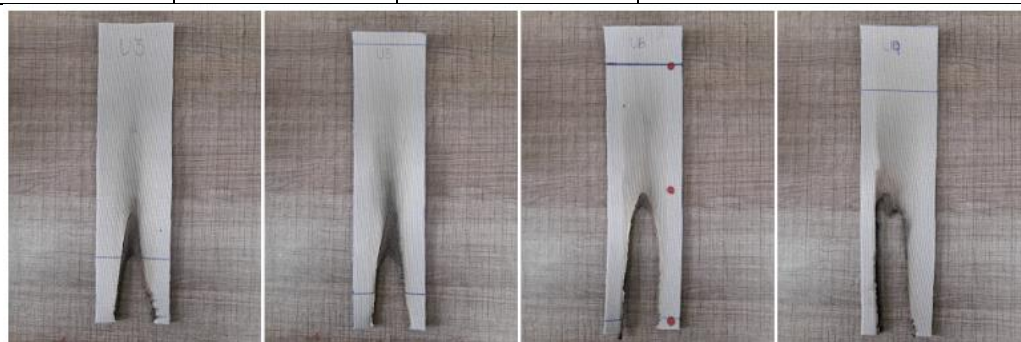


Fig. 3.3.2. Tejido navalhado después del ensayo de inflamabilidad.

Observaciones:

- Todas las muestras presentaron fusión o goteo
- Ninguna muestra presentó resplandor residual

La tabla 3.3.4. integra los datos obtenidos tras el ensayo de inflamabilidad para las pruebas a lo largo de los especímenes (17-32).

Tabla 3.3.4. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo largo, especímenes (17-32).



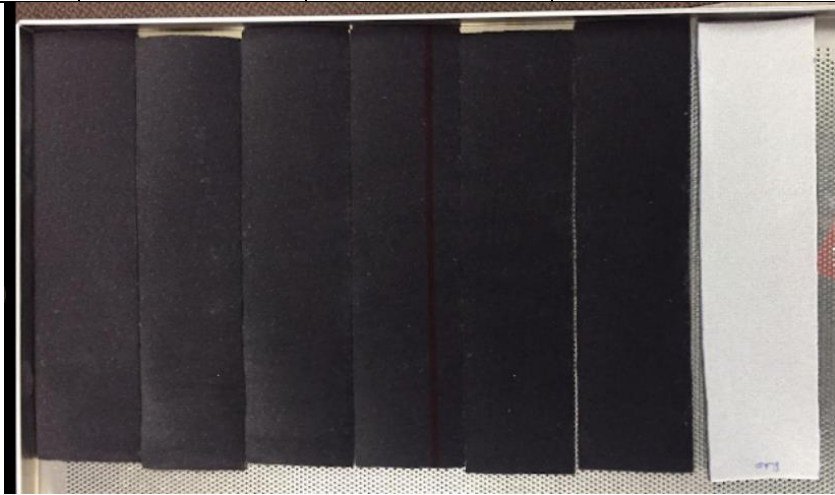
|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>LIM-UTA  |  |                                   |            |                          |        |
|---|--|-----------------------------------|------------|--------------------------|--------|
| REPORTE DE ENSAYO DE INFLAMABILIDAD VERTICAL  |  |                                   |            |                          |        |
| <b>Tipo de material</b>   | TEJIDO NAVALHADO   | <b>Fecha de ensayo</b>            | 02/06/2022 |                          |        |
| <b>Dimensión</b>  | 300x76x4 (mm)  | <b>Horario de entrada</b>         | 8 am       | <b>Horario de salida</b> | 1 pm   |
| <b>Peso</b>   | 6.8 gr   |                                   |            |                          |        |
| <b>Volumen</b>  | 91200 mm <sup>3</sup>  |                                   |            |                          |        |
| <b>Cantidad de probetas</b>   | 32   | <b>Institución que realiza</b>    | LIM -UTA   | <b>Número ensayo</b>     | EIV-03 |
| <b>Dirección de las fibras</b>  | Hilos de urdiembre paralelos al lado más largo del espécimen |                                   |            |                          |        |
| <b>Acondicionamiento</b>  | ASTM D885  | <b>Horas de acondicionamiento</b> | 48 HORAS   |                          |        |
| <b>Temperatura</b>  | 24 °C  |                                   |            |                          |        |
| <b>Humedad relativa</b>   | 55 %   |                                   |            |                          |        |
|   |  |                                   |            |                          |        |

Fig. 3.3.3. Tejido navalhado antes del ensayo de inflamabilidad, cortado con la dirección de los hilos de urdiembre paralelos al lado más largo del espécimen.

Tabla 3.3.4. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo largo, especímenes (17-32), (continuación).

| N ° DE ESPÉCIMEN | TIEMPO | DISTANCIA | ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD |
|------------------|--------|-----------|--------------------------|
| 17               | 25,15  | 141,00    | 336,38                   |
| 18               | 27,75  | 146,00    | 315,68                   |
| 19               | 28,16  | 137,00    | 291,90                   |
| 20               | 29,89  | 139,00    | 279,02                   |
| 21               | 29,5   | 137,00    | 278,64                   |
| 22               | 28,70  | 143,00    | 298,95                   |
| 23               | 28,09  | 134,00    | 286,22                   |
| 24               | 28,18  | 148,00    | 315,12                   |
| 25               | 31,17  | 145,00    | 279,11                   |
| 26               | 29,78  | 137,00    | 276,02                   |
| 27               | 24,16  | 132,00    | 327,81                   |
| 28               | 31,03  | 139,00    | 268,77                   |
| 29               | 28,12  | 130,00    | 277,38                   |
| 30               | 33,15  | 145,00    | 262,44                   |
| 31               | 32,14  | 148,00    | 276,29                   |
| 32               | 31,06  | 136,00    | 262,72                   |

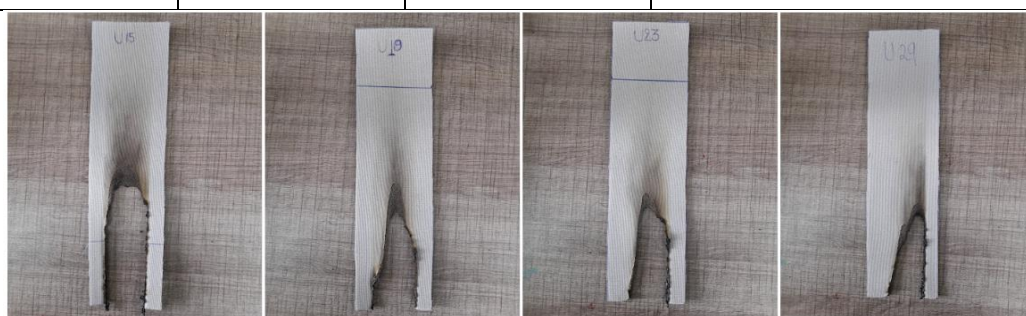


Fig. 3.3.4. Tejido navalhado después del ensayo de inflamabilidad.

Observaciones:

- Todas las muestras presentaron fusión o goteo
- Ninguna muestra presento resplandor residual

### 3.3.3.1 Corrección de la medición del tiempo de combustión residual

Para determinar el error del tiempo de combustión residual se constata con el (ANEXO 23) de calibración del cronometro SPER SCIENTIFIC, modelo 810033, código E-

17281 obtenido por el laboratorio de inflamabilidad LIM UTA mediante ELICROM donde en función del tiempo transcurrido se especifica un error de 0.149 s. Representados en las tablas (3.3.5. y 3.3.6), sobre los valores ajustados del tiempo de combustión residual.

Tabla 3.3.5. Tiempo de inflamabilidad residual ajustado. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16).

| Nº | Tiempo de combustión residual (s) | Tiempo de combustión residual menos el error de medición (s) |
|----|-----------------------------------|--|
| 1  | 33,24                             | 33,09  |
| 2  | 32,67                             | 32,52  |
| 3  | 31,03                             | 30,88  |
| 4  | 32,25                             | 32,10  |
| 5  | 31,34                             | 31,19  |
| 6  | 34,81                             | 34,66  |
| 7  | 33,48                             | 33,33  |
| 8  | 31,17                             | 31,02  |
| 9  | 33,11                             | 32,96  |
| 10 | 31,44                             | 31,29  |
| 11 | 32,17                             | 32,02  |
| 12 | 30,65                             | 30,50  |
| 13 | 31,04                             | 30,89  |
| 14 | 32,79                             | 32,64  |
| 15 | 33,13                             | 32,98  |
| 16 | 33,17                             | 33,02  |

Tabla 3.3.6. Tiempo de inflamabilidad residual ajustado. Pruebas a lo largo especímenes (17-32).

| Nº | Tiempo de combustión residual (s) | Tiempo de combustión residual menos el error de medición (s) |
|----|-----------------------------------|--|
| 17 | 25,15                             | 25,00  |
| 18 | 27,75                             | 27,60  |
| 19 | 28,16                             | 28,01  |
| 20 | 29,89                             | 29,74  |
| 21 | 29,50                             | 29,35  |
| 22 | 28,70                             | 28,55  |
| 23 | 28,09                             | 27,94  |
| 24 | 28,18                             | 28,03  |
| 25 | 31,17                             | 31,02  |
| 26 | 29,78                             | 29,63  |
| 27 | 24,16                             | 24,01  |
| 28 | 31,03                             | 30,88  |
| 29 | 28,12                             | 27,97  |
| 30 | 33,15                             | 33,00  |
| 31 | 32,14                             | 31,99  |
| 32 | 31,06                             | 30,91  |

### 3.3.3.2 Incertidumbre del tiempo

Conceptos implementados:

$n$  = número de muestras

$x_i$  = tiempos de combustión residual corregidos

$\bar{t}$  = promedio de tiempos de combustión residual corregido

$u$  = incertidumbre

A continuación, se definen los pasos para el cálculo de la incertidumbre del tiempo de combustión residual:

- a) Determinar el promedio de mediciones

$$\bar{t} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{Ec (20)}$$

- b) Realizar una diferencia entre los valores del tiempo de combustión residual de cada espécimen y el promedio de mediciones, luego se eleva esta cifra al cuadrado

$$(x_i - \bar{t})^2 \quad \text{Ec (21)}$$

- c) Realizar una sumatoria de la diferencia de cuadrados de todas las mediciones

$$\sum (x_i - \bar{t})^2 \quad \text{Ec (22)}$$

- d) Finalmente se remplazan los valores obtenidos anteriormente, para determinar el valor de la incertidumbre del conjunto de datos seleccionados



$$u(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_i - \bar{t})^2}{n - 1}} \quad \text{Ec (23)}$$

- Resultados de la incertidumbre del tiempo, representados en las tablas (3.3.7. y 3.3.8.).

Tabla 3.3.7. Incertidumbre del tiempo de combustión residual. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16).

| N°             | $x_i$  | $(x_i - \bar{t})^2$ | <b>u</b> |
|----------------|--------|---------------------|----------|
| 1              | 33,09  | 0,80                | 1.15     |
| 2              | 32,52  | 0,11                |          |
| 3              | 30,88  | 1,72                |          |
| 4              | 32,10  | 0,01                |          |
| 5              | 31,19  | 1,01                |          |
| 6              | 34,66  | 6,09                |          |
| 7              | 33,33  | 1,29                |          |
| 8              | 31,02  | 1,38                |          |
| 9              | 32,96  | 0,59                |          |
| 10             | 31,29  | 0,82                |          |
| 11             | 32,02  | 0,03                |          |
| 12             | 30,50  | 2,87                |          |
| 13             | 30,89  | 1,70                |          |
| 14             | 32,64  | 0,20                |          |
| 15             | 32,98  | 0,62                |          |
| 16             | 33,02  | 0,68                |          |
| <b>SUMA</b>    | 515,10 | 19,91               |          |
| $\bar{t}$      | 32,19  |                     |          |
| <b>t mayor</b> | 34,66  |                     |          |
| <b>t menor</b> | 30,50  |                     |          |
| $\Delta t$     | 2,08   |                     |          |

- Por lo tanto, el valor de incertidumbre para el tiempo de combustión residual de las 16 primeras muestras de las pruebas a lo largo es de 1.15 s.
- Mediante los cálculos de error e incertidumbre se determina el rango del tiempo de combustión residual en segundos para los especímenes (1-16)

$$t = \bar{t} + u \quad \text{Ec (24)}$$

$$t = (32.19 \pm 1.15) \text{ s}$$

Tabla 3.3.8. Incertidumbre del tiempo de combustión residual. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32).

| Nº             | $x_i$  | $(x_i - \bar{t})^2$ | <b>u</b> |
|----------------|--------|---------------------|----------|
| 17             | 25,00  | 72,25               | 2.37     |
| 18             | 27,60  | 12,25               |          |
| 19             | 28,01  | 20,25               |          |
| 20             | 29,74  | 0,25                |          |
| 21             | 29,35  | 30,25               |          |
| 22             | 28,55  | 12,25               |          |
| 23             | 27,94  | 0,25                |          |
| 24             | 28,03  | 2,25                |          |
| 25             | 31,02  | 42,25               |          |
| 26             | 29,63  | 0,25                |          |
| 27             | 24,01  | 6,25                |          |
| 28             | 30,88  | 42,25               |          |
| 29             | 27,97  | 20,25               |          |
| 30             | 33,00  | 12,25               |          |
| 31             | 31,99  | 2,25                |          |
| 32             | 30,91  | 6,25                |          |
| <b>SUMA</b>    | 463.65 | 282.00              |          |
| $\bar{t}$      | 28,98  |                     |          |
| <b>t mayor</b> | 33.00  |                     |          |
| <b>t menor</b> | 24.01  |                     |          |
| $\Delta t$     | 4.49   |                     |          |

Por lo tanto, el valor de incertidumbre para el tiempo de combustión residual de las 16 muestras restantes de las pruebas a lo largo es de 2.37 s.

- Mediante los cálculos de error e incertidumbre se determina el rango del tiempo de combustión residual en segundos para los especímenes (17-32).

$$t = \bar{t} + u$$

Ec (25)

$$t = (28.98 \pm 2.37) \text{ s}$$

### 3.3.3.3 Corrección de la medición de la longitud de carbonización

Para determinar el error de la longitud de carbonización se verifica con el (ANEXO 24) de calibración de la regla FENIX, código E-13114 acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano donde en función de la longitud de medición se seleccionó un error de -0.055 cm o -0.55 mm. Representado en las tablas (3.3.9. y 3.3.10) que contienen los valores ajustados de longitud de carbonización:

Tabla 3.3.9. Longitud de carbonización corregida. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16).

| <b>N°</b> | <b>Longitud de carbonización (mm)</b> | <b>Longitud de carbonización menos el error de medición (mm)</b> |
|-----------|---------------------------------------|--|
| <b>1</b>  | 145,00                                | 144,45   |
| <b>2</b>  | 140,00                                | 139,45   |
| <b>3</b>  | 132,00                                | 131,45   |
| <b>4</b>  | 136,00                                | 135,45   |
| <b>5</b>  | 131,00                                | 130,45   |
| <b>6</b>  | 140,00                                | 139,45   |
| <b>7</b>  | 136,00                                | 135,45   |
| <b>8</b>  | 135,00                                | 134,45   |
| <b>9</b>  | 143,00                                | 142,45   |
| <b>10</b> | 136,00                                | 135,45   |
| <b>11</b> | 134,00                                | 133,45   |
| <b>12</b> | 130,00                                | 129,45   |
| <b>13</b> | 132,00                                | 131,45   |
| <b>14</b> | 140,00                                | 139,45   |
| <b>15</b> | 135,00                                | 134,45   |
| <b>16</b> | 139,00                                | 138,45   |

Tabla 3.3.10. Longitud de carbonización corregida. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32).

| <b>N°</b> | <b>Longitud de carbonización (mm)</b> | <b>Longitud de carbonización menos el error de medición (mm)</b> |
|-----------|---------------------------------------|--|
| <b>17</b> | 141,00                                | 140,45   |
| <b>18</b> | 146,00                                | 145,45   |
| <b>19</b> | 137,00                                | 136,45   |
| <b>20</b> | 139,00                                | 138,45   |
| <b>21</b> | 137,00                                | 136,45   |
| <b>22</b> | 143,00                                | 142,45   |
| <b>23</b> | 134,00                                | 133,45   |
| <b>24</b> | 148,00                                | 147,45   |
| <b>25</b> | 145,00                                | 144,45   |
| <b>26</b> | 137,00                                | 136,45   |
| <b>27</b> | 132,00                                | 131,45   |
| <b>28</b> | 139,00                                | 138,45   |
| <b>29</b> | 130,00                                | 129,45   |
| <b>30</b> | 145,00                                | 144,45   |
| <b>31</b> | 148,00                                | 147,45   |
| <b>32</b> | 141,00                                | 140,45   |

### 3.3.3.4 Incertidumbre de la longitud de carbonización

Conceptos implementados:

$n$  = número de muestras

$x_i$  = longitudes de carbonización

$\bar{Lq}$  = promedio de las longitudes de carbonización

$u$  = incertidumbre

A continuación, se definen los pasos para el cálculo de la incertidumbre de la longitud de carbonización:

- a) Determinar el promedio de mediciones

$$\bar{Lq} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{Ec (26)}$$

- b) Realizar una diferencia entre los valores de la longitud de carbonización de cada espécimen y el promedio de mediciones, luego se eleva esta cifra al cuadrado

$$(x_i - \bar{Lq})^2 \quad \text{Ec (27)}$$

- c) Realizar una sumatoria de la diferencia de cuadrados de todas las mediciones

$$\sum (x_i - \bar{Lq})^2 \quad \text{Ec (28)}$$

- d) Finalmente se remplazan los valores obtenidos anteriormente, para determinar el valor de la incertidumbre del conjunto de datos seleccionados

$$u(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_i - \bar{Lq})^2}{n - 1}} \quad \text{Ec (29)}$$

- Resultados del cálculo de la incertidumbre de la longitud de carbonización, representados en las tablas (3.3.11. y 3.3.12).

Tabla 3.3.11. Incertidumbre de la longitud de carbonización. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16).

| N°                            | $x_i$   | $(x_i - \bar{Lq})^2$ | <b>u</b> |
|-------------------------------|---------|----------------------|----------|
| <b>1</b>                      | 144,45  | 72,25                | 4.34     |
| <b>2</b>                      | 139,45  | 12,25                |          |
| <b>3</b>                      | 131,45  | 20,25                |          |
| <b>4</b>                      | 135,45  | 0,25                 |          |
| <b>5</b>                      | 130,45  | 30,25                |          |
| <b>6</b>                      | 139,45  | 12,25                |          |
| <b>7</b>                      | 135,45  | 0,25                 |          |
| <b>8</b>                      | 134,45  | 2,25                 |          |
| <b>9</b>                      | 142,45  | 42,25                |          |
| <b>10</b>                     | 135,45  | 0,25                 |          |
| <b>11</b>                     | 133,45  | 6,25                 |          |
| <b>12</b>                     | 129,45  | 42,25                |          |
| <b>13</b>                     | 131,45  | 20,25                |          |
| <b>14</b>                     | 139,45  | 12,25                |          |
| <b>15</b>                     | 134,45  | 2,25                 |          |
| <b>16</b>                     | 138,45  | 6,25                 |          |
| <b>SUMA</b>                   | 2175,20 | 282,00               |          |
| <b><math>\bar{Lq}</math></b>  | 135,95  |                      |          |
| <b>Lq mayor</b>               | 144,45  |                      |          |
| <b>Lq menor</b>               | 129,45  |                      |          |
| <b><math>\Delta Lq</math></b> | 7,50    |                      |          |

- Por lo tanto, el valor de incertidumbre para la longitud de carbonización de las 16 primeras muestras de las pruebas a lo largo es de 4.34 mm
- Mediante los cálculos de error e incertidumbre se determina el rango de la longitud de carbonización en milímetros para los especímenes (1-16)

$$Lq = \bar{Lq} + u \quad \text{Ec (30)}$$

$$Lq = (135.95 \pm 4.34) \text{ mm}$$

Tabla 3.3.12. Incertidumbre de la longitud de carbonización. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32).

| N°              | $x_i$   | $(x_i - \bar{Lq})^2$ | <b>u</b> |
|-----------------|---------|----------------------|----------|
| 17              | 140,45  | 1,41                 | 5.59     |
| 18              | 145,45  | 38,29                |          |
| 19              | 136,45  | 7,91                 |          |
| 20              | 138,45  | 0,66                 |          |
| 21              | 136,45  | 7,91                 |          |
| 22              | 142,45  | 10,16                |          |
| 23              | 133,45  | 33,79                |          |
| 24              | 147,45  | 67,04                |          |
| 25              | 144,45  | 26,91                |          |
| 26              | 136,45  | 7,91                 |          |
| 27              | 131,45  | 61,04                |          |
| 28              | 138,45  | 0,66                 |          |
| 29              | 129,45  | 96,29                |          |
| 30              | 144,45  | 26,91                |          |
| 31              | 147,45  | 67,04                |          |
| 32              | 135,45  | 14,54                |          |
| <b>SUMA</b>     | 2228,20 | 468,43               |          |
| $\bar{Lq}$      | 139,26  |                      |          |
| <b>Lq mayor</b> | 147,45  |                      |          |
| <b>Lq menor</b> | 129,45  |                      |          |
| $\Delta Lq$     | 9,00    |                      |          |

- Por lo tanto, el valor de incertidumbre para la longitud de carbonización de las 16 muestras restantes de las pruebas a lo largo es de 5.59 mm.
- Mediante los cálculos de error e incertidumbre se determina el rango de la longitud de carbonización en milímetros para los especímenes (17-32)

$$Lq = \bar{Lq} + u$$

Ec (31)

$$Lq = \bar{Lq} + u$$

$$Lq = (139.26 \pm 5.59) \text{ mm}$$

### 3.3.3.5 Tasa de combustión

$$B = 60x \left( \frac{D}{T} \right)$$

Ec (32)

Elementos:

B: tasa de combustión (mm/min)

D: longitud de carbonización (mm)

T: tiempo de combustión (s)

Los valores para determinar la tasa de combustión se toman del tiempo y distancia ajustados con sus respectivos errores de medición, tablas (3.3.13 y 3.3.14.), que muestran los resultados de la tasa de combustión:

Tabla 3.3.13. Tasa de combustión. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16).

| Nº | Tiempo de combustión residual ajustada (s) | Longitud de carbonización ajustada (mm) | Tasa de combustión $B=\{60 *(D/T )\}$ (mm/min) |
|----|--|---|--|
| 1  | 33,09                                      | 144,45                                  | 261,91   |
| 2  | 32,52                                      | 139,45                                  | 257,28   |
| 3  | 30,88                                      | 131,45                                  | 255,40   |
| 4  | 32,10                                      | 135,45                                  | 253,17   |
| 5  | 31,19                                      | 130,45                                  | 250,94   |
| 6  | 34,66                                      | 139,45                                  | 241,40   |
| 7  | 33,33                                      | 135,45                                  | 243,83   |
| 8  | 31,02                                      | 134,45                                  | 260,05   |
| 9  | 32,96                                      | 142,45                                  | 259,31   |
| 10 | 31,29                                      | 135,45                                  | 259,72   |
| 11 | 32,02                                      | 133,45                                  | 250,05   |
| 12 | 30,50                                      | 129,45                                  | 254,65   |
| 13 | 30,89                                      | 131,45                                  | 255,32   |
| 14 | 32,64                                      | 139,45                                  | 256,33   |
| 15 | 32,98                                      | 134,45                                  | 244,60   |
| 16 | 33,02                                      | 138,45                                  | 251,57   |

Tabla 3.3.14. Tasa de combustión. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32).

| Nº | Tiempo de combustión residual ajustada (s) | Longitud de carbonización ajustada (mm) | Tasa de combustión $B=\{60 *(D/T )\}$ (mm/min) |
|----|--|---|--|
| 17 | 25,00                                      | 140,45                                  | 337,07   |
| 18 | 27,60                                      | 145,45                                  | 316,18   |
| 19 | 28,01                                      | 136,45                                  | 292,28   |
| 20 | 29,74                                      | 138,45                                  | 279,31   |
| 21 | 29,35                                      | 136,45                                  | 278,93   |
| 22 | 28,55                                      | 142,45                                  | 299,36   |
| 23 | 27,94                                      | 133,45                                  | 286,57   |
| 24 | 28,03                                      | 147,45                                  | 315,61   |
| 25 | 31,02                                      | 144,45                                  | 279,39   |
| 26 | 29,63                                      | 136,45                                  | 276,30   |
| 27 | 24,01                                      | 131,45                                  | 328,47   |
| 28 | 30,88                                      | 138,45                                  | 269,00   |
| 29 | 27,97                                      | 129,45                                  | 277,68   |
| 30 | 33,00                                      | 144,45                                  | 262,63   |
| 31 | 31,99                                      | 147,45                                  | 276,55   |
| 32 | 30,91                                      | 135,45                                  | 262,92   |

### 3.3.3.6 Incertidumbre de la tasa de combustión

#### Análisis para especímenes de pruebas a lo largo (1-16)

➤ **Cálculo de la incertidumbre de la tasa de combustión común**

a) Se seleccionan los siguientes datos de cálculos previos:

$$\text{Promedio } \bar{L}_q = 135.95 \text{ mm}$$

$$\Delta L_q = 7.50 \text{ mm}$$

$$\text{Promedio } \bar{t} = 32.19 \text{ s}$$

$$\Delta t = 2.08 \text{ s}$$

b) Se determina el índice de inflamabilidad promedio a partir de:

$$\bar{I.I.} = \frac{\text{Longitud de carbonización } (\bar{L}_q)}{\text{Tiempo de combustión residual } (\bar{t})} \quad \text{Ec (13)}$$

$$\bar{I.I.} = 4.22 \text{ mm/s}$$

c) Luego se determina la variación del índice de inflamabilidad promedio mediante:

$$\overline{\Delta I.I.} = \text{abs} \left[ \bar{I.I.} \left( \frac{\Delta L_q}{\bar{L}_q} - \frac{\Delta t}{\bar{t}} \right) \right] \quad \text{Ec (34)}$$

$$\overline{\Delta I.I.} = \text{abs}[-0.04]$$

$$\overline{\Delta I.I.} = 0.04 \text{ mm/s}$$

d) Se tiene que la incertidumbre del índice de inflamabilidad común es:

$$I.I. = 4.22 \pm 0.04 \text{ mm/s}$$

➤ **Cálculo de la incertidumbre estándar combinada**

e) Coeficiente de sensibilidad de  $L_q$

$$\frac{1}{\bar{t}} = \frac{1}{32.19} = 0.03$$



f) Coeficiente de sensibilidad de t

$$\frac{\overline{Lq}}{\bar{t}^2} = \frac{135.95}{32.19^2} = 0.13$$

g) Se remplazan los datos y se calcula la incertidumbre

$$u_c = \sqrt{\left(\left(\frac{\partial I.I.}{\partial Lq} * u(Lq)\right)_A\right)^2 + \left(\left(\frac{\partial I.I.}{\partial Lq} * u(Lq)\right)_B\right)^2 + \left(\left(\frac{\partial I.I.}{\partial t} * u(t)\right)_A\right)^2 + \left(\left(\frac{\partial I.I.}{\partial t} * u(t)\right)_B\right)^2} \quad Ec (35)$$

$$u_c = 0.20$$

h) Por lo tanto, la incertidumbre estándar combinada de índice de inflamabilidad es:

$$I. I. = 4.22 \pm 0.20 \text{ mm/s}$$

### **Análisis para especímenes de pruebas a lo largo (17-32)**

➤ **Cálculo de la incertidumbre de la tasa de combustión común**

a) Se seleccionan los siguientes datos de cálculos previos:

$$\text{Promedio } \overline{Lq} = 139.26 \text{ mm}$$

$$\Delta Lq = 9.00 \text{ mm}$$

$$\text{Promedio } \bar{t} = 28.98 \text{ s}$$

$$\Delta t = 4.50 \text{ s}$$

b) Se determina el índice de inflamabilidad promedio a partir de:

$$\overline{I.I.} = \frac{\text{Longitud de carbonización } (\overline{Lq})}{\text{Tiempo de combustión residual } (\bar{t})} \quad Ec (36)$$

$$\overline{I.I.} = 4.81 \text{ mm/s}$$

c) Luego se determina la variación del índice de inflamabilidad promedio mediante:

$$\overline{\Delta I.I.} = \text{abs} \left[ \overline{I.I.} \left( \frac{\Delta Lq}{\overline{Lq}} - \frac{\Delta t}{\overline{t}} \right) \right] \quad \text{Ec (37)}$$

$$\overline{\Delta I.I.} = \text{abs}[-0.43]$$

$$\overline{\Delta I.I.} = 0.43 \text{ mm/s}$$

d) Se tiene que la incertidumbre del índice de inflamabilidad común es:

$$I. I. = 4.81 \pm 0.43 \text{ mm/s}$$

➤ **Cálculo de la incertidumbre estándar combinada**

e) Coeficiente de sensibilidad de Lq

$$\frac{1}{\overline{t}} = \frac{1}{28.98} = 0.03$$

f) Coeficiente de sensibilidad de t

$$\frac{\overline{Lq}}{\overline{t}^2} = \frac{139.26}{28.98^2} = 0.17$$

g) Se remplazan los datos y se calcula la incertidumbre

$$u_c = \sqrt{\left( \frac{\partial I.I.}{\partial Lq} * u(Lq) \right)_A^2 + \left( \frac{\partial I.I.}{\partial Lq} * u(Lq) \right)_B^2 + \left( \frac{\partial I.I.}{\partial t} * u(t) \right)_A^2 + \left( \frac{\partial I.I.}{\partial t} * u(t) \right)_B^2} \quad \text{Ec (38)}$$

$$u_c = 0.44$$

h) Por lo tanto, la incertidumbre estándar combinada de índice de inflamabilidad es:

$$I. I. = 4.81 \pm 0.44 \text{ mm/s}$$

### 3.3.3.7 Validación del método mediante software especializado

#### a) Análisis para pruebas a lo largo de los especímenes (1-16), (tabla 3.3.15).

Tabla 3.3.15. Evaluación del sistema de medición. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16).

| Fuente           | Desv.Est. (DE) | Var. estudio (6 × DE) | %Var. estudio (%VE) |
|------------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| Gage R&R total   | 1,63           | 9,81                  | 24,71               |
| Repetibilidad    | 1,63           | 9,81                  | 24,71               |
| Reproducibilidad | 0,00           | 0,00                  | 0,00                |
| Parte a parte    | 6,41           | 38,51                 | 96,90               |
| Variación total  | 6,62           | 39,74                 | 100,00              |

- En base a las recomendaciones propuestas por el manual del grupo AIAG, donde se establece que el porcentaje de la variación del estudio respecto a Gage R&R total es aceptable hasta un 30% de variación del sistema de medición respecto a la variación del estudio se concluye que debido a que el porcentaje de variación del estudio para pruebas a lo largo para los especímenes 1-16 es de 24.71% y por lo tanto es aceptable (tabla 3.3.15) y (figura 3.3.5.).
- La reproducibilidad es cero debido a que se realizan ensayos destructivos y los técnicos no pueden obtener resultados similares bajo el mismo sistema de medición y mismas condiciones.
- El porcentaje de contribución entre las partes es elevado, siendo de 96.9 % (cercano a 100%) por lo tanto, el sistema de medición es capaz de diferenciar entre las partes de forma confiable.

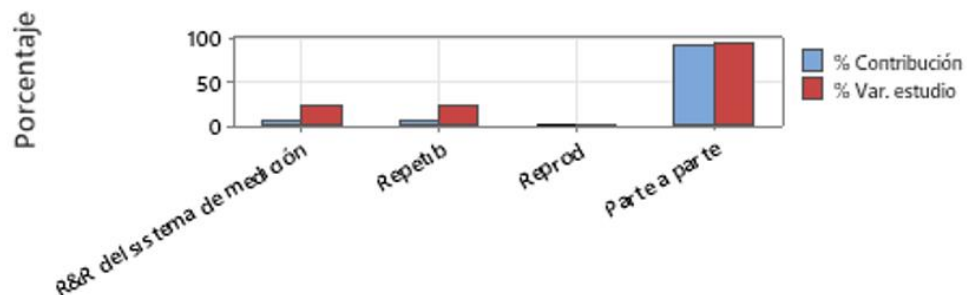


Fig. 3.3.5. Componentes de la variación. Pruebas a lo largo, especímenes (1-16).

**b) Análisis para pruebas a lo largo de los especímenes (17-32), (tabla 3.3.16.).**

Tabla 3.3.16. Evaluación del sistema de medición. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32).

| Fuente           | Desv.Est. (DE) | Var. estudio (6 × DE) | %Var. estudio (%VE) |
|------------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| Gage R&R total   | 3,79           | 22,77                 | 15,21               |
| Repetibilidad    | 3,79           | 22,77                 | 15,21               |
| Reproducibilidad | 0,00           | 0,00                  | 0,00                |
| Parte a parte    | 24,66          | 147,99                | 98,84               |
| Variación total  | 24,95          | 149,73                | 100,00              |

- En base a las recomendaciones propuestas por el manual del grupo AIAG, donde se establece que el porcentaje de la variación del estudio respecto a Gage R&R total es aceptable hasta un 30% de variación del sistema de medición respecto a la variación del estudio se concluye que debido a que el porcentaje de variación del estudio para pruebas a lo largo para los especímenes 17-32 es de 15.21% y por lo tanto es aceptable, (tabla 3.3.16) y (figura 3.3.6.).
- La reproducibilidad es cero debido a que se realizan ensayos destructivos y los técnicos no pueden obtener resultados similares bajo el mismo sistema de medición y mismas condiciones.
- El porcentaje de contribución entre las partes es elevado, siendo de 98.84 % (cercano a 100%) por lo tanto, el sistema de medición es capaz de diferenciar entre las partes de forma confiable.

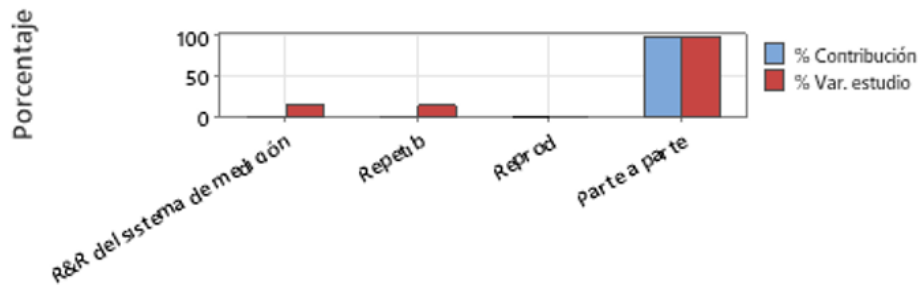


Fig. 3.3.6. Componentes de la variación. Pruebas a lo largo, especímenes (17-32).

### 3.3.4 Pruebas a lo ancho paralelo a los hilos de relleno

Las pruebas a lo ancho consisten en que el lado más largo del espécimen se encuentra en paralelo a los hilos de relleno del espécimen.

La tabla 3.3.17. integra los datos obtenidos tras el ensayo de inflamabilidad para las pruebas a lo ancho de los 16 primeros especímenes.

Tabla 3.3.17. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).




|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>LIM-UTA  |  |                                   |            |                          |        |
|---|--|-----------------------------------|------------|--------------------------|--------|
| REPORTE DE ENSAYO DE INFLAMABILIDAD VERTICAL  |  |                                   |            |                          |        |
| <b>Tipo de material</b>   | TEJIDO NAVALHADO   | <b>Fecha de ensayo</b>            | 01/06/2022 |                          |        |
| <b>Dimensión</b>  | 300x76x4 (mm)  | <b>Horario de entrada</b>         | 2 pm       | <b>Horario de salida</b> | 6 pm   |
| <b>Peso</b>   | 6.8 gr   |                                   |            |                          |        |
| <b>Volumen</b>  | 91200 mm <sup>3</sup>                                      |                                   |            |                          |        |
| <b>Cantidad de probetas</b>   | 32   | <b>Institución que realiza</b>    | LIM -UTA   | <b>Número ensayo</b>     | EIV-02 |
| <b>Dirección de las fibras</b>  | Hilos de relleno paralelos al lado más largo del espécimen |                                   |            |                          |        |
| <b>Acondicionamiento</b>  | ASTM D885  | <b>Horas de acondicionamiento</b> | 24 HORAS   |                          |        |
| <b>Temperatura</b>  | 24 °C  |                                   |            |                          |        |
| <b>Humedad relativa</b>   | 55 %   |                                   |            |                          |        |
|   |  |                                   |            |                          |        |

Fig. 3.3.7. Tejido navalhado antes del ensayo de inflamabilidad, cortado con la dirección de los hilos de relleno paralelos al lado más largo del espécimen.

Tabla 3.3.17. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo ancho, especímenes (1-16), (continuación).

| N ° | TIEMPO | DISTANCIA | ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD |
|-----|--------|-----------|--------------------------|
| 1   | 28,89  | 126,00    | 261,68                   |
| 2   | 29,17  | 130,00    | 267,40                   |
| 3   | 38,60  | 138,00    | 214,51                   |
| 4   | 35,12  | 134,00    | 228,93                   |
| 5   | 32,63  | 132,00    | 242,72                   |
| 6   | 31,29  | 128,00    | 245,45                   |
| 7   | 39,62  | 130,00    | 196,87                   |
| 8   | 39,96  | 139,00    | 208,71                   |
| 9   | 35,58  | 127,00    | 214,17                   |
| 10  | 34,36  | 126,00    | 220,02                   |
| 11  | 33,46  | 132,00    | 236,70                   |
| 12  | 30,89  | 125,00    | 242,80                   |
| 13  | 30,55  | 126,00    | 247,46                   |
| 14  | 28,75  | 127,00    | 265,04                   |
| 15  | 28,32  | 133,00    | 281,78                   |
| 16  | 27,62  | 130,00    | 282,40                   |

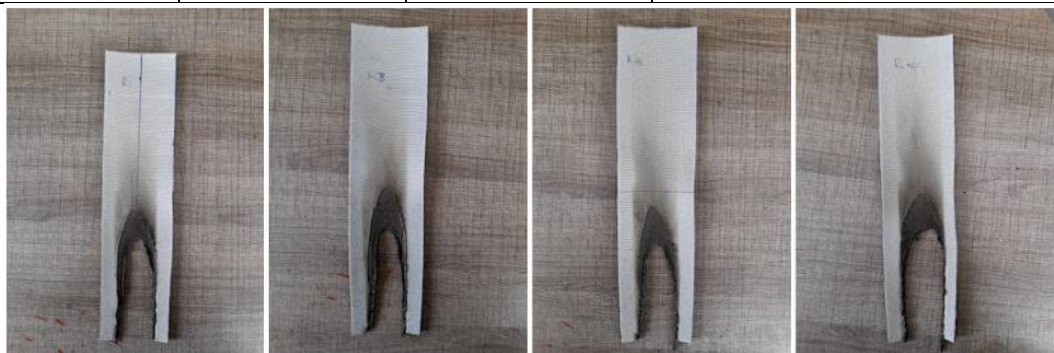




Fig. 3.3.8 Tejido navalhado después del ensayo de inflamabilidad.

Observaciones:

- Todas las muestras presentaron fusión o goteo
- Ninguna muestra presento resplandor residual

La tabla 3.3.18. integra los datos obtenidos tras el ensayo de inflamabilidad para las pruebas a lo ancho de los especímenes (17-32).

Tabla 3.3.18. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>LIM-UTA  |  |                                   |            |                          |        |
|---|--|-----------------------------------|------------|--------------------------|--------|
| REPORTE DE ENSAYO DE INFLAMABILIDAD VERTICAL  |  |                                   |            |                          |        |
| <b>Tipo de material</b>   | TEJIDO NAVALHADO   | <b>Fecha de ensayo</b>            | 02/06/2022 |                          |        |
| <b>Dimensión</b>  | 300x76x4 (mm)  | <b>Horario de entrada</b>         | 8 am       | <b>Horario de salida</b> | 1 pm   |
| <b>Peso</b>   | 6.8 gr   |                                   |            |                          |        |
| <b>Volumen</b>  | 91200 mm <sup>3</sup>                                      |                                   |            |                          |        |
| <b>Cantidad de probetas</b>   | 32   | <b>Institución que realiza</b>    | LIM -UTA   | <b>Número ensayo</b>     | EIV-04 |
| <b>Dirección de las fibras</b>  | Hilos de relleno paralelos al lado más largo del espécimen |                                   |            |                          |        |
| <b>Acondicionamiento</b>  | ASTM D885  | <b>Horas de acondicionamiento</b> | 48 HORAS   |                          |        |
| <b>Temperatura</b>  | 21 °C  |                                   |            |                          |        |
| <b>Humedad relativa</b>   | 55 %   |                                   |            |                          |        |

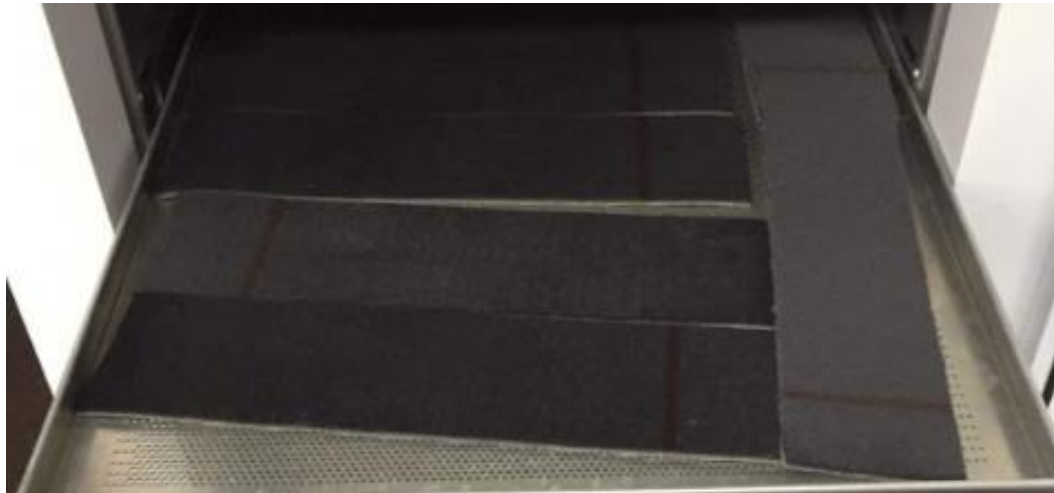


Fig. 3.3.9. Tejido navalhado antes del ensayo de inflamabilidad, cortado con la dirección de los hilos de urdiembre paralelos al lado más largo.

Tabla 3.3.18. Resultados de los ensayos de inflamabilidad vertical para pruebas a lo ancho, especímenes (17-32), (continuación).

| <b>N ° DE ESPÉCIMEN</b> | <b>TIEMPO</b> | <b>DISTANCIA</b> | <b>ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD</b> |
|-------------------------|---------------|------------------|---------------------------------|
| 17                      | 30,95         | 125,00           | 395,78                          |
| 18                      | 36,62         | 140,00           | 304,13                          |
| 19                      | 35,20         | 135,00           | 334,71                          |
| 20                      | 26,54         | 134,00           | 356,70                          |
| 21                      | 34,38         | 140,00           | 344,54                          |
| 22                      | 30,02         | 132,00           | 304,38                          |
| 23                      | 27,76         | 138,00           | 309,42                          |
| 24                      | 35,76         | 127,00           | 334,80                          |
| 25                      | 36,88         | 130,00           | 356,49                          |
| 26                      | 30,18         | 128,00           | 305,00                          |
| 27                      | 29,30         | 138,00           | 340,74                          |
| 28                      | 28,58         | 139,00           | 302,39                          |
| 29                      | 36,45         | 132,00           | 369,23                          |
| 30                      | 33,95         | 125,00           | 312,50                          |
| 31                      | 37,13         | 133,00           | 305,40                          |
| 32                      | 29,33         | 140,00           | 307,35                          |



Fig. 3.3.10 Tejido navalhado después del ensayo de inflamabilidad.

Observaciones:

- Todas las muestras presentaron fusión o goteo
- Ninguna muestra presento resplandor residual



### 3.3.4.1 Corrección de la medición del tiempo de combustión residual

Para determinar el error del tiempo de combustión residual se constata con el (ANEXO 23) de calibración del cronometro SPER SCIENTIFIC, modelo 810033, código E-17281 obtenido por el laboratorio de inflamabilidad LIM UTA mediante ELICROM donde en función del tiempo transcurrido se seleccionó un error de 0.149 s.Tablas (3.3.19. y 3.3.20) que especifican los valores ajustados del tiempo de combustión residual:

Tabla 3.3.19. Tiempo de inflamabilidad residual corregido. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).

| N° | Tiempo de combustión residual (s) | Tiempo de combustión residual menos el error de medición (s) |
|----|-----------------------------------|--|
| 1  | 28,89                             | 28,74  |
| 2  | 29,17                             | 29,02  |
| 3  | 38,60                             | 38,45  |
| 4  | 35,12                             | 34,97  |
| 5  | 32,63                             | 32,48  |
| 6  | 31,29                             | 31,14  |
| 7  | 39,62                             | 39,47  |
| 8  | 39,96                             | 39,81  |
| 9  | 35,58                             | 35,43  |
| 10 | 34,36                             | 34,21  |
| 11 | 33,46                             | 33,31  |
| 12 | 30,89                             | 30,74  |
| 13 | 30,55                             | 30,40  |
| 14 | 28,75                             | 28,60  |
| 15 | 28,32                             | 28,17  |
| 16 | 27,62                             | 27,47  |

Tabla 3.3.20. Tiempo de inflamabilidad residual corregido. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).

| N° | Tiempo de combustión residual (s) | Tiempo de combustión residual menos el error de medición (s) |
|----|-----------------------------------|--|
| 17 | 30,95                             | 30,80  |
| 18 | 36,62                             | 36,47  |
| 19 | 35,20                             | 35,05  |
| 20 | 26,54                             | 26,39  |
| 21 | 34,38                             | 34,23  |
| 22 | 30,02                             | 29,87  |
| 23 | 27,76                             | 27,61  |
| 24 | 35,76                             | 35,61  |
| 25 | 36,88                             | 36,73  |
| 26 | 30,18                             | 30,03  |
| 27 | 29,30                             | 29,15  |
| 28 | 28,58                             | 28,43  |
| 29 | 36,45                             | 36,30  |
| 30 | 33,95                             | 33,80  |
| 31 | 37,13                             | 36,98  |
| 32 | 29,33                             | 29,18  |

### 3.3.4.2 Incertidumbre del tiempo

Conceptos implementados:

$n$  = número de muestras

$x_i$  = tiempos de combustión residual

$\bar{t}$  = promedio de tiempos de combustión residual

$u$  = incertidumbre

Pasos para el cálculo de la incertidumbre del tiempo de combustión residual:

- a) Determinar el promedio de mediciones

$$\bar{t} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{Ec (39)}$$

- b) Realizar una diferencia entre los valores del tiempo de combustión residual de cada espécimen y el promedio de mediciones, luego se eleva esta cifra al cuadrado

$$(x_i - \bar{t})^2 \quad \text{Ec (40)}$$

- c) Realizar una sumatoria de la diferencia de cuadrados de todas las mediciones

$$\sum (x_i - \bar{t})^2 \quad \text{Ec (41)}$$

- d) Finalmente se remplazan los valores obtenidos anteriormente, para determinar el valor de la incertidumbre del conjunto de datos seleccionados

$$u(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_i - \bar{t})^2}{n - 1}} \quad \text{Ec (42)}$$

- Resultados de la incertidumbre del tiempo, tablas (3.3.21. y 3.3.22).

Tabla 3.3.21. Incertidumbre del tiempo de inflamabilidad residual. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).

| N°             | $x_i$  | $(x_i - \bar{t})^2$ | <b>u</b> |
|----------------|--------|---------------------|----------|
| 1              | 28,74  | 15,29               | 4.08     |
| 2              | 29,02  | 13,18               |          |
| 3              | 38,45  | 33,63               |          |
| 4              | 34,97  | 5,38                |          |
| 5              | 32,48  | 0,03                |          |
| 6              | 31,14  | 2,28                |          |
| 7              | 39,47  | 46,50               |          |
| 8              | 39,81  | 51,26               |          |
| 9              | 35,43  | 7,72                |          |
| 10             | 34,21  | 2,43                |          |
| 11             | 33,31  | 0,43                |          |
| 12             | 30,74  | 3,65                |          |
| 13             | 30,40  | 5,07                |          |
| 14             | 28,60  | 16,41               |          |
| 15             | 28,17  | 20,08               |          |
| 16             | 27,47  | 26,84               |          |
| <b>SUMA</b>    | 522,41 | 250,19              |          |
| $\bar{t}$      | 29,02  |                     |          |
| <b>t mayor</b> | 39,81  |                     |          |
| <b>t menor</b> | 27,47  |                     |          |
| $\Delta t$     | 6,17   |                     |          |

- Por lo tanto, el valor de incertidumbre para el tiempo de combustión residual de las 16 primeras muestras de las pruebas a lo ancho es de 4.08 s
- Mediante los cálculos de error e incertidumbre se determina el rango del tiempo de combustión residual en segundos para los especímenes (1-16)

$$t = \bar{t} + u \quad \text{Ec (23)}$$

$$t = (29.02 \pm 4.08) \text{ s}$$

Tabla 3.3.22. Incertidumbre del tiempo de inflamabilidad residual. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).

| N°             | $x_i$  | $(x_i - \bar{t})^2$ | <b>u</b> |
|----------------|--------|---------------------|----------|
| 17             | 30,80  | 2,22                | 3.69     |
| 18             | 36,47  | 17,48               |          |
| 19             | 35,05  | 7,62                |          |
| 20             | 26,39  | 34,80               |          |
| 21             | 34,23  | 3,77                |          |
| 22             | 29,87  | 5,85                |          |
| 23             | 27,61  | 21,90               |          |
| 24             | 35,61  | 11,03               |          |
| 25             | 36,73  | 19,72               |          |
| 26             | 30,03  | 5,10                |          |
| 27             | 29,15  | 9,86                |          |
| 28             | 28,43  | 14,89               |          |
| 29             | 36,30  | 16,09               |          |
| 30             | 33,80  | 2,28                |          |
| 31             | 36,98  | 22,00               |          |
| 32             | 29,18  | 9,67                |          |
| <b>SUMA</b>    | 516,65 | 204,27              |          |
| $\bar{t}$      | 32.29  |                     |          |
| <b>t mayor</b> | 26.98  |                     |          |
| <b>t menor</b> | 26.39  |                     |          |
| $\Delta t$     | 5.30   |                     |          |

- Por lo tanto, el valor de incertidumbre para el tiempo de combustión residual de las 16 muestras restantes de las pruebas a lo largo es de 3.69 s
- Mediante los cálculos de error e incertidumbre se determina el rango del tiempo de combustión residual en segundos para los especímenes (17-32)

$$t = \bar{t} + u$$

Ec (44)

$$t = (32.29 \pm 3.69) \text{ s}$$

### 3.3.4.3 Corrección de la medición de la longitud de carbonización

Para determinar el error de la longitud de carbonización se verifica con el (ANEXO 24) de calibración de la regla FENIX, código E-13114 obtenido por el laboratorio de inflamabilidad LIM UTA mediante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano donde en función de la longitud de medición se selecciona un error de -0.055 cm o -0.55 mm.

Tablas (3.3.23. y 3.3.24), que contienen los valores ajustados de longitud de carbonización.

Tabla 3.3.23. Longitud de carbonización corregida. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).

| N° | Longitud de carbonización (mm) | Longitud de carbonización menos el error de medición (mm) |
|----|--------------------------------|---|
| 1  | 126,00                         | 125,45  |
| 2  | 130,00                         | 129,45  |
| 3  | 138,00                         | 137,45  |
| 4  | 134,00                         | 133,45  |
| 5  | 132,00                         | 131,45  |
| 6  | 128,00                         | 127,45  |
| 7  | 130,00                         | 129,45  |
| 8  | 139,00                         | 138,45  |
| 9  | 127,00                         | 126,45  |
| 10 | 126,00                         | 125,45  |
| 11 | 132,00                         | 131,45  |
| 12 | 125,00                         | 124,45  |
| 13 | 126,00                         | 125,45  |
| 14 | 127,00                         | 126,45  |
| 15 | 133,00                         | 132,45  |
| 16 | 130,00                         | 129,45  |

Tabla 3.3.24. Longitud de carbonización corregida. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).

| N° | Longitud de carbonización (mm) | Longitud de carbonización menos el error de medición (mm) |
|----|--------------------------------|---|
| 17 | 125,00                         | 124,45  |
| 18 | 140,00                         | 139,45  |
| 19 | 135,00                         | 134,45  |
| 20 | 134,00                         | 133,45  |
| 21 | 140,00                         | 139,45  |
| 22 | 132,00                         | 131,45  |
| 23 | 138,00                         | 137,45  |
| 24 | 127,00                         | 126,45  |
| 25 | 130,00                         | 129,45  |
| 26 | 128,00                         | 127,45  |
| 27 | 138,00                         | 137,45  |
| 28 | 139,00                         | 138,45  |
| 29 | 132,00                         | 131,45  |
| 30 | 125,00                         | 124,45  |
| 31 | 133,00                         | 132,45  |
| 32 | 140,00                         | 139,45  |

#### 3.3.4.4 Incertidumbre de la longitud de carbonización

Conceptos implementados:

n = número de muestras

$x_i$  = longitudes de carbonización

$\bar{Lq}$  = promedio de las longitudes de carbonización

$u$  = incertidumbre

A continuación, se definen los pasos para el cálculo de la incertidumbre de la longitud de carbonización:

- a) Determinar el promedio de mediciones

$$\bar{Lq} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{Ec (45)}$$

- b) Realizar una diferencia entre los valores de la longitud de carbonización de cada espécimen y el promedio de mediciones, luego se eleva esta cifra al cuadrado

$$(x_i - \bar{Lq})^2 \quad \text{Ec (46)}$$

- c) Realizar una sumatoria de la diferencia de cuadrados de todas las mediciones

$$\sum (x_i - \bar{Lq})^2 \quad \text{Ec (47)}$$

- d) Finalmente se remplazan los valores obtenidos anteriormente, para determinar el valor de la incertidumbre del conjunto de datos seleccionados

$$u(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_i - \bar{Lq})^2}{n - 1}} \quad \text{Ec (48)}$$

- Resultados del cálculo de la incertidumbre de la longitud de carbonización, tablas (3.3.25. y 3.3.26.).

Tabla 3.3.25. Incertidumbre de la longitud de carbonización. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).

| N°              | $x_i$  | $(x_i - \bar{Lq})^2$ | <b>u</b> |
|-----------------|--------|----------------------|----------|
| 1               | 125,45 | 17,54                | 4,26     |
| 2               | 129,45 | 0,04                 |          |
| 3               | 137,45 | 61,04                |          |
| 4               | 133,45 | 14,54                |          |
| 5               | 131,45 | 3,29                 |          |
| 6               | 127,45 | 4,79                 |          |
| 7               | 129,45 | 0,04                 |          |
| 8               | 138,45 | 77,66                |          |
| 9               | 126,45 | 10,16                |          |
| 10              | 125,45 | 17,54                |          |
| 11              | 131,45 | 3,29                 |          |
| 12              | 124,45 | 26,91                |          |
| 13              | 125,45 | 17,54                |          |
| 14              | 126,45 | 10,16                |          |
| 15              | 132,45 | 7,91                 |          |
| 16              | 129,45 | 0,04                 |          |
| <b>SUMA</b>     | 2074,2 | 272,43               |          |
| $\bar{Lq}$      | 129,64 |                      |          |
| <b>Lq mayor</b> | 138,45 |                      |          |
| <b>Lq menor</b> | 124,45 |                      |          |
| $\Delta Lq$     | 7,00   |                      |          |

- Por lo tanto, el valor de incertidumbre para las 16 primeras muestras de las pruebas a lo ancho es de 4.26 mm
- Mediante los cálculos de error e incertidumbre se determina el rango de la longitud de carbonización en milímetros para los especímenes (1-16)

$$Lq = \bar{Lq} + u$$

Ec (49)

$$Lq = (129.64 \pm 4.26) \text{ mm}$$

Tabla 3.3.26. Incertidumbre de la longitud de carbonización. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).

| N°              | $x_i$  | $(x_i - \bar{Lq})^2$ | <b>u</b> |
|-----------------|--------|----------------------|----------|
| 17              | 124,45 | 72,25                | 5.38     |
| 18              | 139,45 | 42,25                |          |
| 19              | 134,45 | 2,25                 |          |
| 20              | 133,45 | 0,25                 |          |
| 21              | 139,45 | 42,25                |          |
| 22              | 131,45 | 2,25                 |          |
| 23              | 137,45 | 20,25                |          |
| 24              | 126,45 | 42,25                |          |
| 25              | 129,45 | 12,25                |          |
| 26              | 127,45 | 30,25                |          |
| 27              | 137,45 | 20,25                |          |
| 28              | 138,45 | 30,25                |          |
| 29              | 131,45 | 2,25                 |          |
| 30              | 124,45 | 72,25                |          |
| 31              | 132,45 | 0,25                 |          |
| 32              | 139,45 | 42,25                |          |
| <b>SUMA</b>     | 2127,2 | 434                  |          |
| $\bar{Lq}$      | 132.95 |                      |          |
| <b>Lq mayor</b> | 139.45 |                      |          |
| <b>Lq menor</b> | 124.45 |                      |          |
| $\Delta Lq$     | 7.50   |                      |          |

- Por lo tanto, el valor de incertidumbre para las 16 muestras restantes de las pruebas a lo largo es de 5.38 mm
- Mediante los cálculos de error e incertidumbre se determina el rango de la longitud de carbonización en milímetros para los especímenes (17-32)

$$Lq = \bar{Lq} + u$$

Ec (50)

$$Lq = (132.95 \pm 5.38) \text{ mm}$$



### 3.3.4.5 Tasa de combustión

Se determina mediante:

$$B = 60x \left( \frac{D}{T} \right) \quad \text{Ec (51)}$$

Los valores para determinar la tasa de combustión se toman del tiempo y distancia ajustados con sus respectivos errores de medición, tablas (3.3.27 y 3.3.28.), que muestran los resultados de la tasa de combustión:

Tabla 3.3.27. Tasa de combustión de pruebas a lo ancho. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).

| Nº | Tiempo de combustión residual ajustado (s) | Longitud de carbonización ajustada (mm) | Tasa de combustión $B=\{60 \cdot (D/T)\}$ (mm/min) |
|----|--|---|--|
| 1  | 28,74                                      | 125,45                                  | 261,89   |
| 2  | 29,02                                      | 129,45                                  | 267,63   |
| 3  | 38,45                                      | 137,45                                  | 214,48   |
| 4  | 34,97                                      | 133,45                                  | 228,96   |
| 5  | 32,48                                      | 131,45                                  | 242,82   |
| 6  | 31,14                                      | 127,45                                  | 245,56   |
| 7  | 39,47                                      | 129,45                                  | 196,78   |
| 8  | 39,81                                      | 138,45                                  | 208,66   |
| 9  | 35,43                                      | 126,45                                  | 214,13   |
| 10 | 34,21                                      | 125,45                                  | 220,02   |
| 11 | 33,31                                      | 131,45                                  | 236,77   |
| 12 | 30,74                                      | 124,45                                  | 242,90   |
| 13 | 30,40                                      | 125,45                                  | 247,59   |
| 14 | 28,60                                      | 126,45                                  | 265,27   |
| 15 | 28,17                                      | 132,45                                  | 282,10   |
| 16 | 27,47                                      | 129,45                                  | 282,73   |

Tabla 3.3.28. Tasa de combustión de pruebas a lo ancho. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).

| Nº | Tiempo de combustión residual ajustado (s) | Longitud de carbonización ajustada (mm) | Tasa de combustión $B=\{60 \cdot (D/T)\}$ (mm/min) |
|----|--|---|--|
| 17 | 30,80                                      | 124,45                                  | 242,43   |
| 18 | 36,47                                      | 139,45                                  | 229,42   |
| 19 | 35,05                                      | 134,45                                  | 230,15   |
| 20 | 26,39                                      | 133,45                                  | 303,40   |
| 21 | 34,23                                      | 139,45                                  | 244,43   |
| 22 | 29,87                                      | 131,45                                  | 264,04   |
| 23 | 27,61                                      | 137,45                                  | 298,69   |
| 24 | 35,61                                      | 126,45                                  | 213,05   |
| 25 | 36,73                                      | 129,45                                  | 211,46   |
| 26 | 30,03                                      | 127,45                                  | 254,64   |
| 27 | 29,15                                      | 137,45                                  | 282,91   |
| 28 | 28,43                                      | 138,45                                  | 292,18   |
| 29 | 36,30                                      | 131,45                                  | 217,27   |
| 30 | 33,80                                      | 124,45                                  | 220,91   |
| 31 | 36,98                                      | 132,45                                  | 214,89   |
| 32 | 29,18                                      | 139,45                                  | 286,73   |

### 3.3.4.6 Incertidumbre de la tasa de combustión

#### Análisis para pruebas a lo ancho, especímenes (1-16)

➤ **Cálculo de la incertidumbre de la tasa de combustión común**

a) Se seleccionan los siguientes datos de cálculos previos:

$$\text{Promedio } \overline{Lq} = 129.64 \text{ mm}$$

$$\Delta Lq = 7.00 \text{ mm}$$

$$\text{Promedio } \bar{t} = 32.65 \text{ s}$$

$$\Delta t = 6.17 \text{ s}$$

b) Se determina el índice de inflamabilidad promedio a partir de:

$$\overline{I.I.} = \frac{\text{Longitud de carbonización } (\overline{Lq})}{\text{Tiempo de combustión residual } (\bar{t})} \quad \text{Ec (52)}$$

$$\overline{I.I.} = 3.97 \text{ mm/s}$$

c) Luego se determina la variación del índice de inflamabilidad promedio mediante:

$$\overline{\Delta I.I.} = \text{abs} \left[ \overline{I.I.} \left( \frac{\Delta Lq}{\overline{Lq}} - \frac{\Delta t}{\bar{t}} \right) \right] \quad \text{Ec (33)}$$

$$\overline{\Delta I.I.} = \text{abs}[-0.54]$$

$$\overline{\Delta I.I.} = 0.54 \text{ mm/s}$$

d) Se tiene que la incertidumbre del índice de inflamabilidad común es:

$$I.I. = 3.97 \pm 0.54 \text{ mm/s}$$

➤ **Cálculo de la incertidumbre estándar combinada**

e) Coeficiente de sensibilidad de Lq

$$\frac{1}{\bar{t}} = \frac{1}{32.65} = 0.03$$

f) Coeficiente de sensibilidad de t

$$\frac{\bar{Lq}}{\bar{t}^2} = \frac{129.64}{32.65^2} = 0.12$$

g) Se rempazan los datos y se calcula la incertidumbre

$$u_c = \sqrt{\left(\left(\frac{\partial I. I.}{\partial Lq} * u(Lq)\right)_A\right)^2 + \left(\left(\frac{\partial I. I.}{\partial Lq} * u(Lq)\right)_B\right)^2 + \left(\left(\frac{\partial I. I.}{\partial t} * u(t)\right)_A\right)^2 + \left(\left(\frac{\partial I. I.}{\partial t} * u(t)\right)_B\right)^2} \quad Ec (54)$$

$$u_c = 0.51$$

h) Por lo tanto, la incertidumbre estándar combinada de índice de inflamabilidad es:

$$I. I. = 3.97 \pm 0.51 \text{ mm/s}$$

**Análisis para pruebas a lo ancho, especímenes (17-32)**

➤ **Cálculo de la incertidumbre de la tasa de combustión común**

a) Se seleccionan los siguientes datos de cálculos previos:

$$\text{Promedio } \bar{Lq} = 132.95 \text{ mm}$$

$$\Delta Lq = 7.50 \text{ mm}$$

$$\text{Promedio } \bar{t} = 32.29 \text{ s}$$

$$\Delta t = 5.30 \text{ s}$$

b) Se determina el índice de inflamabilidad promedio a partir de:

$$\bar{I.I.} = \frac{\text{Longitud de carbonización } (\bar{Lq})}{\text{Tiempo de combustión residual } (\bar{t})} \quad \text{Ec (55)}$$

$$\bar{I.I.} = 4.12 \text{ mm/s}$$

- c) Luego se determina la variación del índice de inflamabilidad promedio mediante:

$$\Delta \bar{I.I.} = \text{abs} \left[ \bar{I.I.} \left( \frac{\Delta Lq}{\bar{Lq}} - \frac{\Delta t}{\bar{t}} \right) \right] \quad \text{Ec (56)}$$

$$\Delta \bar{I.I.} = \text{abs}[-0.44]$$

$$\Delta \bar{I.I.} = 0.44 \text{ mm/s}$$

- d) Se tiene que la incertidumbre del índice de inflamabilidad común es:

$$I.I. = 4.12 \pm 0.44 \text{ mm/s}$$

➤ **Cálculo de la incertidumbre estándar combinada**

- e) Coeficiente de sensibilidad de Lq

$$\frac{1}{\bar{t}} = \frac{1}{32.29} = 0.031$$

- f) Coeficiente de sensibilidad de t

$$\frac{\bar{Lq}}{\bar{t}^2} = \frac{132.95}{32.29^2} = 0.128$$

- g) Se reemplazan los datos y se calcula la incertidumbre

$$u_c = \sqrt{\left( \frac{\partial I.I.}{\partial Lq} * u(Lq) \right)_A^2 + \left( \frac{\partial I.I.}{\partial Lq} * u(Lq) \right)_B^2 + \left( \frac{\partial I.I.}{\partial t} * u(t) \right)_A^2 + \left( \frac{\partial I.I.}{\partial t} * u(t) \right)_B^2} \quad \text{Ec (57)}$$

$$u_c = 0.45$$

- h) Por lo tanto, la incertidumbre estándar combinada de índice de inflamabilidad es:

$$I. I. = 4.12 \pm 0.45 \text{ mm/s}$$

### 3.3.4.7 Validación del método mediante software especializado

#### a) Análisis para pruebas a lo ancho de los especímenes (1-16), (tabla 3.3.29).

Tabla 3.3.29. Evaluación del sistema de medición. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16).

| Fuente           | Desv.Est. (DE) | Var. estudio (6 × DE) | %Var. estudio (%VE) |
|------------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| Gage R&R total   | 5,45           | 32,70                 | 19,38               |
| Repetibilidad    | 5,45           | 32,70                 | 19,38               |
| Reproducibilidad | 0,00           | 0,00                  | 0,00                |
| Parte a parte    | 27,59          | 165,57                | 98,10               |
| Variación total  | 28,12          | 168,77                | 100,00              |

- En base a las recomendaciones propuestas por el manual del grupo AIAG, donde se establece que el porcentaje de la variación del estudio respecto a Gage R&R total es aceptable hasta un 30% de variación del sistema de medición respecto a la variación del estudio se concluye que debido a que el porcentaje de variación del estudio para pruebas a lo largo para los especímenes 1-16 es de 19.38% y por lo tanto es aceptable, (tabla 3.3.29) y (figura 3.3.11).
- La reproducibilidad es cero debido a que se realizan ensayos destructivos y los técnicos no pueden obtener resultados similares bajo el mismo sistema de medición y mismas condiciones.
- El porcentaje de contribución entre las partes es elevado, siendo de 98.10 % (cerca a 100%) por lo tanto, el sistema de medición es capaz de diferenciar entre las partes de forma confiable.

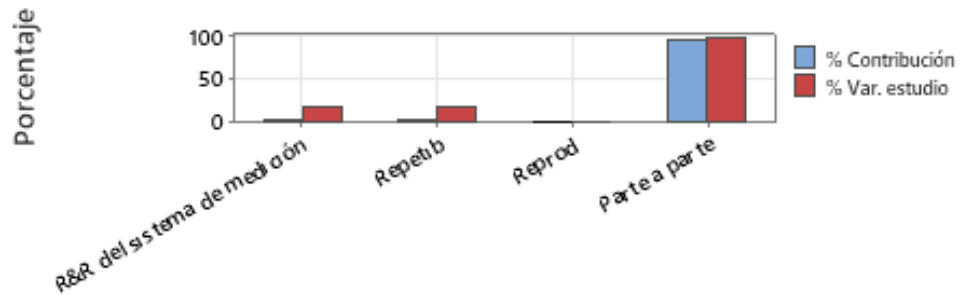


Fig. 3.3.11. Componentes de la variación. Pruebas a lo ancho, especímenes (1-16)

**b) Análisis para pruebas a lo ancho de los especímenes (17-32),(tabla 3.3.30.).**

Tabla 3.3.30. Evaluación del sistema de medición. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).

| Fuente           | Desv.Est. (DE) | Var. estudio (6 × DE) | %Var. estudio (%VE) |
|------------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| Gage R&R total   | 4,48           | 26,90                 | 20,42               |
| Repetibilidad    | 4,48           | 26,90                 | 20,42               |
| Reproducibilidad | 0,00           | 0,00                  | 0,00                |
| Parte a parte    | 21,50          | 129,01                | 97,89               |
| Variación total  | 21,96          | 131,79                | 100,00              |

- En base a las recomendaciones propuestas por el manual del grupo AIAG, donde se establece que el porcentaje de la variación del estudio respecto a Gage R&R total es aceptable hasta un 30% de variación del sistema de medición respecto a la variación del estudio se concluye que debido a que el porcentaje de variación del estudio para pruebas a lo largo para los especímenes 17-32 es de 20.42% y por lo tanto es aceptable, (tabla 3.3.30) y (figura 3.3.12).
- La reproducibilidad es cero debido a que se realizan ensayos destructivos y los técnicos no pueden obtener resultados similares bajo el mismo sistema de medición y mismas condiciones.
- El porcentaje de contribución entre las partes es elevado, siendo de 97.89 % (cercano a 100%) por lo tanto, el sistema de medición es capaz de diferenciar entre las partes de forma confiable.

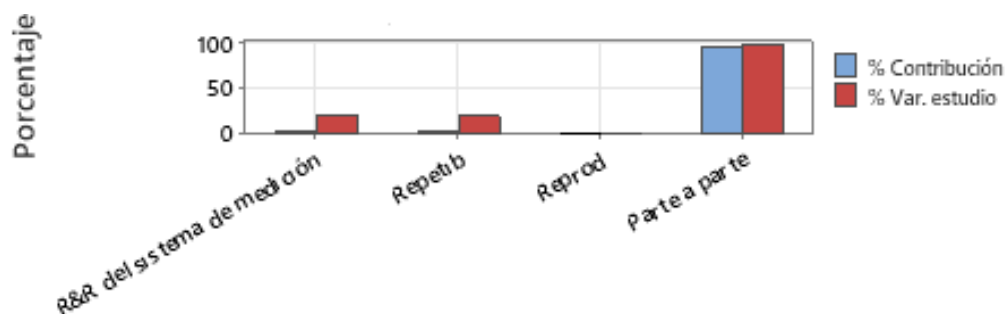


Fig. 3.3.12. Componentes de la variación. Pruebas a lo ancho, especímenes (17-32).

### 3.4 Implementación de la documentación técnica

#### 3.4.1 Requisitos generales

De acuerdo con la normativa establecida por la NTE INEN-ISO/IEC 17025, donde establece los requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo se establece dos puntos importantes como lo son la imparcialidad y confidencialidad que de acuerdo con los subtemas tratados se destaca que:

##### 3.4.1.1 Imparcialidad

El laboratorio de inflamabilidad LIM UTA y su dirección son responsables del desempeño de sus actividades de forma estructurada e imparcial, además, el laboratorio es capaz de identificar riesgos relacionados a su imparcialidad y eliminarlos o minimizarlos, para lo que se desarrolló la matriz de riesgos de imparcialidad (ANEXO 25) y procedimiento para gestión de imparcialidad (ANEXO 26).

##### 3.4.1.2 Confidencialidad

El laboratorio debe dialogar con el cliente si pretende socializar información al público y respetar la voluntad del cliente si este considera que existe información confidencial, se cuenta con una carta de confidencialidad (ANEXO 27). Si al laboratorio se le solicita por ley revelar información, este debe comunicarle al cliente a menos que la ley lo prohíba. La información obtenida por fuentes ajenas al cliente será confidencial entre la fuente y el laboratorio a menos que la fuente decida lo contrario.

### **3.4.2 Requisitos relativos a los recursos**

#### **3.4.2.1 Personal**

Se ha desarrollado el documento para seleccionar, formar, supervisar y autorizar al personal (**ANEXO 28**) el cual permite documentar los requerimientos de competencia para cada área de trabajo en el laboratorio, considerando los requerimientos de formación, educación, conocimiento técnico, experiencia, habilidades y calificación. Factores que aseguran la competencia del personal para la ejecución de actividades en el laboratorio.

La evaluación de perfiles profesionales se realiza mediante el (**ANEXO 29**), el cual evalúa educación, formación, habilidades y experiencia para los puestos de director, coordinador, técnico y secretaria, con la finalidad de seleccionar al personal que tendrá el mejor desempeño en el área profesional.

El laboratorio cuenta con directivos los cuales se encarga de gestionar los procedimientos y asignar al personal a determinados trabajos, razón por la cual se a generado el organigrama del laboratorio de inflamabilidad (**ANEXO 30**), donde interviene el orden jerárquico de las diferentes autoridades competentes: rector, decano, director, coordinador, técnico y secretaria para el manejo de determinadas actividades.

En cuanto a la delimitación de funciones y responsabilidades pertenecientes al personal del laboratorio de inflamabilidad, se genera el manual de funciones (**ANEXO 31**) el cual tiene el propósito de mantener un control adecuado de todo el personal, mejorando la gestión técnica y administrativa.

#### **3.4.2.2 Instalaciones y condiciones ambientales**

Con el objetivo de instaurar tanto las instalaciones como condiciones ambientales para el laboratorio de inflamabilidad LIM UTA se ha diseñado el documento para instalaciones y condiciones ambientales (**ANEXO 32**), el cual es aplicable a todo el laboratorio de inflamabilidad. Lo cual permitirá la reducción de agentes negativos tales como contaminación microbiana, perturbaciones electromagnéticas, polvo, humedad, radiación y vibraciones.



Las instalaciones, así como las condiciones ambientales deben encontrarse en un estado óptimo, el cual no afecte negativamente la validez de los ensayos. Adicionalmente el laboratorio debe documentar los requerimientos para sus instalaciones y condiciones ambientales con el propósito de llevar a cabo sus actividades de manera segura.

En cuanto al procedimiento de acceso junto con las reglas de autorización para el uso del laboratorio que debe cumplir cualquier miembro del personal que trabaje dentro del laboratorio de inflamabilidad, se ha desarrollado el documento para procedimiento de acceso, reglas de autorización y uso del laboratorio (**ANEXO 33**), este procedimiento está enfocado a todo personal que se halle directamente relacionado con las actividades desarrolladas por el laboratorio de inflamabilidad. En este documento se señalan las principales funciones que debe cumplir el personal de acuerdo con su respectivo cargo para garantizar el acceso adecuado, autorización y reglas de la instalación, tales como manipulación de maquinaria, consumo de alimentos o bebidas, uso de vestimenta adecuada, manejo de herramientas y acondicionamiento de probetas, etc.

#### **3.4.2.3 Equipamiento**

Es importante definir las características técnicas de los diferentes equipos así como las herramientas implementadas en el laboratorio de inflamabilidad, es por esta razón que se ha creado el documento de fichas técnicas (**ANEXO 34**), en este documento se definen las principales características de los equipos o herramientas, tales como: si se trata de una máquina, equipo o sistema, el código de la ficha, nombre de la máquina o herramienta, material, marca, procedencia, modelo, dimensiones, capacidad, etc.

#### **3.4.2.4 Trazabilidad metrológica**

Cumpliendo con la sección 6.5 de la norma ASTM D17025:2018, el laboratorio de inflamabilidad genera el documento para la revisión, calibración, y verificación de equipos (**ANEXO 35**), donde se establecen los criterios generales enfocados a la sistemática y metrología implementada en el laboratorio para la identificación, control, mantenimiento, verificación y calibración de equipos implementados en el ensayo de

inflamabilidad. Dicho documento es aplicable a todos los equipos e instrumentos pertenecientes al laboratorio de inflamabilidad.

Por medio de esta documentación el laboratorio genera un ciclo ininterrumpido donde se documentan calibraciones y cada una de ellas conforma la incertidumbre de medición, relacionándola con la referencia adecuada.

En la calibración se debe cumplir con la generación de intervalos de calibración y verificación iniciales a partir de pautas para selección de los intervalos iniciales de calibración. Finalmente se determina un periodo de calibración crítico, y se considera que, si los periodos de calibración tienen una frecuencia excesiva, el organismo debe calibrar los equipos a una frecuencia máxima de 1 año a partir de la última calibración.

En la verificación de los equipos, esta actividad es desarrollada por el técnico del LIM, e inicialmente se procede con la determinación de intervalos de verificación y finalmente se toma el periodo de verificación más crítico, que el valor mínimo redondeado al inmediato superior o inferior y el tiempo será desde la última semana de verificación.

Luego de efectuada la verificación los instrumentos o dispositivos se marcan con una etiqueta que posea la siguiente información:

- Código
- Marca
- Fecha de verificación
- Fecha de próxima verificación
- Fecha de próxima calibración

En el caso de que el dispositivo o instrumento ya no cumpla su función adecuadamente este debe ser marcado con una etiqueta de dañado.

Para el proceso de mantenimiento se realizan actividades de mantenimiento preventivo como limpieza, ajuste de abrazaderas, revisión de mecheros, verificación de conexiones de gas y control de presión, con la finalidad de extender la vida útil de equipos o instrumentos implementados en el laboratorio.

### **3.4.3 Requisitos del proceso**

#### **3.4.3.1 Revisión solicitudes y ofertas de contrato**

En cuanto a la revisión de solicitudes, contratos y ofertas el laboratorio de inflamabilidad ha desarrollado el procedimiento general de ensayo (**ANEXO 36**), el cual facilita que los requisitos se documenten, comprendan y definan adecuadamente, además, se menciona la selección adecuada de procedimientos para satisfacer las necesidades del cliente.

Para la ejecución del ensayo el cliente se encargará de contactar al laboratorio y llenar el formulario dispuesto por el LIM en su respectiva página web (**ANEXO 37**), en este documento se establecen las responsabilidades y derechos por parte del usuario.

#### **3.4.3.2 Selección, verificación y validación de métodos**

Debido a que la norma ASTM D6413 cuenta con las especificaciones del procedimiento para la ejecución del ensayo, este parámetro para la certificación del laboratorio no está contemplado. La norma especifica los parámetros fundamentales para la ejecución del ensayo como dimensiones de los especímenes, tiempo de exposición a la llama, presión de la llama, tipo de combustión, dimensión de la llama, distancia entre la chimenea y espécimen. La versión de la norma implementada debe estar actualizada.

#### **3.4.3.3 Muestreo**

Para un correcto almacenamiento y manipulación de muestras se diseñó el (**ANEXO 38**) el cual es implementado por el personal técnico del laboratorio encargado de realizar los ensayos, a través de este documento en cuanto al almacenamiento de muestras se definen actividades como recepción de muestras, materiales aptos para almacenamiento de muestras, integridad física de muestras, etiquetado, etc. La etapa de manipulación implica verificación de dimensiones, marcado de muestras, acondicionamiento, y ensayo. En el caso de que las muestras no cumplan las especificaciones serán devueltas y finalmente después del ensayo las muestras serán almacenadas por un periodo de 2 años.

#### **3.4.3.4 Registros técnicos**

Todos los procedimientos implementados con el fin de certificar el laboratorio para la ejecución de ensayos de inflamabilidad poseen un registro técnico respectivo (**ANEXO 39**). Dicho registro técnico contiene información de acuerdo con el proceso que se lleva a cabo, responsable del registro y revisor.

#### **3.4.3.5 Evaluación de incertidumbre de medición**

Según la norma ASTM D6413 se deben analizar 10 especímenes, 5 para pruebas a lo largo 5 para pruebas a lo ancho. Inicialmente para el cálculo estadístico se determina el error de medición en función de los aparatos de medición, la medición inicial se ajusta implementando valores de tolerancia provenientes de certificados de calibración, luego se procede con el cálculo de la incertidumbre (**ANEXO 40**) para el tiempo de combustión, longitud de carbonización e índice de inflamabilidad estableciendo un rango de aceptabilidad para dichos valores.

Aseguramiento de la validez de resultados

El laboratorio debe manejar un procedimiento que permita evaluar la validez de los resultados e incorporar técnicas estadísticas para su verificación.

Mediante la comparación con otros laboratorios se debe dar un seguimiento de desempeño operacional cuando exista la disponibilidad y sea necesario.

Es importante verificar que los resultados de análisis de datos de ensayos se encuentren dentro de criterios predefinidos que garanticen la producción de resultados correctos.

#### **3.4.3.6 Informes de resultado**

El ensayo de inflamabilidad detalla sus conclusiones mediante el informe de resultados (**ANEXO 41**), el documento consta de un registro inicial de características del espécimen y su fecha de recepción, posteriormente se detalla información básica del cliente y la normativa implementada para el análisis, a continuación se describe el proceso general del ensayo, posteriormente se llena la tabla de parámetros de ensayo y resultados donde se registra la fecha de análisis, cantidad de especímenes, temperatura y humedades de las probetas, fotografías de las muestras antes del ensayo,

tiempo de combustión residual, longitud de carbonización, tasa de combustión, fotografías de las muestras luego del ensayo y finalmente se colocan las conclusiones del ensayo. Para la aprobación de la combustibilidad de los especímenes analizado se procede a la comparación con índices de inflamabilidad máxima establecidos en las normativas NTE INEN 038, NTE INEN 041 y NTE INEN 043 (**ANEXO 42**).

En el caso de presentarse un error en el informe, se solicita la aprobación del director y se genera la modificación del informe del ensayo de inflamabilidad (**ANEXO 43**) manteniendo el registro y detallando la parte modificada.

#### **3.4.3.7 Quejas**

El punto importante para tratarse está dentro de requisitos del proceso donde se tratan 9 literales de los cuales destaca, que en todo laboratorio debe contar con documentación para la recepción, evaluación y toma de decisiones de acuerdo con el planteamiento de la queja, además de tomarse decisiones acertadas llevando así un proceso dando una resolución, finalmente la revisión y aprobación debe realizarse por personal que no incida en las actividades del laboratorio (**ANEXO 43**) y (**ANEXO 44**).

#### **3.4.3.8 Trabajo no conforme**

El laboratorio LIM-UTA implementó un procedimiento (**ANEXO 45**) para las actividades que se encuentran fuera del lineamiento o del debido proceso y resultados que no cumplan de la conformidad del cliente, definiendo responsabilidad, acciones como la repetición del trabajo, evaluación y análisis, llegando a tomar acciones correctivas según sea el caso.

#### **3.4.3.9 Control de los datos y gestión de la información**

En el desarrollo de las actividades el laboratorio tiene la obligación de contar con una base de datos (**ANEXO 46**), con el fin de garantizar los datos y gestión, para acciones pertinentes según se presente los casos como por ejemplo la actualización del software, además de contar con el control de acceso limitado de tal manera que se convierta en sistema de gestión que salvaguarde la información de datos cuantitativos y cualitativos.

### **3.4.4 Requisitos del sistema de gestión**

#### **3.4.4.1 Documentación del sistema de gestión**

Toda la documentación técnica que maneja el laboratorio está referenciada a la norma técnica ecuatoriana 17025, cumpliendo los requisitos que establece la normativa vigente, contando con registros, procedimientos, e instructivos que son de competencia única del personal del laboratorio.

Además de llevar políticas internas y objetivos que garanticen el coherente funcionamiento del laboratorio (**ANEXO 47**).

#### **3.4.4.2 Control de documentos del sistema de gestión.**

La documentación interna y externa, debe ser manejada rigurosamente por el personal adecuado según corresponda, el manejo de registros procedimientos e instructivos etc.

Siguiendo el debido procedimiento (**ANEXO 48**) en el cual se garantiza la actualización permanente de documentación que está referenciando las actividades del laboratorio.

#### **3.4.4.3 Control de registro**

Cumpliendo con la implementación del sistema de gestión, el control de todos los registros debe ser minucioso, de fácil acceso de acuerdo con políticas internas, para dicho control se crea el siguiente procedimiento (**ANEXO 49**) para la identificación por parte del personal del laboratorio, para su correcto almacenamiento y debida protección, salvaguardando una copia y archivo para su posterior recuperación, cuando se lo amerite.

#### **3.4.4.4 Acciones para aborda riesgos y oportunidades**

Las actividades que están ligadas al laboratorio, debe asegurar todo el sistema de gestión, para lograr los resultados deseados además de mejorar y prevenir incumplimientos que están detallados en matriz riesgos de imparcialidad.

#### **3.4.4.5 Mejoras**

Al ser un laboratorio de pruebas, las mejoras que se deben implementar deben ir de la mano de una planificación, donde se recolecte los procedimientos defectuosos que están relacionados a las actividades que se realizan, consecuentemente se puede hacer una lluvia de soluciones que satisfacen y mejoran la actividad, se puede hacer una acción de verificación y corrección de las actividades y finalmente la aplicación de las mejoras continuas. Todo va ligado al ciclo de mejora de procesos PHVA que cuenta con un procedimiento (**ANEXO 50**) donde se puede realizar todas las acciones ya mencionadas.

#### **3.4.4.6 Acciones correctivas**

Las acciones correctivas, son tomadas por las no conformidades de actividades; el laboratorio LIM UTA debe tomar decisiones de corrección, confabulando un proceso de revisión, determinación e implementación de todos los procesos que no estén dentro de la línea de resultados o de conformidad, además se contará con un registro de las acciones realizadas, se ha creado un procedimiento (**ANEXO 51**) que están ligados a las actividades del laboratorio.

#### **3.4.4.7 Auditorías internas**

Se contempla dos puntos de suma importancia, el primero que debe realizarse una auditoría interna, documentando todas las actividades que realice el laboratorio, se efectúa un procedimiento (**ANEXO 52**) que se utilizara para auditar el LIM-UTA.

Las auditorias deben ser planificadas definiendo criterios y alcance, además de informar correctamente a quienes corresponda o dirección, además de establecer correcciones en el tiempo oportuno, y llevar un registro de los resultados, se establece el siguiente procedimiento (**ANEXO 53**) que cumple con lo especifica en la normativa de acuerdo con el sistema de gestión.

#### **3.4.4.8 Revisiones por la dirección**

Las revisiones por dirección son uno de los puntos claves del sistema de gestión ya que éste debe garantizar el cumplimiento, de las políticas de laboratorio, así como los objetivos, el alcance, la satisfacción de los resultados, los requisitos, acciones

correctivas y todo lo relacionado con las actividades del laboratorio LIM-UTA (ANEXO 54).

#### **3.4.4.9 Manual de calidad**

Es un documento en donde se contempla todo el sistema de gestión, además de los procedimientos generados durante la implementación de la normativa técnica ecuatoriana 17025 para ensayos de inflamabilidad de manera vertical y horizontal, se crea (ANEXO 55).

#### **3.4.4.10 Reglamento interno**

Contempla todas las disposiciones generales entorno al laboratorio de inflamabilidad LIM-UTA, que se centran al riguroso cumplimiento del personal, como responsabilidades de acorde con el organigrama estructural, el reglamento detalla cada artículo disposiciones y sanciones según corresponda (ANEXO 56).

### **3.5 Costo total de construcción de la cámara de inflamabilidad vertical**

#### **3.5.1 Costo mano de obra**

Costo debido al uso del taller y asesoría técnica, (tabla 3.5.1).

Tabla 3.5.1. Costos de mano de obra.

| <b>N°</b>    | <b>Elemento</b>  | <b>Costo semanal (\$)</b> | <b>Costo mensual (\$)</b> |
|--------------|------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>1</b>     | Uso de taller    | 15                        | 60                        |
| <b>2</b>     | Maestro Mecánico | 105                       | 420                       |
| <b>3</b>     | Asesoría técnica | 30                        | 120                       |
| <b>Total</b> |                  |                           | 600                       |

#### **3.5.2 Costo de materiales complementarios**

Costo generado por la adquisición de materiales necesarios para la fabricación de mecanismos internos de la cámara de inflamabilidad vertical, (tabla 3.5.2.).



Tabla 3.5.2. Costos de material mecánico.

| N°           | Elemento   | Costo (\$) |
|--------------|--|------------|
| 1            | Soldadura  | 40         |
| 2            | Abrazaderas  | 2          |
| 3            | Lamina de acero AISI 304   | 20         |
| 4            | Brocas   | 18         |
| 5            | Cilindro de GLP, para pruebas preliminares                       | 3          |
| 6            | Machuelos  | 12         |
| 7            | Discos de pulido   | 10         |
| 8            | Discos de corte  | 10         |
| 9            | Lijas de diferentes medidas para limpieza y pulido de materiales | 8          |
| 10           | Ejes de acero inoxidable AISI 304                                | 25         |
| 11           | Tornillos de acero inoxidable                                    | 2          |
| 12           | Resorte de acero inoxidable                                      | 3          |
| 13           | Corte de láminas de acero AISI 304                               | 25         |
| <b>Total</b> |  | 178        |

### 3.5.3 Costo de elementos del regulador de presión.

Conjunto de implementos requeridos para la conducción del gas combustible y lectura de presión, (tabla 3.5.3.).

Tabla 3.5.3. Costo de ensamble del tren regulador de presión.

| N°           | Elemento                              | Costo (\$) |
|--------------|---------------------------------------|------------|
| 1            | Manguera flexible para GAS            | 4          |
| 2            | Válvula reguladora de baja presión    | 105        |
| 3            | Manómetro                             | 40         |
| 5            | Llave de paso                         | 32         |
| 6            | 3 nepls ¼ en acero inoxidable         | 4          |
| 7            | T de ¼ en acero inoxidable            | 1,5        |
| 8            | Codo de ¼ en acero inoxidable         | 1,5        |
| 9            | Acople entre tren regulador y mechero | 15         |
| 10           | Sellante para tuberías de gas         | 10         |
| <b>Total</b> |                                       | 213        |

### 3.5.4 Costo del sistema de control semiautomático

Programación, diseño y construcción del sistema de automatización para el control de la cámara de inflamabilidad vertical, (tabla 3.5.4.).

Tabla 3.5.4. Costo de automatización de la cámara de inflamabilidad.

| N°           | Elemento                   | Costo (\$) |
|--------------|----------------------------|------------|
| 1            | Caja de control            | 15         |
| 2            | Fusibles                   | 5          |
| 3            | placa o Shield             | 4          |
| 4            | Interruptor                | 3          |
| 5            | Pulsador                   | 2          |
| 6            | Interruptor dos posiciones | 1          |
| 7            | Relé                       | 5          |
| 8            | Cloruro ferrítico          | 2          |
| 9            | Pantalla interfaz I 12     | 8          |
| 10           | Cables                     | 10         |
| 11           | Leds                       | 0,5        |
| 12           | Estaño                     | 3          |
| 13           | Cautín                     | 15         |
| 14           | Pasta de soldadura         | 2          |
| 15           | Batería de 9 V             | 5          |
| 16           | Acople batería             | 0,25       |
| 17           | Termocupla tipo k          | 8          |
| 18           | Multicontacto supresor     | 15         |
| <b>Total</b> |                            | 103,75     |

### 3.5.5 Costos varios

Costos generados por movilización y uso de implementos de oficina, (tabla 3.5.5.).

Tabla 3.5.5. Costos varios relacionados con el desarrollo del proyecto.

| N°           | Elemento           | Costo (\$) |
|--------------|--------------------|------------|
| 1            | Equipos de oficina | 30         |
| 2            | Transporte         | 85         |
| 4            | Alimentación       | 40         |
| <b>Total</b> |                    | 155        |

### 3.5.6 Costo general

Costo de todos los sub-costos del proyecto técnico, (tabla 3.5.6.).

Tabla 3.5.6. Costo total del desarrollo del proyecto.

| N°           | Tipo de gasto | Subtotal (\$) |
|--------------|---------------|---------------|
| 1            | Mano de obra  | 600           |
| 2            | Materiales    | 178           |
| 3            | Regulador     | 213           |
| 4            | Control       | 103,75        |
| 5            | Costos varios | 155           |
| <b>Total</b> |               | 1249.75       |

## CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se realizó la reingeniería de la cámara de inflamabilidad vertical en base a la normativa ASTM D6413, adaptando nuevos mecanismos como son el soporte horizontal para el porta-probeta, una base para el Mechero Bunsen, el porta-electrodos y escalímetro para regular adecuadamente la altura de la llama, todos estos componentes se construyeron en acero inoxidable AISI 304 debido a sus propiedades mecánicas, se realizó un análisis de esfuerzos en el software especializado para garantizar que estos no sufran fallos durante el uso y funcionamiento de la cámara de inflamabilidad, además se adaptó un regulador de presión, que en base a los cálculos analíticos nos permitió estimar el consumo aproximado de combustible y la presión de gas metano que se debe suministrar en la entrada del quemador, cuyo valor es de 2,7 psi por pérdidas en la tubería de acero de  $\frac{1}{4}$  y accesorios, con esto se garantizó en la entrada del Mechero Bunsen una presión de  $2,5 \pm 0,25$  psi; ya en funcionamiento la altura de la llama a es de 38 mm, todo estos parámetros están definidos en la normativa ASTM D6413.
- Se implementó un sistema de control semiautomático, con un microcontrolador (Arduino Mega) que permite el control manual y automático para el accionamiento de la válvula solenoide, cuenta con un interruptor que da accionamiento a dos electrodos que producen descarga eléctrica para la ignición del gas metano, además cuenta con una pantalla que permite visualizar la temperatura interna de la cámara de inflamabilidad; el modo manual permite controlar el tiempo de apertura de la válvula solenoide utilizando un cronometro calibrado, en el modo automático la válvula solenoide y el sistema de control contabiliza 12 segundos de apertura y cierra de válvula, cumpliendo con el tiempo de exposición a la llama estipulado en la normativa ASTM D6413.

- Se realizó los ensayos de resistencia a la flama, para el primer grupo correspondiente a los hilos de urdiembre con número de especímenes 1 al 16 se determinó un valor de Índice de Inflamabilidad ( I.I.=4.22±0.20 mm/s) y para los especímenes 17 al 32, se obtuvo un valor de ( I.I.=4.81±0.44 mm/s); para el segundo grupo correspondiente a los hilos de relleno con número de especímenes 1 al 16, se determinó un valor de ( I.I.=3.97±0.51 mm/s) y para los especímenes 17 al 32, se determinó un valor de ( I.I.=4.12±0.45 mm/s) .En base a los resultados obtenidos el índice de inflamabilidad I.I es mayor si el tejido se ensaya en pruebas a lo largo o correspondiente a los hilos de urdiembre.
- Se desarrolló la documentación técnica de acuerdo con la normativa técnica ecuatoriana “NTE INEN-ISO/INEC 17025-2018”, que especifica requisitos, generales, relativos a la estructura, relativos a los recursos, de proceso y por último se implementó un sistema de gestión de acorde a cada requisito, del cual derivan varios procedimientos como los objetivos planteados, el alcance que tiene el documento analizado, definiciones y abreviaturas que corresponde a partes fundamentales para la correcta interpretación, documentos referenciales los que limitan los parámetros analizados, y por último el desarrollo de acuerdo a cada requerimiento que requiere la normativa ecuatoriana.

## **4.2 Recomendaciones**

- En base al resultado final de la investigación, a quienes se interesen en profundizar los estudios de inflamabilidad hacerlo con bibliografía internacional ,ya que existen organismo con años de experiencia que controlan rigurosamente parámetros de inflamabilidad como la ASTM F1506 o la NFPA 2112, en cuanto a la reingeniería rediseñar los componentes de acuerdo a la necesidad de cada probeta ya que existen diferente comportamiento al fuego dependiendo de las propiedades químicas y físicas de cada material, existiendo goteo o llama residual como así se lo especifica en la investigación.

- Reorganizar el control semiautomático ya que para los ensayos se necesitó de dos técnicos para el control de los parámetros dictados en la normativa ASTM D6413, se puede optar por otro encendido automático como la de luz piloto además de cambiar el microcontrolador que da accionamiento a la apertura y cierre del solenoide por un controlador totalmente automático como son los PLC y unificar mando control y visualización.
  
- En las pruebas de inflamabilidad, los especímenes deben ser lo más homogéneo posible de acuerdo a la normativa de referencia, para tener un centrado exacto y no exista alteraciones en las mediciones, en caso de existir desviaciones fuera del rango esperado se debe repetir los ensayos , el porta probeta y el componente de sujeción horizontal se lo debe ubicar lo más centrado posible o en tal caso tomar una marca de inicio de centrado para que cada prueba sea en similar condiciones , además cubrir con papel aluminio si así lo amerita los componentes que puedan sufrir daños por goteo, fusión o residuos , en cuanto a la boca del mechero rediseñar la base del mismo con la finalidad de que este no se cubra por residuos de las probetas y necesiten de una limpieza constante.
  
- Actualizar el sistema de gestión, generando un proceso de mejora continua, que contemple todas las actividades, realizando investigación basándose en bibliografía internacional, de amplia experiencia en pruebas de inflamabilidad tanto vertical como horizontal y realizar las acciones correctivas, que harán de un laboratorio más competitivo y con más servicio a la comunidad en general que se interesen en las pruebas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Historia y actualidad”, AITE, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.aite.com.ec/industria.html>. [Accedido: 22-noviembre-2021]
- [2] ASTM, Método de Prueba Estándar Para la Resistencia a las Llamas de los Textiles, ASTM D6413:2013.
- [3] “En Pichincha, Guayas, Tungurahua se asientan el mayor número de establecimientos del sector textil”, INEC, oct. 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Infoeconomia/info6.pdf> [Accedido: 23-noviembre-2021]
- [4] C. Lasluisa Gómez. “Implementación de los Requisitos Técnicos que Establece la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025-2018 con la Finalidad de Establecer el Laboratorio de Investigación de la Cámara de Inflamabilidad Horizontal de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”, Tesis de grado, Univ. Téc. de Ambato, 2019.
- [5] J. Hu,1 - Introducción a las pruebas de tejidos, Editor(s): Jinlian Hu, In Woodhead Publishing Series in Textiles, Fabric Testing, Woodhead Publishing,2008, Pages 1-26, ISBN 9781845692971.<https://doi.org/10.1533/9781845695064.1>
- [6] NAZARÉ, A.R. HORROCKS,12 - Flammability testing of fabrics, Editor(s): Jinlian Hu, In Woodhead Publishing Series in Textiles, Fabric Testing, Woodhead Publishing, 2008, Pages 339-388, ISBN 9781845692971 <https://doi.org/10.1533/9781845695064.339>.
- [7] J. Fan, L. Lau,10 - Flammability of fabrics and garments, Editor(s): J. Fan, L. Hunter, In Woodhead Publishing Series in Textiles, Engineering Apparel Fabrics and Garments, Woodhead Publishing, 2009, Pages 261-282, ISBN 9781845691349, <https://doi.org/10.1533/9781845696443.261>.
- [8] El-Hagee, Yue; Hind, Simon; Robitaille, François (2018). Thermal conductivity of textile reinforcements for composites. Journal of Textiles and Fibrous Materials, 251522111775115-. <https://doi.org/10.1177/2515221117751154>
- [9] J. O. Ukponmwan PhD, MSc, CText ATI. (1993) THE THERMAL-INSULATION PROPERTIES OF FABRICS. Textile Progress 24:4, pages 1-54 <https://doi.org/10.1080/19447023008661505>

- [10] Speakman, J. B.; Chamberlain, N. H. (1930). 3—THE THERMAL CONDUCTIVITY OF TEXTILE MATERIALS AND FABRICS. *Journal of the Textile Institute Transactions*, 21(2), T29–T56.  
<https://doi.org/10.1080/19447023008661505>
- [11] Richard Horrocks, A. (2013). Textile flammability research since 1980 – Personal challenges and partial solutions. *Polymer Degradation and Stability*, 98(12), 2813–2824. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.10.004>
- [12] Zope, Indraneel S; Shini, Foo; Seah, Dean; Akunuri, Aswini; Dasari, Aravind (2017). Development and evaluation of a water-based flame retardant spray coating for cotton fabrics. *ACS Applied Materials & Interfaces*, <https://doi.org/10.1021/acsami.7b09863>.
- [13] Morgan, Alexander B; Galaska, Mary L (2020). Flammability testing of wool/cellulosic and wool/synthetic fiber blends: Vertical flame spread and heat release results. *Journal of Fire Sciences*, ISBN 073490412095401–. <https://doi.org/10.1177/0734904120954013>
- [14] SeChin Chang; Brian Condon; Elena Graves; Minori Uchimiya; Chanel Fortier; Michael Easson; Phillip Wakelyn (2011). Flame retardant properties of triazine phosphonates derivative with cotton fabric, 12(3), 334–339  
<https://doi.org/10.1007/s12221-011-0334-7>
- [15] Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Bunsen burner". *Encyclopedia Britannica*, 6 May. 2020, [En línea]. Disponible en:  
<https://www.britannica.com/science/Bunsen-burner>. [Accedido: 15-diciembre-2022]
- [16] F. Lockuán. La industria textil y su control de calidad. "Anti-inflamabilidad" pp. 42-43, mar. 2013.
- [17] J. M. Basstel, "FLASHOVER: DESARROLLO Y CONTROL", pp. 17-20, dic. 2017.
- [18] V. Izquierdo. Caracterización avanzada y ensayo de textiles. "Ensayos de inflamabilidad y seguridad contra incendios de tejidos". 2018, pp. 190-191.
- [19] NTE INEN-ISO/IEC, Requisitos Generales Para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018

- [20] Cardamone, J.M. Lana resistente a las llamas y mezclas de lana. En Manual de Textiles Resistentes al Fuego, 1st ed.; Selcen Kilinc, F., Ed.; Woodhead Publishing Limited: Cambridge, 2013; pp. 245–271.
- [21] A. Cabrera Valencia. “Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Ensayos de Inflamabilidad Vertical de Materiales Utilizados en el Interior de las Carrocerías”, Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [22] INDURA, “Manual ACEROS INOXIDABLES”, Empresa INDURA, mar, 2010.
- [23] Lbrinox, “Aceros Inoxidables”, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.ulbrinox.com.mx/blog/los-aceros-inoxidables-son-magneticos-o-deben-ser-no-magneticos>. [Accedido: 20-febreeo-2022]
- [24] MatWeb, “Acero AISI 304”, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=abc4415b0f8b490387e3c922237098da&ckck=1>. [Accedido: 01-marzo-2022]
- [25] Rotork Instruments, “Solenoid Valves”, 2018. [En línea]. Disponible en: [https://www.rotork.com/uploads/documents-versions/30193/1/pub124-005-00\\_0717.pdf](https://www.rotork.com/uploads/documents-versions/30193/1/pub124-005-00_0717.pdf). [Accedido: 05-marzo-2022]
- [26] W. E. Morton and J. W. S. Hearle - Physical properties of textile fibres, Edition: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2008. [https://www.academia.edu/19877751/Physical\\_Properties\\_of\\_Textile\\_Fibres\\_4th\\_Edition\\_By\\_Morton\\_and\\_Hearle](https://www.academia.edu/19877751/Physical_Properties_of_Textile_Fibres_4th_Edition_By_Morton_and_Hearle)
- [27] INDURA, “REPORTE INDURA SPECIALTY GASES VOLUMEN N°2”, [En línea]. Disponible en: <http://www.indura.net/Descargar/Reporte%20INDURA%20Speciality%20Gases%20n2?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2Fd02ee4eea8524db3b6a3fad34217b070.pdf> [Accedido: 13-abril-2022]
- [28] UNi-D, “Válvulas solenoides para vapor 2 vías 220 VAC US-35”. [En línea]. Disponible en: [https://www.viaindustrial.com/catalogos\\_pdf/Valvulas\\_solenoides\\_para\\_vapor\\_2\\_vias\\_220-VAC\\_US-35\\_UNI-D\\_Catalogo\\_Ingles.pdf](https://www.viaindustrial.com/catalogos_pdf/Valvulas_solenoides_para_vapor_2_vias_220-VAC_US-35_UNI-D_Catalogo_Ingles.pdf) [Accedido: 13-abril-2022]



- [29] Kohse-Höinghaus, K. (2015). Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering || Kinetics of Combustión.  
<https://doi:10.1016/b978-0-12-409547-2.11005-4>
- [30] Kiang, Yen-Hsiung (2018). Fuel Property Estimation and Combustión Process Characterization || Basic properties of fuels, biomass, refuse derived fuels, wastes, biosludge, and biocarbons.41–65. <https://doi:10.1016/B978-0-12-813473-3.00003-9>
- [31] Rossini, F.D. (1952). Selected values of chemical thermodynamic properties.US Government Printing Office Washington, DC, 500, 128-137  
<https://doi.org/10.1063/1.555828>
- [32] S. Cabrera, “Reacciones de Combustión,” en Teoría de la termodinámica de Procesos, S. P. Cabrera, Ed. Ambato: Mayo 7 / 2010, pp. 190-230.
- [33] D.M. Padilla, C.O. Serrano, " Diseño y construcción del equipo para ensayos de inflamabilidad aplicado a materiales de autopartes según la norma ISO 3795," Tesis Pregrado, Escuela de Ingeniería Mecánica., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2013
- [34] Cengel, Yunus A., y Michael A. Boles. TERMODINÁMICA. 7a. ed. MÉXICO: MCGRAW-HILL,2012.
- [35] Budynas, Richard G. DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY. 8a. ed., 8a. reimp. MÉXICO: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA, 2008.
- [36] Mott, Robert L. MECÁNICA DE FLUIDOS. 6a. ed., 1a. reimp. MÉXICO: PEARSON EDUCACIÓN, 2006.

## ANEXOS

### ANEXO 1.- Entalpía de formación del metano y del propano [34].

**TABLA A-26**

Entalpía de formación, función de Gibbs de formación y entropía absoluta a 25°C, 1 atm

| Sustancia             | Fórmula           | $\bar{h}_f^\circ$<br>kJ/kmol | $\bar{g}_f^\circ$<br>kJ/kmol | $\bar{s}^\circ$<br>kJ/kmol · K |
|-----------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Acetileno             | $C_2H_2(g)$       | +226,730                     | +209,170                     | 200.85                         |
| Agua                  | $H_2O(l)$         | -285,830                     | -237,180                     | 69.92                          |
| Alcohol etílico       | $C_2H_5OH(g)$     | -235,310                     | -168,570                     | 282.59                         |
| Alcohol etílico       | $C_2H_5OH(l)$     | -277,690                     | -174,890                     | 160.70                         |
| Alcohol metílico      | $CH_3OH(g)$       | -200,670                     | -162,000                     | 239.70                         |
| Alcohol metílico      | $CH_3OH(l)$       | -238,660                     | -166,360                     | 126.80                         |
| Amoniaco              | $NH_3(g)$         | -46,190                      | -16,590                      | 192.33                         |
| Benceno               | $C_6H_6(g)$       | +82,930                      | +129,660                     | 269.20                         |
| <i>n</i> -butano      | $C_4H_{10}(g)$    | -126,150                     | -15,710                      | 310.12                         |
| Carbón                | $C(s)$            | 0                            | 0                            | 5.74                           |
| Dióxido de carbono    | $CO_2(g)$         | -393,520                     | -394,360                     | 213.80                         |
| <i>n</i> -dodecano    | $C_{12}H_{26}(g)$ | -291,010                     | +50,150                      | 622.83                         |
| Etano                 | $C_2H_6(g)$       | -84,680                      | -32,890                      | 229.49                         |
| Etileno               | $C_2H_4(g)$       | +52,280                      | +68,120                      | 219.83                         |
| Hidrógeno             | $H_2(g)$          | 0                            | 0                            | 130.68                         |
| Hidrógeno             | $H(g)$            | +218,000                     | +203,290                     | 114.72                         |
| Hidroxilo             | $OH(g)$           | +39,460                      | +34,280                      | 183.70                         |
| Metano                | $CH_4(g)$         | -74,850                      | -50,790                      | 186.16                         |
| Monóxido de carbono   | $CO(g)$           | -110,530                     | -137,150                     | 197.65                         |
| Nitrógeno             | $N_2(g)$          | 0                            | 0                            | 191.61                         |
| Nitrógeno             | $N(g)$            | +472,650                     | +455,510                     | 153.30                         |
| <i>n</i> -octano      | $C_8H_{18}(g)$    | -208,450                     | +16,530                      | 466.73                         |
| <i>n</i> -octano      | $C_8H_{18}(l)$    | -249,950                     | +6,610                       | 360.79                         |
| Oxígeno               | $O_2(g)$          | 0                            | 0                            | 205.04                         |
| Oxígeno               | $O(g)$            | +249,190                     | +231,770                     | 161.06                         |
| Peróxido de hidrógeno | $H_2O_2(g)$       | -136,310                     | -105,600                     | 232.63                         |
| Propano               | $C_3H_8(g)$       | -103,850                     | -23,490                      | 269.91                         |
| Propileno             | $C_3H_6(g)$       | +20,410                      | +62,720                      | 266.94                         |
| Vapor de agua         | $H_2O(g)$         | -241,820                     | -228,590                     | 188.83                         |

Fuente: De JANAF, *Thermochemical Tables*, Midland, MI, Dow Chemical Co., 1971, *Selected Values of Chemical Thermodynamic Properties*, NBS Technical Note 270-3, 1968; y *API Research Project 44*, Carnegie Press, 1953.

**ANEXO 2.- Propiedades del gas ideal del nitrógeno de acuerdo con su temperatura de análisis [34].**

**TABLA A-18**

Propiedades de gas ideal del nitrógeno, N<sub>2</sub>

| <i>T</i><br>K | $\bar{h}$<br>kJ/kmol | $\bar{u}$<br>kJ/kmol | $\bar{s}^\circ$<br>kJ/kmol · K | <i>T</i><br>K | $\bar{h}$<br>kJ/kmol | $\bar{u}$<br>kJ/kmol | $\bar{s}^\circ$<br>kJ/kmol · K |
|---------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| 0             | 0                    | 0                    | 0                              | 600           | 17,563               | 12,574               | 212.066                        |
| 220           | 6,391                | 4,562                | 182.639                        | 610           | 17,864               | 12,792               | 212.564                        |
| 230           | 6,683                | 4,770                | 183.938                        | 620           | 18,166               | 13,011               | 213.055                        |
| 240           | 6,975                | 4,979                | 185.180                        | 630           | 18,468               | 13,230               | 213.541                        |
| 250           | 7,266                | 5,188                | 186.370                        | 640           | 18,772               | 13,450               | 214.018                        |
| 260           | 7,558                | 5,396                | 187.514                        | 650           | 19,075               | 13,671               | 214.489                        |
| 270           | 7,849                | 5,604                | 188.614                        | 660           | 19,380               | 13,892               | 214.954                        |
| 280           | 8,141                | 5,813                | 189.673                        | 670           | 19,685               | 14,114               | 215.413                        |
| 290           | 8,432                | 6,021                | 190.695                        | 680           | 19,991               | 14,337               | 215.866                        |
| 298           | 8,669                | 6,190                | 191.502                        | 690           | 20,297               | 14,560               | 216.314                        |
| 300           | 8,723                | 6,229                | 191.682                        | 700           | 20,604               | 14,784               | 216.756                        |
| 310           | 9,014                | 6,437                | 192.638                        | 710           | 20,912               | 15,008               | 217.192                        |
| 320           | 9,306                | 6,645                | 193.562                        | 720           | 21,220               | 15,234               | 217.624                        |
| 330           | 9,597                | 6,853                | 194.459                        | 730           | 21,529               | 15,460               | 218.059                        |
| 340           | 9,888                | 7,061                | 195.328                        | 740           | 21,839               | 15,686               | 218.472                        |
| 350           | 10,180               | 7,270                | 196.173                        | 750           | 22,149               | 15,913               | 218.889                        |
| 360           | 10,471               | 7,478                | 196.995                        | 760           | 22,460               | 16,141               | 219.301                        |
| 370           | 10,763               | 7,687                | 197.794                        | 770           | 22,772               | 16,370               | 219.709                        |
| 380           | 11,055               | 7,895                | 198.572                        | 780           | 23,085               | 16,599               | 220.113                        |
| 390           | 11,347               | 8,104                | 199.331                        | 790           | 23,398               | 16,830               | 220.512                        |
| 400           | 11,640               | 8,314                | 200.071                        | 800           | 23,714               | 17,061               | 220.907                        |
| 410           | 11,932               | 8,523                | 200.794                        | 810           | 24,027               | 17,292               | 221.298                        |
| 420           | 12,225               | 8,733                | 201.499                        | 820           | 24,342               | 17,524               | 221.684                        |
| 430           | 12,518               | 8,943                | 202.189                        | 830           | 24,658               | 17,757               | 222.067                        |
| 440           | 12,811               | 9,153                | 202.863                        | 840           | 24,974               | 17,990               | 222.447                        |
| 450           | 13,105               | 9,363                | 203.523                        | 850           | 25,292               | 18,224               | 222.822                        |
| 460           | 13,399               | 9,574                | 204.170                        | 860           | 25,610               | 18,459               | 223.194                        |
| 470           | 13,693               | 9,786                | 204.803                        | 870           | 25,928               | 18,695               | 223.562                        |
| 480           | 13,988               | 9,997                | 205.424                        | 880           | 26,248               | 18,931               | 223.927                        |
| 490           | 14,285               | 10,210               | 206.033                        | 890           | 26,568               | 19,168               | 224.288                        |
| 500           | 14,581               | 10,423               | 206.630                        | 900           | 26,890               | 19,407               | 224.647                        |
| 510           | 14,876               | 10,635               | 207.216                        | 910           | 27,210               | 19,644               | 225.002                        |
| 520           | 15,172               | 10,848               | 207.792                        | 920           | 27,532               | 19,883               | 225.353                        |
| 530           | 15,469               | 11,062               | 208.358                        | 930           | 27,854               | 20,122               | 225.701                        |
| 540           | 15,766               | 11,277               | 208.914                        | 940           | 28,178               | 20,362               | 226.047                        |
| 550           | 16,064               | 11,492               | 209.461                        | 950           | 28,501               | 20,603               | 226.389                        |
| 560           | 16,363               | 11,707               | 209.999                        | 960           | 28,826               | 20,844               | 226.728                        |
| 570           | 16,662               | 11,923               | 210.528                        | 970           | 29,151               | 21,086               | 227.064                        |
| 580           | 16,962               | 12,139               | 211.049                        | 980           | 29,476               | 21,328               | 227.398                        |
| 590           | 17,262               | 12,356               | 211.562                        | 990           | 29,803               | 21,571               | 227.728                        |

**ANEXO 3.- Propiedades de gas ideal del oxígeno de acorde con su temperatura de análisis[34].**

**TABLA A-19**

Propiedades de gas ideal del oxígeno, O<sub>2</sub>

| <i>T</i><br>K | $\bar{h}$<br>kJ/kmol | $\bar{u}$<br>kJ/kmol | $\bar{s}^\circ$<br>kJ/kmol · K | <i>T</i><br>K | $\bar{h}$<br>kJ/kmol | $\bar{u}$<br>kJ/kmol | $\bar{s}^\circ$<br>kJ/kmol · K |
|---------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| 0             | 0                    | 0                    | 0                              | 600           | 17,929               | 12,940               | 226.346                        |
| 220           | 6,404                | 4,575                | 196.171                        | 610           | 18,250               | 13,178               | 226.877                        |
| 230           | 6,694                | 4,782                | 197.461                        | 620           | 18,572               | 13,417               | 227.400                        |
| 240           | 6,984                | 4,989                | 198.696                        | 630           | 18,895               | 13,657               | 227.918                        |
| 250           | 7,275                | 5,197                | 199.885                        | 640           | 19,219               | 13,898               | 228.429                        |
| 260           | 7,566                | 5,405                | 201.027                        | 650           | 19,544               | 14,140               | 228.932                        |
| 270           | 7,858                | 5,613                | 202.128                        | 660           | 19,870               | 14,383               | 229.430                        |
| 280           | 8,150                | 5,822                | 203.191                        | 670           | 20,197               | 14,626               | 229.920                        |
| 290           | 8,443                | 6,032                | 204.218                        | 680           | 20,524               | 14,871               | 230.405                        |
| 298           | 8,682                | 6,203                | 205.033                        | 690           | 20,854               | 15,116               | 230.885                        |
| 300           | 8,736                | 6,242                | 205.213                        | 700           | 21,184               | 15,364               | 231.358                        |
| 310           | 9,030                | 6,453                | 206.177                        | 710           | 21,514               | 15,611               | 231.827                        |
| 320           | 9,325                | 6,664                | 207.112                        | 720           | 21,845               | 15,859               | 232.291                        |
| 330           | 9,620                | 6,877                | 208.020                        | 730           | 22,177               | 16,107               | 232.748                        |
| 340           | 9,916                | 7,090                | 208.904                        | 740           | 22,510               | 16,357               | 233.201                        |
| 350           | 10,213               | 7,303                | 209.765                        | 750           | 22,844               | 16,607               | 233.649                        |
| 360           | 10,511               | 7,518                | 210.604                        | 760           | 23,178               | 16,859               | 234.091                        |
| 370           | 10,809               | 7,733                | 211.423                        | 770           | 23,513               | 17,111               | 234.528                        |
| 380           | 11,109               | 7,949                | 212.222                        | 780           | 23,850               | 17,364               | 234.960                        |
| 390           | 11,409               | 8,166                | 213.002                        | 790           | 24,186               | 17,618               | 235.387                        |
| 400           | 11,711               | 8,384                | 213.765                        | 800           | 24,523               | 17,872               | 235.810                        |
| 410           | 12,012               | 8,603                | 214.510                        | 810           | 24,861               | 18,126               | 236.230                        |
| 420           | 12,314               | 8,822                | 215.241                        | 820           | 25,199               | 18,382               | 236.644                        |
| 430           | 12,618               | 9,043                | 215.955                        | 830           | 25,537               | 18,637               | 237.055                        |
| 440           | 12,923               | 9,264                | 216.656                        | 840           | 25,877               | 18,893               | 237.462                        |
| 450           | 13,228               | 9,487                | 217.342                        | 850           | 26,218               | 19,150               | 237.864                        |
| 460           | 13,525               | 9,710                | 218.016                        | 860           | 26,559               | 19,408               | 238.264                        |
| 470           | 13,842               | 9,935                | 218.676                        | 870           | 26,899               | 19,666               | 238.660                        |
| 480           | 14,151               | 10,160               | 219.326                        | 880           | 27,242               | 19,925               | 239.051                        |
| 490           | 14,460               | 10,386               | 219.963                        | 890           | 27,584               | 20,185               | 239.439                        |
| 500           | 14,770               | 10,614               | 220.589                        | 900           | 27,928               | 20,445               | 239.823                        |
| 510           | 15,082               | 10,842               | 221.206                        | 910           | 28,272               | 20,706               | 240.203                        |
| 520           | 15,395               | 11,071               | 221.812                        | 920           | 28,616               | 20,967               | 240.580                        |
| 530           | 15,708               | 11,301               | 222.409                        | 930           | 28,960               | 21,228               | 240.953                        |
| 540           | 16,022               | 11,533               | 222.997                        | 940           | 29,306               | 21,491               | 241.323                        |
| 550           | 16,338               | 11,765               | 223.576                        | 950           | 29,652               | 21,754               | 241.689                        |
| 560           | 16,654               | 11,998               | 224.146                        | 960           | 29,999               | 22,017               | 242.052                        |
| 570           | 16,971               | 12,232               | 224.708                        | 970           | 30,345               | 22,280               | 242.411                        |
| 580           | 17,290               | 12,467               | 225.262                        | 980           | 30,692               | 22,544               | 242.768                        |
| 590           | 17,609               | 12,703               | 225.808                        | 990           | 31,041               | 22,809               | 242.120                        |



**ANEXO 4.- Propiedades de gas ideal de dióxido de carbono de acuerdo con su temperatura de análisis [34].**

**TABLA A-20**

Propiedades de gas ideal del dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>

| $T$<br>K | $\bar{h}$<br>kJ/kmol | $\bar{u}$<br>kJ/kmol | $\bar{s}^\circ$<br>kJ/kmol · K | $T$<br>K | $\bar{h}$<br>kJ/kmol | $\bar{u}$<br>kJ/kmol | $\bar{s}^\circ$<br>kJ/kmol · K |
|----------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| 0        | 0                    | 0                    | 0                              | 600      | 22,280               | 17,291               | 243.199                        |
| 220      | 6,601                | 4,772                | 202.966                        | 610      | 22,754               | 17,683               | 243.983                        |
| 230      | 6,938                | 5,026                | 204.464                        | 620      | 23,231               | 18,076               | 244.758                        |
| 240      | 7,280                | 5,285                | 205.920                        | 630      | 23,709               | 18,471               | 245.524                        |
| 250      | 7,627                | 5,548                | 207.337                        | 640      | 24,190               | 18,869               | 246.282                        |
| 260      | 7,979                | 5,817                | 208.717                        | 650      | 24,674               | 19,270               | 247.032                        |
| 270      | 8,335                | 6,091                | 210.062                        | 660      | 25,160               | 19,672               | 247.773                        |
| 280      | 8,697                | 6,369                | 211.376                        | 670      | 25,648               | 20,078               | 248.507                        |
| 290      | 9,063                | 6,651                | 212.660                        | 680      | 26,138               | 20,484               | 249.233                        |
| 298      | 9,364                | 6,885                | 213.685                        | 690      | 26,631               | 20,894               | 249.952                        |
| 300      | 9,431                | 6,939                | 213.915                        | 700      | 27,125               | 21,305               | 250.663                        |
| 310      | 9,807                | 7,230                | 215.146                        | 710      | 27,622               | 21,719               | 251.368                        |
| 320      | 10,186               | 7,526                | 216.351                        | 720      | 28,121               | 22,134               | 252.065                        |
| 330      | 10,570               | 7,826                | 217.534                        | 730      | 28,622               | 22,522               | 252.755                        |
| 340      | 10,959               | 8,131                | 218.694                        | 740      | 29,124               | 22,972               | 253.439                        |
| 350      | 11,351               | 8,439                | 219.831                        | 750      | 29,629               | 23,393               | 254.117                        |
| 360      | 11,748               | 8,752                | 220.948                        | 760      | 20,135               | 23,817               | 254.787                        |
| 370      | 12,148               | 9,068                | 222.044                        | 770      | 30,644               | 24,242               | 255.452                        |
| 380      | 12,552               | 9,392                | 223.122                        | 780      | 31,154               | 24,669               | 256.110                        |
| 390      | 12,960               | 9,718                | 224.182                        | 790      | 31,665               | 25,097               | 256.762                        |
| 400      | 13,372               | 10,046               | 225.225                        | 800      | 32,179               | 25,527               | 257.408                        |
| 410      | 13,787               | 10,378               | 226.250                        | 810      | 32,694               | 25,959               | 258.048                        |
| 420      | 14,206               | 10,714               | 227.258                        | 820      | 33,212               | 26,394               | 258.682                        |
| 430      | 14,628               | 11,053               | 228.252                        | 830      | 33,730               | 26,829               | 259.311                        |
| 440      | 15,054               | 11,393               | 229.230                        | 840      | 34,251               | 27,267               | 259.934                        |
| 450      | 15,483               | 11,742               | 230.194                        | 850      | 34,773               | 27,706               | 260.551                        |
| 460      | 15,916               | 12,091               | 231.144                        | 860      | 35,296               | 28,125               | 261.164                        |
| 470      | 16,351               | 12,444               | 232.080                        | 870      | 35,821               | 28,588               | 261.770                        |
| 480      | 16,791               | 12,800               | 233.004                        | 880      | 36,347               | 29,031               | 262.371                        |
| 490      | 17,232               | 13,158               | 233.916                        | 890      | 36,876               | 29,476               | 262.968                        |
| 500      | 17,678               | 13,521               | 234.814                        | 900      | 37,405               | 29,922               | 263.559                        |
| 510      | 18,126               | 13,885               | 235.700                        | 910      | 37,935               | 30,369               | 264.146                        |
| 520      | 18,576               | 14,253               | 236.575                        | 920      | 38,467               | 30,818               | 264.728                        |
| 530      | 19,029               | 14,622               | 237.439                        | 930      | 39,000               | 31,268               | 265.304                        |
| 540      | 19,485               | 14,996               | 238.292                        | 940      | 39,535               | 31,719               | 265.877                        |
| 550      | 19,945               | 15,372               | 239.135                        | 950      | 40,070               | 32,171               | 266.444                        |
| 560      | 20,407               | 15,751               | 239.962                        | 960      | 40,607               | 32,625               | 267.007                        |
| 570      | 20,870               | 16,131               | 240.789                        | 970      | 41,145               | 33,081               | 267.566                        |
| 580      | 21,337               | 16,515               | 241.602                        | 980      | 41,685               | 33,537               | 268.119                        |
| 590      | 21,807               | 16,902               | 242.405                        | 990      | 42,226               | 33,995               | 268.670                        |

**ANEXO 5.- Propiedades de gas ideal de vapor de agua de acuerdo con su temperatura de análisis [34].**

**TABLA A-23**

Propiedades de gas ideal del vapor de agua, H<sub>2</sub>O

| $T$<br>K | $\bar{h}$<br>kJ/kmol | $\bar{u}$<br>kJ/kmol | $\bar{s}^\circ$<br>kJ/kmol · K | $T$<br>K | $\bar{h}$<br>kJ/kmol | $\bar{u}$<br>kJ/kmol | $\bar{s}^\circ$<br>kJ/kmol · K |
|----------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| 0        | 0                    | 0                    | 0                              | 600      | 20,402               | 15,413               | 212.920                        |
| 220      | 7,295                | 5,466                | 178.576                        | 610      | 20,765               | 15,693               | 213.529                        |
| 230      | 7,628                | 5,715                | 180.054                        | 620      | 21,130               | 15,975               | 214.122                        |
| 240      | 7,961                | 5,965                | 181.471                        | 630      | 21,495               | 16,257               | 214.707                        |
| 250      | 8,294                | 6,215                | 182.831                        | 640      | 21,862               | 16,541               | 215.285                        |
| 260      | 8,627                | 6,466                | 184.139                        | 650      | 22,230               | 16,826               | 215.856                        |
| 270      | 8,961                | 6,716                | 185.399                        | 660      | 22,600               | 17,112               | 216.419                        |
| 280      | 9,296                | 6,968                | 186.616                        | 670      | 22,970               | 17,399               | 216.976                        |
| 290      | 9,631                | 7,219                | 187.791                        | 680      | 23,342               | 17,688               | 217.527                        |
| 298      | 9,904                | 7,425                | 188.720                        | 690      | 23,714               | 17,978               | 218.071                        |
| 300      | 9,966                | 7,472                | 188.928                        | 700      | 24,088               | 18,268               | 218.610                        |
| 310      | 10,302               | 7,725                | 190.030                        | 710      | 24,464               | 18,561               | 219.142                        |
| 320      | 10,639               | 7,978                | 191.098                        | 720      | 24,840               | 18,854               | 219.668                        |
| 330      | 10,976               | 8,232                | 192.136                        | 730      | 25,218               | 19,148               | 220.189                        |
| 340      | 11,314               | 8,487                | 193.144                        | 740      | 25,597               | 19,444               | 220.707                        |
| 350      | 11,652               | 8,742                | 194.125                        | 750      | 25,977               | 19,741               | 221.215                        |
| 360      | 11,992               | 8,998                | 195.081                        | 760      | 26,358               | 20,039               | 221.720                        |
| 370      | 12,331               | 9,255                | 196.012                        | 770      | 26,741               | 20,339               | 222.221                        |
| 380      | 12,672               | 9,513                | 196.920                        | 780      | 27,125               | 20,639               | 222.717                        |
| 390      | 13,014               | 9,771                | 197.807                        | 790      | 27,510               | 20,941               | 223.207                        |
| 400      | 13,356               | 10,030               | 198.673                        | 800      | 27,896               | 21,245               | 223.693                        |
| 410      | 13,699               | 10,290               | 199.521                        | 810      | 28,284               | 21,549               | 224.174                        |
| 420      | 14,043               | 10,551               | 200.350                        | 820      | 28,672               | 21,855               | 224.651                        |
| 430      | 14,388               | 10,813               | 201.160                        | 830      | 29,062               | 22,162               | 225.123                        |
| 440      | 14,734               | 11,075               | 201.955                        | 840      | 29,454               | 22,470               | 225.592                        |
| 450      | 15,080               | 11,339               | 202.734                        | 850      | 29,846               | 22,779               | 226.057                        |
| 460      | 15,428               | 11,603               | 203.497                        | 860      | 30,240               | 23,090               | 226.517                        |
| 470      | 15,777               | 11,869               | 204.247                        | 870      | 30,635               | 23,402               | 226.973                        |
| 480      | 16,126               | 12,135               | 204.982                        | 880      | 31,032               | 23,715               | 227.426                        |
| 490      | 16,477               | 12,403               | 205.705                        | 890      | 31,429               | 24,029               | 227.875                        |
| 500      | 16,828               | 12,671               | 206.413                        | 900      | 31,828               | 24,345               | 228.321                        |
| 510      | 17,181               | 12,940               | 207.112                        | 910      | 32,228               | 24,662               | 228.763                        |
| 520      | 17,534               | 13,211               | 207.799                        | 920      | 32,629               | 24,980               | 229.202                        |
| 530      | 17,889               | 13,482               | 208.475                        | 930      | 33,032               | 25,300               | 229.637                        |
| 540      | 18,245               | 13,755               | 209.139                        | 940      | 33,436               | 25,621               | 230.070                        |
| 550      | 18,601               | 14,028               | 209.795                        | 950      | 33,841               | 25,943               | 230.499                        |
| 560      | 18,959               | 14,303               | 210.440                        | 960      | 34,247               | 26,265               | 230.924                        |
| 570      | 19,318               | 14,579               | 211.075                        | 970      | 34,653               | 26,588               | 231.347                        |
| 580      | 19,678               | 14,856               | 211.702                        | 980      | 35,061               | 26,913               | 231.767                        |
| 590      | 20,039               | 15,134               | 212.320                        | 990      | 35,472               | 27,240               | 232.184                        |

**ANEXO 6.- Tabla temperatura, humedad relativa y normativa a la cual se rige de acuerdo con cada material [34].**

**TABLE 1 Standard Atmospheres for Testing Various Materials**

| Material   | Temperature             | Relative Humidity % | ASTM Standard |
|--|-------------------------|---------------------|---------------|
| Textiles, general, other than nonwoven, tire cords and glass fiber | 21 ± 1°C (70 ± 2°F)     | 65 ± 2              | D 1776        |
| Nonwovens (includes paper)   | 23 ± 1°C (73.4 ± 1.8°F) | 50 ± 2              | D 1776        |
| Plastics and electrical insulating materials                       | 23 ± 2°C (73.4 ± 3.6°F) | 50 ± 5              | D 618         |
| Glass fiber products:  |                         |                     |               |
| Plastic applications   | 23 ± 2°C (73.4 ± 3.6°F) | 50 ± 5              | D 618         |
| Textile applications   | 21 ± 1°C (70 ± 2°C)     | 65 ± 5              | D 1776        |
| Tire cords:  |                         |                     |               |
| Rayon  | 24 ± 2°C (75 ± 3.6°F)   | 55 ± 2              | D 885         |
| Polyester, Aramid, Nylon   | 24 ± 2°C (75 ± 3.6°F)   | 55 ± 5              | D 885         |

**ANEXO 7.- Tabla de acondicionamiento del material según el período medido en horas [2].**

| Fiber  | Minimum Conditioning Period, h |
|--|--------------------------------|
| Animal fibers (for example, wool) and regenerated proteins     | 8                              |
| Vegetable Fibers (for example, cotton)                         | 6                              |
| Viscose  | 8                              |
| Acetate  | 4                              |
| Fibers having a regain less than 5 % at 65 % relative humidity | 2                              |

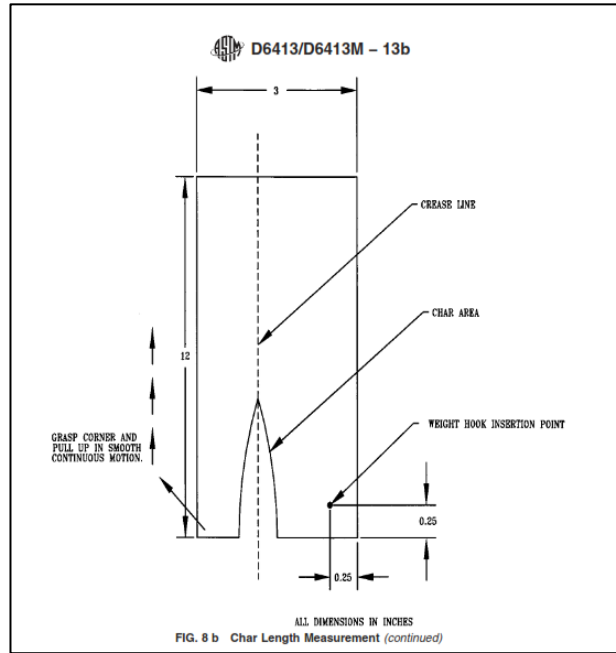
**ANEXO 8.- Tabla donde se especifica la fuerza necesaria para el desgarro según su peso de la probeta [2].**

**TABLE 1 Tearing Force for Char Length Determination**

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

<sup>A</sup>The Fabric Basis Weight refers to the weight of cloth before the addition of any fire retardant treatment or coating.

## ANEXO 9.- Especificación del procedimiento para el desgarre de la probeta[2].



## ANEXO 10.- Especificaciones del propano.

→ Hoja de producto

### Propano

**Denominación:** Propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)

---

**Pureza**  
(de la fase líquida vaporizada):

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> 2.5<br>≥ 99.5% | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> 3.5<br>≥ 99.95% |
|--|--|---|

---

**Impurezas, ppm/v:**

|                                     |         |       |
|-------------------------------------|---------|-------|
| O <sub>2</sub> + H <sub>2</sub>     | ≤ 15    | -     |
| N <sub>2</sub>                      | ≤ 50    | -     |
| Otros C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> | ≤ 5.000 | ≤ 500 |
| H <sub>2</sub> O                    | ≤ 12    | -     |

---

**Certificado de control:** A petición del cliente se suministra un certificado individual de las impurezas.

---

**Forma de suministro:**

| Botellas de acero |                  |             |                      |                             |                             |                  |
|-------------------|------------------|-------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------|
| Pureza            | Capacidad Litros | Díámetro mm | Altura con tulipa mm | Peso total aprox. llenas kg | Presión llenado bar (15 °C) | Contenido gas kg |
| 2.5               | 50               | 229         | 1.640                | 94                          | 8,53                        | 21               |
| 3.5               | 7                | 200         | 440                  | 12,5                        | 8,53                        | 5                |

En caso de interés, solicitar catálogo "Gases en pequeños recipientes".  
Otros tamaños bajo demanda.

---

**Identificación:** Botellas con cuerpo de color gris RAL 7037 y con ojiva de color rojo RAL 3000, con la etiqueta indicativa del producto.

---

**Clasificación de Transporte / ADR:** Clase 2,2° TF      N° UN 1978

---

**Conexión:** Válvula de la botella:      W21,7 x 1/14" (izquierdas) ITC EP-6, Tipo E



| Factores de conversión: | m <sup>3</sup> gas<br>(1 bar y 15 °C) | litros gas licuado<br>(en equilibrio a 1 bar) | kg    |
|-------------------------|---------------------------------------|---|-------|
|                         | 1                                     | 3,215   | 1,871 |
|                         | 0,311                                 | 1   | 0,582 |
|                         | 0,534                                 | 1,718   | 1     |

**Características:** El Propano es un gas licuado altamente inflamable. No tóxico.

|                                     |                               |                         |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Fórmula química:                    | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> |                         |
| Masa molecular:                     | 44,09 g/mol                   |                         |
| Punto triple:                       | Temperatura:                  | 85,47 K (-187,68 °C)    |
|                                     | Presión:                      | 3·10 <sup>-6</sup> mbar |
|                                     | Calor latente de fusión:      | 95,04 kJ/kg             |
| Punto de ebullición<br>a 1013 mbar: | Temperatura:                  | 231,11 °K (-42,04 °C)   |
|                                     | Calor latente de ebullición:  | 426 kJ/kg               |
| Punto crítico:                      | Temperatura:                  | 369,82 °K (96,67 °C)    |
|                                     | Presión:                      | 42,5 bar                |
|                                     | Densidad:                     | 0,217 g/litro           |
| Estado gaseoso a<br>1 bar y 15 °C:  | Densidad relativa al aire:    | 1,547                   |
| Temperatura de ignición:            | 470 °C                        |                         |
| Límites de inflamabilidad:          | Superior: 9,5 % vol.          |                         |
|                                     | Inferior: 2,1 % vol.          |                         |

**Aplicaciones:** Usado como gas combustible en:

- Corte.
- Soldadura fuerte.
- Proyección térmica de alta velocidad.
- Metalurgia.
- Instrumentación analítica (fotometría de llama).
- Patrón para la medida calorimétrica.

**Otras formas de suministro de Argón:** Otras mezclas de gases contienen propano como componente minoritario o como gas soporte de ellos.

**Sujeto a modificaciones:** 39206/05.20

# ANEXO 11.- Manual técnico de la válvula reguladora de presión.

**NOVACOMET**  
**BP1813**

Fig.1

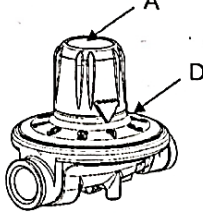


Fig.2

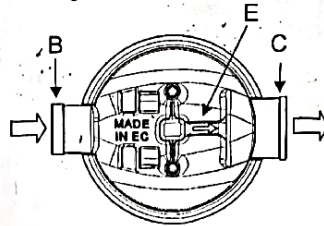


Fig.3



**Español**

**REGULADOR DE BAJA PRESIÓN**

**Aplicación**  
El regulador de presión se utiliza principalmente en las instalaciones de GPL (butano, propano o sus mezclas) para alimentar equipos que necesitan regular la presión de salida (por ejemplo una estufa radiante no doméstica).  
Puede ser utilizado con otros tipos de gas no agresivos: gas natural, aire, nitrógeno...  
Para asegurarse de que, durante toda la vida del regulador, el funcionamiento sea correcto, el gas utilizado debe ser puro y no debe contener sustancias agresivas.  
El campo de la presión de entrada, de la presión de salida, el caudal garantizado y el gas de referencia están indicados sobre la manilla (A).  
Para una instalación con GPL se puede utilizar:  
- como simple etapa (alimentada directamente por la presión del recipiente), si la máxima presión de entrada especificada (A) es de 16bar (Propano o GPL) o de 7,5bar (Butano).  
- como segunda etapa (alimentada desde un inversor o desde un regulador de primera etapa). En este caso, asegurarse de que la presión de entrada real se mantenga constante en el interior del campo especificado (A).

**Temperatura de utilización:** -20°C/+50°C  
**Advertencias antes del montaje**  
El gas puede ser peligroso y provocar heridas o la muerte...

El montaje, la comprobación y el mantenimiento de la instalación deben ser efectuados por personas con la competencia necesaria en relación con el tipo de gas y con la función requerida.  
La instalación debe ser realizada, comprobada, utilizada y mantenida en conformidad con las leyes vigentes en el país.

Asegurarse de que la llave de instalación esté cerrada y que no haya fugas de encendido en las proximidades.  
Si en la instalación se utilizan tubos flexibles, comprobar su estado y la fecha de caducidad. Sustituirlos si es necesario.  
Si en la instalación se utilizan conexiones (conector con fuerza), comprobar la presencia de la junta y su integridad. Sustituirlos si es necesario.  
Asegurarse de que el tipo de conexión de los elementos a empalmar en la entrada (B) y en la salida (C), sean compatibles con los del regulador. Los códigos de los racores indicados sobre el embalaje son los descritos en la norma EN13785.  
Si están presentes, limpiar esmeradamente (soplar) las tuberías antes de la entrada.

**Montaje del regulador**  
El regulador deberá ser instalado preferentemente al exterior (ver legislación local) y protegido de la lluvia y de todos los otros agentes (nieve, polvo,...) que podrían obstruir su orificio de desagüe (D).  
En caso de montaje fijo en la pared (Fig.3), se recomienda orientar la salida (C) hacia abajo.  
Conectar la entrada (B) y la salida (C) respetando el sentido de paso del gas, indicado por la flecha (E).

**Regulación de la presión de salida**  
Se efectúa por medio de una rotación de la manilla (A). Las cifras (D) dan una referencia de la posición de regulación.

**Mantenimiento**  
En las condiciones normales de uso el regulador no necesita mantenimiento. Para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación, se recomienda sustituir el regulador dentro de un plazo de 10 años de utilización.

**INSTRUCCIONES A CONSERVAR POR EL USUARIO**  
El contenido de este folleto de instrucciones se presenta únicamente a título informativo y el poseedor del aparato para asegurar su correcta utilización debe ser interpretado como un instrumento de consulta específica o implícita de cobertura para los productos o los servicios descritos o a ser uno de ellos. No se recomienda el derecho de modificar o cambiar el proceso o las especificaciones de los productos en cualquier momento y en cualquier caso.

**Portugués**

**REGULADOR A BAIXA PRESSÃO**

**Aplicação**  
O regulador de pressão utiliza-se principalmente em instalações de GPL (butano, propano ou suas misturas) para alimentar aparelhos que necessitem de regular a pressão de saída (por exemplo um radiador não doméstico).  
Pode ser utilizado com outros tipos de gás não agressivos: gás natural, ar, azoto...  
Para assegurar o correcto funcionamento, durante toda a vida do regulador, o gás utilizado deve ser puro e não deve conter substâncias agressivas.  
O campo da pressão de entrada, da pressão de saída, o caudal garantido e o gás de referência estão indicados no manípulo (A).  
Para uma instalação a GPL pode ser utilizado:  
- como estágio simples (alimentado directamente pela pressão do recipiente), se a pressão máxima de entrada especificada (A) é de 16bar (Propano ou GPL) ou de 7,5bar (Butano).  
- como segundo estágio (alimentado por um inversor ou por um regulador de primeiro estágio). Neste caso, verificar que a pressão de entrada real se mantém constante dentro do campo especificado (A).

**Temperatura de utilização:** -20°C/+50°C  
**Advertências antes da montagem**  
O gás pode ser perigoso e provocar feridas ou mesmo a morte.

A montagem, a verificação e a manutenção da instalação devem ser efectuadas por pessoas com a competência necessária em relação ao tipo de gás e à função requerida.  
A instalação deve ser realizada, verificada, utilizada e mantida em conformidade com as leis em vigor no país.

Verificar se a válvula de instalação está fechada e que nas proximidades não existam fontes de acendimento.  
Se na instalação forem utilizados tubos flexíveis, verificar o seu estado e a data de validade, etc.,...mismos. Substituí-los se necessário.  
Se na instalação forem utilizadas conexões (conector com porca), verificar a presença da junta e a sua integridade. Substituí-la se necessário.  
Verificar se os tipos de conexão dos elementos a ligar à entrada (B) e à saída (C), são compatíveis com aqueles do regulador. Os códigos das junções indicados no embalamento são aqueles descritos na norma EN13785.  
Se presentes, limpar cuidadosamente (soprar) as tubagens antes da entrada.

**Montagem do regulador**  
O regulador deverá ser instalado preferentemente no exterior (ver legislação local) e protegido contra a chuva e contra todos os outros agentes (neve, pó,...) que poderão obstruir o seu furo de saída (D).  
Em caso de montagem fixado à parede (Fig.3), é recomendável orientar a saída (C) para baixo. Ligar a entrada (B) e a saída (C) respeitando o sentido de passagem do gás, indicado pela seta (E).

**Regulação da pressão de saída**  
A regulação é feita mediante a rotação do manípulo (A). Os números (D) dão uma referência da posição de regulação.

**Manutenção**  
Nas condições normais de uso o regulador não necessita de manutenção. Para garantir o correcto funcionamento da instalação, recomendamos substituir o regulador num prazo de 10 anos de utilização.

**MANUAL A CONSERVAR PELO UTILIZADOR**  
O conteúdo deste folheto de instruções é apresentado unicamente a título informativo e o possuidor do aparelho para assegurar a correcta utilização deve ser interpretado como um instrumento de consulta específica ou implícita de cobertura para os produtos ou os serviços descritos ou a ser um de eles. Não se recomenda o direito de modificar ou alterar o processo ou as especificações dos produtos em qualquer momento e em qualquer caso.

**Deutsch**

**NIEDERDRUCKREGLER FÜR FLÜSSIGKEITEN**

**Anwendungsbereich**  
Der Druckregler wird hauptsächlich bei LPG-Installationen (Butan, Propan od. deren Mischungen) verwendet, um Geräte zu speisen, deren Ausgangsdruck geregelt werden muss (z.B. Strahlöfen, nicht für den Hausgebrauch geeignet). Er kann auch für andere, nicht aggressive Gasarten, wie Erdgas, Luft, Stickgas, usw. verwendet werden.  
Um sicher zu sein, dass der Regler während seiner gesamten Lebensdauer einwandfrei funktioniert, muss reines Gas verwendet werden, das keine aggressiven Stoffe enthält darf.  
Das Eingangs-, Ausgangsdruckfeld, die garantierte Leistung und das Bezugsgas sind auf dem Drehknopf (A) angegeben.  
Für eine LPG-Installation kann folgendes verwendet werden:  
- als eine einzige Stufe (die direkt durch den Behälter gespeist wird), wenn der spezifizierte Eingangsdruk (A) 16bar (Propan od. LPG) bzw. 7,5bar (Butan) beträgt.  
- als eine zweite Stufe (die durch einen Umschalter bzw. einen Regler der ersten Stufe gespeist wird). In diesem Fall darauf achten, dass der reale Eingangsdruk im spezifizierten Feld (A) konstant bleibt.

**Temperaturbereich:** -20°C/+50°C  
**Warnungen vor der Montage**  
Wir erinnern daran, dass das Gas kann gefährlich sein und Verletzungen bzw. den Tod verursachen kann.

Die Montage, Kontrolle und Wartung der Installation muss von Fachleuten mit den dem Gaslyp und der verlangten Verwendung entsprechenden Kenntnissen vorgenommen werden.  
Die Installation muss gemäß den im Land geltenden Gesetzen ausgeführt, überprüft, verwandelt bzw. gewartet werden.  
Sicherstellen, dass der Installationshahn geschlossen ist und sich in der Nähe keine Zündquellen befinden.

Wenn für die Installation Schläuche verwendet werden, ihren Zustand und das Verfallsdatum überprüfen, evtl. auswechseln.  
Wenn für die Installation Anschlüsse (anschluss mit Mutter) verwendet werden, das Vorhandensein und die Unversehrtheit der Dichtung überprüfen, evtl. auswechseln.  
Sicherstellen, dass die Anschlusstypen der am Eingang (B) und am Ausgang (C) anzuschließenden Elemente mit denen des Reglers vereinbar sind.  
Die auf der Verpackung angegebenen Kodenummern der Anschlüsse stimmen mit denen in den Richtlinien EN13785 überein.  
Falls vorhanden, die oberhalb liegenden Leitungen gut reinigen (blasen).

**Regelmontage**  
Der Regler sollte möglichst draußen installiert werden (siehe Regelungen vor Ort) und vor Regen und anderen Witterungseinflüssen (Schnee, Staub usw.), die den Entlüftungslöcher (D) verstopfen könnten, geschützt werden.  
Bei festem Wandanschluss (Abb. 3) wird empfohlen, den Ausgang (C) nach unten zu richten.

Den Eingang (B) und den Ausgang (C) unter Einhaltung der vom Pfeil (E) angezeigten Gasdurchflussrichtung verbinden.

**Regulierung des Ausgangsdruck**  
Sie wird durch Drehen des Drehknopfs (A) vorgenommen. Die Ziffern (D) beziehen sich auf die Regulierposition.

**Wartung**  
Unter normalen Betriebsbedingungen braucht der Regler nicht gewartet werden. Um den einwandfreien Betrieb der Installation zu gewährleisten, wird empfohlen, den Regler nach 10 Betriebsjahren auszuwechseln.

**DIE BETRIEBSANLEITUNG AUFBEWAHREN**  
Das Inhalt dieses Betriebsanleitung dient nur zur Informations und von der Benutzer, die die Regeln zu verstehen, darf sie nicht als explizite oder implizite Garantieerklärung für die Beschreibungen, Produkte oder Serviceleistungen sein. Für deren Gebrauch und Anwendbarkeit anzuwenden werden. Wir behalten uns das Recht vor, die Planung ohne Produktanpassungen zu jeder Zeit und ohne Vorankündigung zu ändern oder zu verbessern.

**Nederlands**

**LAAGDRUKREGELAAR**

**Toepassing**  
De drukregelaar wordt hoofdzakelijk gebruikt voor LPG installaties (butaan, propan of mengsets daarvan) voor de voeding van toestellen waarvoor het nodig is de uitgangsdruk te regelen (bijvoorbeeld een stralingskachel voor niet-huishoudelijk gebruik). Deze kan met andere niet-agressieve gassen worden gebruikt: aardgas, lucht, stikstof...  
Ter verzekering van een correcte werking van de regelaar tijdens de hele levensduur moet het gebruikte gas zuiver zijn zonder agressieve stoffen.  
De range van de ingangsdruk, uitgangsdruk, het verzekerde gasverbruik en het referentiegas zijn op de knop (A) aangegeven.  
Voor een LPG installatie kan het volgende gebruikt worden:  
- een enkelvoudige trap (direct gevoed door de druk van de tank), wanneer de gespecificeerde maximum ingangsdruk (A) 16 bar (propan of LPG) of 7,5 bar (butaan) bedraagt.  
- een tweede trap (gevoed door een inverter of door een regelaar van de eerste trap). In dit geval dient u zich ervan te vergewissen, dat de effectieve ingangsdruk constant binnen de gespecificeerde range (A) wordt gehouden.  
Gebruikstemperatuur: -20°C/+50°C

**Waarschuwingen vóór de montage**  
Let op: Het gas kan gevaarlijk zijn en verwondingen of de dood veroorzaken.

De montage, de controle en het onderhoud van de installatie moeten door vakpersoneel worden uitgevoerd.  
De installatie moet in overeenstemming met de wet die in het land van kracht is, aangelegd, gebruikt en onderhouden worden.  
Zich ervan vergewissen dat de kraan dicht is en dat er geen brandbronnen in de nabijheid zijn.

De conditie en de vervaldatum van eventueel gebruikte slang en controleren. Indien noodzakelijk, deze vervangen.  
Indien verbodsborden (koppeling met moer) gebruikt zijn, controleren dat de pakking aanwezig en onbeschadigd is. Indien noodzakelijk, deze vervangen.  
Zich ervan vergewissen, dat de fittingen op de ingang (B) en op de uitgang (C) compatibel zijn met die van de drukregelaar.  
De code van de op de verpakking aangegeven fittingen stemmen overeen met de richtlijnen EN13785.  
De eventueel aanwezige voorste buizen goed reinigen (blazen).

**Montage van de drukregelaar**  
De regelaar bij voorkeur buiten installeren (zie plaatselijke wettelijke regelingen), beschermd tegen regen en alle andere atmosferische factoren (sneeuw, stof, ...) die het luchtdruk (D) kunnen verstoppen.  
In geval van montage aan de wand (afb. 3) is het raadzaam, de uitgang (C) naar beneden te oriënteren.

De ingang (B) en de uitgang (C) verbinden, rekening houdend met de stroomrichting van het gas, aangegeven door de pijl (E).

**Regeling van de uitgangsdruk**  
De regeling wordt uitgevoerd door de knop (A) te draaien. De nummers (D) geven de regelingstand aan.

**Onderhoud**  
Bij normale gebruiksomstandigheden heeft de regelaar geen onderhoud nodig. Ter verzekering van de correcte werking van de installatie is het raadzaam, de regelaar na 10 jaar gebruik te vervangen.

**DEZE GEBRUIKSAANWIJZINGEN BEWAAREN**  
Deze gebruiksaanwijzingen zijn uitsluitend als voorlichting bedoeld en niet garanderen de juistheid van de informatie die wordt gegeven. Het is de gebruiker's verantwoordelijkheid om de beschrijving, producten of diensten of hun gebruik of de aanpak van de installatie te controleren. Wij behouden ons het recht voor, het ontwerp of de specificaties van de producten of de aanpak van de installatie te wijzigen of te verbeteren.

## ANEXO 12.- Especificaciones del metano.

### Densidad del gas natural

| Estado                 | Densidad                 | Temperatura | Presión |
|------------------------|--------------------------|-------------|---------|
| Gas natural            | 0,737 kg/m <sup>3</sup>  | 15 °C       | 1 atm   |
| Gas natural comprimido | 158,49 kg/m <sup>3</sup> | 15 °C       | 197 atm |
| Gas natural licuado    | 431 kg/m <sup>3</sup>    | -161 °C     | 1 atm   |

## ANEXO 13.- Características técnicas del Mechero Bunsen.



### MECHEROS BUNSEN CON CORTA-GAS DE SEGURIDAD

Con regulador de gas y aire.  
Desarrollado para el trabajo seguro en el laboratorio.  
Equipado con detector termopar que corta el gas después de 20 segundos en caso de extinción de llama. Con rãcor de tetina.

Ø ext. del tubo: 11 mm. Altura total: 140 mm.

| Código  | Para gas | Presión de utilización | Potencia nominal |
|---------|----------|------------------------|------------------|
| 7001546 | butano   | 28/37 mbar             | 0,69 kw          |
| 7001547 | natural  | 18 mbar                | 0,69 kw          |



### MECHEROS BUNSEN CON CORTA-GAS DE SEGURIDAD PARA GAS NATURAL

Con regulador de gas y aire.  
Desarrollado para el trabajo seguro en el laboratorio.  
Equipado con detector termopar que corta el gas después de 20 segundos en caso de extinción de llama. Con rãcor normalizado para conexión de conjunto espirométrico de 1/2" que se suministra como accesorio.

Ø ext. del tubo: 11 mm. Altura total: 165 mm.

| Código  | Para gas | Presión de utilización | Potencia nominal | Peso |
|---------|----------|------------------------|------------------|------|
| 7001539 | natural  | 18 mbar                | 0,69 kw          | 1,6  |



### MECHEROS BUNSEN

Con regulador de gas y de aire.

Ø ext. del tubo: 11 mm. Altura total: 140 mm.

| Código  | Para gas | Presión de utilización | Potencia nominal |
|---------|----------|------------------------|------------------|
| 7000657 | butano   | 28/37 mbar             | 0,69 kw          |
| 7000658 | natural  | 18 mbar                | 0,69 kw          |

Ø ext. del tubo: 13 mm. Altura total: 170 mm.

| Código  | Para gas | Presión de utilización | Potencia nominal |
|---------|----------|------------------------|------------------|
| 7000660 | butano   | 28/37 mbar             | 1,14 kw          |
| 7000661 | natural  | 18 mbar                | 1,14 kw          |

## ANEXO 14.- Desarrollo de la programación utilizando C++.

| <b>Se definen las librerías a utilizar</b>  |  |
|---|--|
| ➤ #include "max6675.h"  | ➤ //librería para el módulo MAX6675                          |
| ➤ #include <Wire.h>   | ➤ //librería para habilitar el puerto 20 y 21 como SDA Y SCL |
| ➤ #include <LiquidCrystal_I2C.h>  | ➤ //librería para la pantalla con módulo I2C                 |
| <b>Asignación de pines en arduino</b>   |  |
| <pre>const int automatico = 6; const int manual = 7; const int ledautomatico = 19; const int ledmanual = 18; const byte boton = 5; const int rele = 8;</pre>                        |  |
| <b>Configuración de los pines utilizados para la comunicación con el max6675</b>  |  |
| <pre>#define CONFIG_TCCK_PIN 4 // SPI SCK #define CONFIG_TCCS_PIN 3 // SPI CS #define CONFIG_TCDO_PIN 2 // SPI MISO LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);</pre>                         |  |
| <b>Variables de estado de botones</b>   |  |
| <pre>int estadoautomatico = HIGH; int estadomanual = HIGH; int estadoboton = HIGH; int estadorele = 0; MAX6675thermocouple (CONFIG_TCCK_PIN,CONFIG_TCCS_PIN,CONFIG_TCDO_PIN);</pre> |  |
| <pre>void setup() {   pinMode(automatico, INPUT);   pinMode(manual, INPUT);   pinMode(boton, INPUT);</pre>  |  |

```

// pin de led como salida
pinMode(ledautomatico, OUTPUT);
pinMode(ledmanual, OUTPUT);
pinMode(rele, OUTPUT);
digitalWrite(rele,LOW);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print(F("TERMOCUPLA"));
  lcd.setCursor(3,1);
  lcd.print(F("CON MAX6675"));
  delay(1000);
}

```

```

void loop() {
  float t = thermocouple.readCelsius();

  if (isnan(t)) {
    return;
  }
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(F("T Inter: "));
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print("C=");
  lcd.println(t);
  while (estadoautomatico == HIGH){
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Modo: ");
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print("Aut");
    break;
  }
}

```

```

while (estadoautomatico == LOW){
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Modo: ");
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print("Man");
    break;
}

while (estadorele == 1){
    lcd.setCursor(9,1);
    lcd.print("Solen: ");
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print("A");
    break;
}

while (estadorele == 0){
    lcd.setCursor(9,1);
    lcd.print("Solen: ");
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print("D");
    break;
}

delay(1000);

estadoautomatico = digitalRead(automatico);
estadomanual = digitalRead(manual);
estadoboton = digitalRead(boton);
if (estadoautomatico == LOW)
{
    digitalWrite(ledautomatico, LOW);
    digitalWrite(ledmanual, HIGH);
    if(estadoboton == HIGH){

```

```

digitalWrite(rele,HIGH);
for (float a=11; a>0; a--){
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("T restant: ");
lcd.setCursor(10,1);
lcd.print(a);
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print(" seg");
delay(1000);
}
}
else{digitalWrite(rele,LOW);}
}
if (estadomanual == LOW) {
digitalWrite(ledautomatico, HIGH);
digitalWrite(ledmanual, LOW);
if(estadoboton == HIGH)
{
if(estadorele == 0)
{
estadorele=1;
digitalWrite(rele,HIGH);
}
else
{
estadorele=0;
digitalWrite(rele,LOW);
}
}
}
}
}

```



## ANEXO 15.- Características técnicas del electrodo y tipo de solda para acero inoxidable.

**ALMACENAMIENTO, MANTENIMIENTO Y RECUPERACIÓN DE ELECTRODOS INOXIDABLES**

Todos los tipos de electrodos son afectados por la humedad, la absorción de humedad no sólo produce cambios en las características de soldabilidad (Estabilidad de Arco) y apariencia del recubrimiento, sino también pérdidas en las características mecánicas del metal depositado y pueden presentar porosidades y otros defectos que los dejan fuera de la aprobación de las normas de inspección, ya sean éstas visuales, mecánicas o radiográficas.

Como las condiciones de mantenimiento y reacondicionamiento son diferentes para diversos tipos de electrodos, hemos agrupado aquellos cuyas características más se asemejen a fin de facilitar la observación de estas medidas. Previamente analicemos los siguientes conceptos:

a) **CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:** - Son aquellas que se deben observar con el stock de soldadura en cajas cerradas.

b) **CONDICIONES DE MANTENCIÓN:** - Son aquellas que se deben observar con las cajas de electrodos una vez abiertas.

c) **REACONDICIONAMIENTO:** - Son las condiciones de temperatura y tiempo a los cuales hay que someter a los electrodos que hayan reabsorbido humedad del ambiente.

| Tipo de Revestimiento | Tipo AGA | Clasificación AWS | Temperatura Almacenamiento | Temperatura Montención | Temperatura Recuperación |
|-----------------------|----------|-------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|
| Inoxidables           | R-60     | E308L-16          | 40° C                      | 100° C                 | -150° C                  |
| Inoxidables           | R-63     | E316L-16          | 40° C                      | 100° C                 | -150° C                  |
| Inoxidables           | R-65     | E309L-Mo-16       | 40° C                      | 100° C                 | -150° C                  |
| Inoxidables           | R-67     | E310-16           | 40° C                      | 100° C                 | -150° C                  |
| Inoxidables           | R-72     | E309L-16          | 40° C                      | 100° C                 | -150° C                  |
| Inoxidables           | R-91     | E312-16           | 40° C                      | 100° C                 | -150° C                  |

\* Antes de reacondicionar electrodos húmedos, éstos deberán mantenerse a 80°C durante 1 hora, a fin de evitar trizaduras en los revestimientos debido a bruscas diferencias de temperatura; para luego subir la temperatura de 150°C por 1 hora.

AGA ahora es Linde

**ELECTRODOS PARA ACERO INOXIDABLE**

AGA R - 60 Norma AWS E 308L - 16

**Análisis del Metal Depositado:** Identificación: Punta Gris  
C 0.02% | Mn 0.7% | Si 0.7% | Cr 19% | Ni 10%  
 - Valores típicos

**Características:** Electrodo rutílico que deposita un acero inoxidable austenítico. El R-60 posee buena resistencia a la corrosión y gracias a su bajísimo contenido de carbono evita la precipitación de carburos de cromo, cuando se sueldan aceros 18/8 de bajo carbono. Posee así mismo una buena resistencia a los agentes oxidantes.

**Propiedades Mecánicas:**

| Resistencia a la Tracción     | Elongación |
|-------------------------------|------------|
| 60 kg./mm <sup>2</sup>        | 40%        |
| 85,000 lbs./pulg <sup>2</sup> |            |

- Valores típicos

**Posiciones de Soldar:** Plana, horizontal, vertical ascendente y sobre cabezas.

**Corriente y polaridad:**

| Código de Producto | Para corriente alterna o continua Electrodo al polo positivo |      |        |         |
|--------------------|--|------|--------|---------|
|                    | Ø mm   | 3/32 | 3/20   | 4.0     |
| 261410013          |  |      |        |         |
| 261410014          | Ø Polg.  | 1/8  | 1/8    | 5/32    |
| 261410015          | Amperaje   | 5/32 | 80-110 | 110-145 |

**Aplicaciones:**

- Para soldar aceros inoxidables 18Cr/8Ni/Est. (con Cb o Nb) tanto en versión normal como en la de bajo carbono (L) tales como: AISI 301, 302, 304, 304L, 308, 347 y 348
- Unión de aceros inoxidables al cromo: 405, 410 y 420
- Para soldar aceros al manganeso, aceros aleados y aceros al carbono

**NOTA:** Revisar temperatura de almacenamiento y recuperación. (Ver pág. 30)

**LARGO:** 350 mm. **PESO POR CAJA:** 5 kg./11 lbs.

AGA ahora es Linde

## ANEXO 16.- Características de los modelos de válvulas UNI-D.

| DIN | MODEL | PIPE SIZE | Cv  | ORIFICE | FLUID TEMP. °C | MAX. OPERATING PRESSURE DIFF, KGF/CM <sup>2</sup> |        |        |           | DIMENSION(mm) |     |    | WEIGHT (kg) |
|-----|-------|-----------|-----|---------|----------------|---|--------|--------|-----------|---------------|-----|----|-------------|
|     |       |           |     |         |                | WATER   | AIR    | STEAM  | HEAVY OIL | L             | H   | D  |             |
|     | US-15 | 1/2"      | 4.0 | 17 mm   | -5°C ~ 185°C   | 0.5-15  | 0.5-15 | 0.5-10 | 0.5-10    | 82            | 120 | 58 | 1.7         |
|     | US-20 | 3/4"      | 6.0 | 17 mm   | -5°C ~ 185°C   | 0.5-15  | 0.5-15 | 0.5-10 | 0.5-10    | 82            | 123 | 58 | 1.7         |
|     | US-25 | 1"        | 12  | 22 mm   | -5°C ~ 185°C   | 0.5-15  | 0.5-15 | 0.5-10 | 0.5-10    | 91            | 130 | 58 | 2.0         |
|     | US-35 | 1 1/4"    | 18  | 30 mm   | -5°C ~ 185°C   | 1-10  | 1-15   | 1-10   | 1-10      | 110           | 141 | 58 | 3.1         |
|     | US-40 | 1 1/2"    | 22  | 30 mm   | -5°C ~ 185°C   | 1-10  | 1-15   | 1-10   | 1-10      | 110           | 144 | 58 | 3.3         |
|     | US-50 | 2"        | 48  | 50 mm   | -5°C ~ 185°C   | 1-10  | 1-15   | 1-10   | 1-10      | 163           | 173 | 58 | 7.2         |



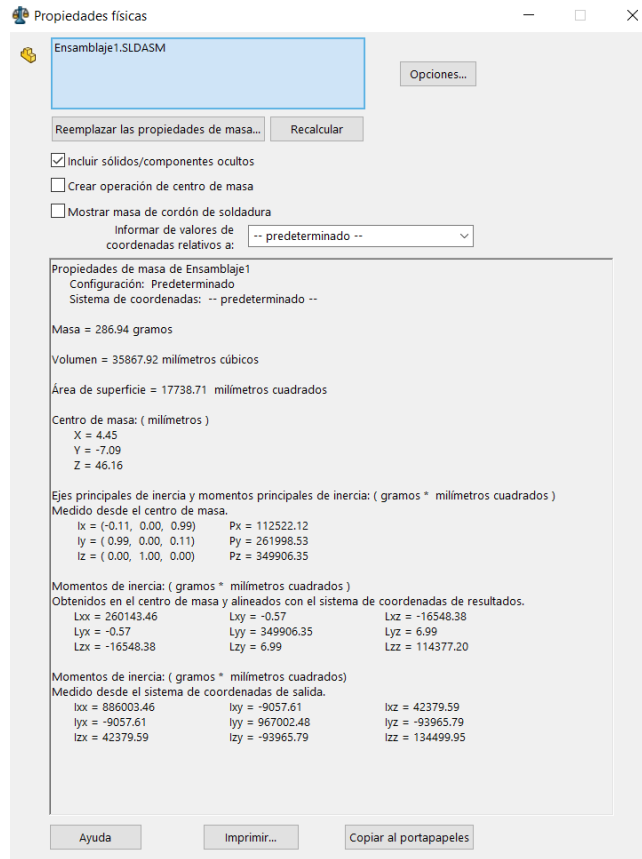
**ANEXO17.- Poderes caloríficos tanto del GLP como del metano.**

| Poderes caloríficos inferiores de las principales fuentes energéticas |                              |              |               |             |        |        |
|---|------------------------------|--------------|---------------|-------------|--------|--------|
| Tipo de combustible   | PCI (MJ/l)                   | PCI (kWh/kg) | PCS (kcal/kg) | PCI (Btu/l) |        |        |
| Petróleo y productos petrolíferos                                     | Petróleo Bruto               | 42.300       | 11.750        | 10.110      | 1.0103 |        |
|   | Materias primas de refinería | 43.000       | 11.944        | 10.277      | 1.0270 |        |
|   | GLP                          | 47.300       | 13.139        | 11.305      | 1.1297 |        |
|   | Propano                      | 47.300       | 13.139        | 11.305      | 1.1297 |        |
|   | Butano                       | 47.300       | 13.139        | 11.305      | 1.1297 |        |
|   | Queroseno aviación           | 44.100       | 12.250        | 10.540      | 1.0533 |        |
|   | Otros querosenos             | 43.800       | 12.167        | 10.468      | 1.0461 |        |
|   | Gasolina                     | 44.300       | 12.306        | 10.588      | 1.0581 |        |
|   | Gasolina aviación            | 44.300       | 12.306        | 10.588      | 1.0581 |        |
|   | Gasóleo/Diesel               | 43.000       | 11.944        | 10.277      | 1.0270 |        |
|   | Fuelóleo                     | 40.400       | 11.222        | 9.656       | 0.9649 |        |
|   | Alquitrán                    | 40.200       | 11.167        | 9.608       | 0.9602 |        |
|   | Nafta                        | 44.500       | 12.361        | 10.636      | 1.0629 |        |
|   | Lubricantes                  | 40.200       | 11.167        | 9.608       | 0.9602 |        |
|   | Coque de petróleo            | 32.500       | 9.028         | 7.768       | 0.7762 |        |
|   | Gases                        | GNL          | 44.200        | 12.278      | 10.564 | 1.0557 |
|   |                              | Gas natural  | 48.000        | 13.333      | 11.472 | 1.1465 |
| Metano  |                              | 50.000       | 13.889        | 11.950      | 1.1942 |        |
| Etano   |                              | 46.400       | 12.889        | 11.090      | 1.1082 |        |
| Gas de refinería  |                              | 49.500       | 13.750        | 11.831      | 1.1823 |        |
| Gas de coquería   |                              | 38.700       | 10.750        | 9.250       | 0.9243 |        |
| Gas de alto horno   |                              | 2.470        | 0.686         | 590         | 0.0590 |        |
| Biogases en general   |                              | 50.400       | 14.000        | 12.046      | 1.2038 |        |
| Biogás pobre  |                              | 50.400       | 14.000        | 12.046      | 1.2038 |        |
| Biogás de vertedero   |                              | 50.400       | 14.000        | 12.046      | 1.2038 |        |

**ANEXO 18.- Tabla del comportamiento de combustión del metano según el porcentaje de aire [33].**

| COMBUSTIBLE: METANO |                  |                  |                    |                    |                  |                  |             |
|---------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-------------|
| % Aire Teórico      | REACTIVOS        |                  | PRODUCTOS          |                    |                  |                  | Eval        |
|                     | Oxígeno molec.   | Nitrógeno molec. | Vapor de agua      | Dióxido de carbono | Oxígeno molec.   | Nitrógeno molec. | A/C kg aire |
|                     | a O <sub>2</sub> | d N <sub>2</sub> | b H <sub>2</sub> O | c CO <sub>2</sub>  | e O <sub>2</sub> | d N <sub>2</sub> | kg comb     |
| 100                 | 2                | 7,52             | 2                  | 1                  | 0                | 7,52             | 17,2        |
| 120                 | 2,4              | 9,02             | 2                  | 1                  | 0,4              | 9,02             | 20,7        |
| 140                 | 2,8              | 10,53            | 2                  | 1                  | 0,8              | 10,53            | 24,1        |
| 160                 | 3,2              | 12,03            | 2                  | 1                  | 1,2              | 12,03            | 27,6        |
| 180                 | 3,6              | 13,54            | 2                  | 1                  | 1,6              | 13,54            | 31,0        |
| 200                 | 4                | 15,04            | 2                  | 1                  | 2                | 15,04            | 34,5        |
| 220                 | 4,4              | 16,54            | 2                  | 1                  | 2,4              | 16,54            | 37,9        |
| 240                 | 4,8              | 18,05            | 2                  | 1                  | 2,8              | 18,05            | 41,4        |
| 260                 | 5,2              | 19,55            | 2                  | 1                  | 3,2              | 19,55            | 44,8        |
| 280                 | 5,6              | 21,06            | 2                  | 1                  | 3,6              | 21,06            | 48,2        |
| 300                 | 6                | 22,56            | 2                  | 1                  | 4                | 22,56            | 51,7        |

## ANEXO 19.- Propiedades del Sujetador del porta-probeta.

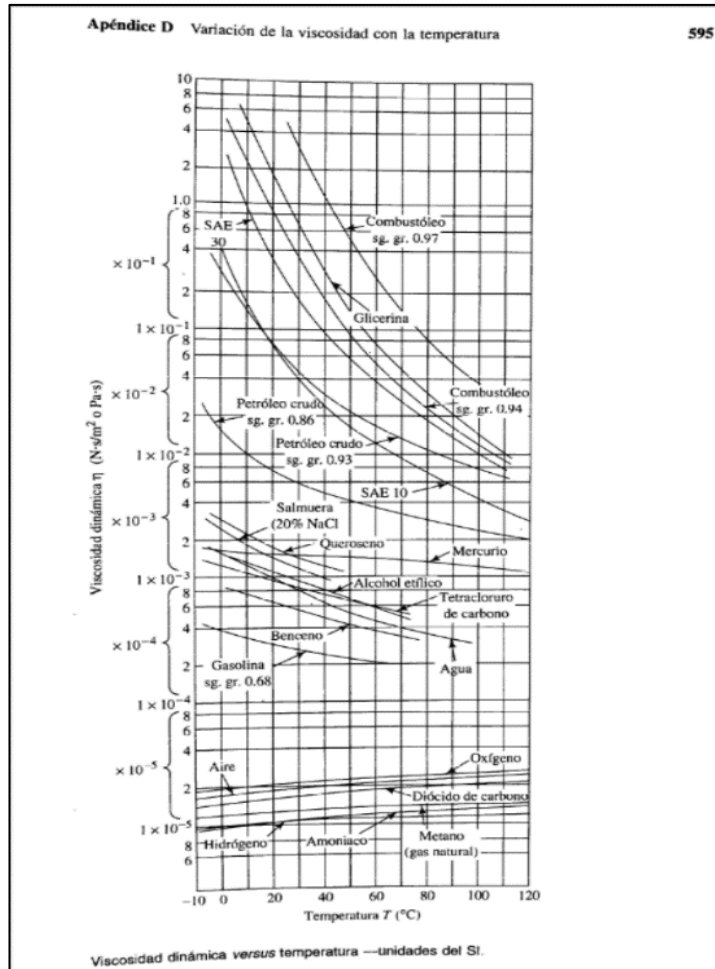


## ANEXO 20.- Propiedades de tubos de acero, como flujo de área y diámetros [36].

**G Dimensiones de tubos de acero**

| Diámetro exterior |      | Espesor de pared |       | Diámetro interior |         |       | Flujo de área          |                        |
|-------------------|------|------------------|-------|-------------------|---------|-------|------------------------|------------------------|
| (pulg)            | (mm) | (pulg)           | (mm)  | (pulg)            | (pies)  | (mm)  | (pie <sup>2</sup> )    | (m <sup>2</sup> )      |
| 1/8               | 3.18 | 0.032            | 0.813 | 0.061             | 0.00508 | 1.549 | $2.029 \times 10^{-5}$ | $1.885 \times 10^{-6}$ |
|                   |      | 0.035            | 0.889 | 0.055             | 0.00458 | 1.397 | $1.650 \times 10^{-5}$ | $1.533 \times 10^{-6}$ |
| 3/16              | 4.76 | 0.032            | 0.813 | 0.124             | 0.01029 | 3.137 | $8.319 \times 10^{-5}$ | $7.728 \times 10^{-6}$ |
|                   |      | 0.035            | 0.889 | 0.117             | 0.00979 | 2.985 | $7.530 \times 10^{-5}$ | $6.996 \times 10^{-6}$ |
| 1/4               | 6.35 | 0.035            | 0.889 | 0.180             | 0.01500 | 4.572 | $1.767 \times 10^{-4}$ | $1.642 \times 10^{-5}$ |
|                   |      | 0.049            | 1.24  | 0.152             | 0.01267 | 3.861 | $1.260 \times 10^{-4}$ | $1.171 \times 10^{-5}$ |
| 5/16              | 7.94 | 0.035            | 0.889 | 0.243             | 0.02021 | 6.160 | $3.207 \times 10^{-4}$ | $2.980 \times 10^{-5}$ |
|                   |      | 0.049            | 1.24  | 0.215             | 0.01788 | 5.448 | $2.509 \times 10^{-4}$ | $2.331 \times 10^{-5}$ |

ANEXO 21.- Gráfica de viscosidad dinámica vs temperatura del metano [36].



**ANEXO 22.- Composición química típica de aceros inoxidable (material base) aceros austeníticos [22].**




**COMPOSICIÓN QUÍMICA TÍPICA DE ACEROS INOXIDABLES (MATERIAL BASE)**

Composición % (a)

| TIPO AISI AUSTENITICOS | C          | Mn        | Si       | Cr        | Ni        | P     | S       | OTROS                |
|------------------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|-------|---------|----------------------|
| 201                    | 0,15       | 5,5-7,5   | 1,00     | 16,0-18,0 | 3,5-5,5   | 0,06  | 0,03    | 0,25N                |
| 202                    | 0,15       | 7,5-10,0  | 1,00     | 17,0-19,0 | 4,0-6,0   | 0,06  | 0,03    | 0,25N                |
| 205                    | 0,12-0,25  | 14,0-15,5 | 1,00     | 16,5-18,0 | 1,0-1,75  | 0,06  | 0,03    | 0,32-0,40N           |
| 301                    | 0,15       | 2,00      | 1,00     | 16,0-18,0 | 6,0-8,0   | 0,045 | 0,03    |                      |
| 302                    | 0,15       | 2,00      | 1,00     | 17,0-19,0 | 8,0-10,0  | 0,045 | 0,03    |                      |
| 302B                   | 0,15       | 2,00      | 2,0-3,0  | 17,0-19,0 | 8,0-10,0  | 0,045 | 0,03    |                      |
| 303                    | 0,15       | 2,00      | 1,00     | 17,0-19,0 | 8,0-10,0  | 0,20  | 0,15min | 0,6 Mo               |
| 303Se                  | 0,15       | 2,00      | 1,00     | 17,0-19,0 | 8,0-10,0  | 0,20  | 0,06    | 0,15min Se           |
| 304                    | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 18,0-20,0 | 8,0-10,5  | 0,045 | 0,03    |                      |
| 304H                   | 0,04-0,10  | 2,00      | 1,00     | 18,0-20,0 | 8,0-10,5  | 0,045 | 0,03    |                      |
| 304L                   | 0,03       | 2,00      | 1,00     | 18,0-20,0 | 8,0-12,0  | 0,045 | 0,03    |                      |
| 304LN                  | 0,03       | 2,00      | 1,00     | 18,0-20,0 | 8,0-12,0  | 0,045 | 0,03    | 0,10-0,16N           |
| 302Cu                  | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 17,0-19,0 | 8,0-10,0  | 0,045 | 0,03    | 3,0-4,0Cu            |
| 304N                   | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 18,0-20,0 | 8,0-10,5  | 0,045 | 0,03    | 0,10-0,16N           |
| 305                    | 0,12       | 2,00      | 1,00     | 17,0-19,0 | 10,5-13,0 | 0,045 | 0,03    |                      |
| 308                    | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 19,0-21,0 | 10,0-12,0 | 0,045 | 0,03    |                      |
| 309                    | 0,20       | 2,00      | 1,00     | 22,0-24,0 | 12,0-15,0 | 0,045 | 0,03    |                      |
| 309S                   | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 22,0-24,0 | 12,0-15,0 | 0,045 | 0,03    |                      |
| 310                    | 0,25       | 2,00      | 1,50     | 24,0-26,0 | 19,0-22,0 | 0,045 | 0,03    |                      |
| 310S                   | 0,08       | 2,00      | 1,50     | 24,0-26,0 | 19,0-22,0 | 0,045 | 0,03    |                      |
| 314                    | 0,25       | 2,00      | 1,5-3,0  | 23,0-26,0 | 19,0-22,0 | 0,045 | 0,03    |                      |
| 316                    | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 16,0-18,0 | 10,0-14,0 | 0,045 | 0,03    | 2,0-3,0Mo            |
| 316F                   | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 16,0-18,0 | 10,0-14,0 | 0,20  | 0,10min | 1,75-2,5Mo           |
| 316H                   | 0,04-0,10  | 2,00      | 1,00     | 16,0-18,0 | 10,0-14,0 | 0,045 | 0,03    | 2,0-3,0Mo            |
| 316L                   | 0,03       | 2,00      | 1,00     | 16,0-18,0 | 10,0-14,0 | 0,045 | 0,03    | 2,0-3,0Mo            |
| 316LN                  | 0,03       | 2,00      | 1,00     | 16,0-18,0 | 10,0-14,0 | 0,045 | 0,03    | 2,0-3,0Mo;0,10-0,16N |
| 316N                   | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 16,0-18,0 | 10,0-14,0 | 0,045 | 0,03    | 2,0-3,0Mo;0,10-0,16N |
| 317                    | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 18,0-20,0 | 11,0-15,0 | 0,045 | 0,03    | 3,0-4,0Mo            |
| 317L                   | 0,03       | 2,00      | 1,00     | 18,0-20,0 | 11,0-15,0 | 0,045 | 0,03    | 3,0-4,0Mo            |
| 321                    | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 17,0-19,0 | 9,0-12,0  | 0,045 | 0,03    | 5x% C min Ti         |
| 321H                   | 0,04-0,010 | 2,00      | 1,00     | 17,0-19,0 | 9,0-12,0  | 0,045 | 0,03    | 5x% C min Ti         |
| 330                    | 0,08       | 2,00      | 0,75-1,5 | 17,0-20,0 | 34,0-37,0 | 0,04  | 0,03    |                      |
| 347                    | 0,0,8      | 2,00      | 1,00     | 17,0-19,0 | 9,0-13,0  | 0,045 | 0,03    | 10x%C min Nb         |
| 347H                   | 0,04-0,10  | 2,00      | 1,00     | 17,0-19,0 | 9,0-13,0  | 0,045 | 0,03    | 8x%Cmin-1,0max-Nb    |
| 348                    | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 17,0-19,0 | 9,0-13,0  | 0,045 | 0,03    | 0,2Co;10x%C          |
| 348H                   | 0,04-0,10  | 2,00      | 1,00     | 17,0-19,0 | 9,0-13,0  | 0,045 | 0,03    |                      |
| 384                    | 0,08       | 2,00      | 1,00     | 15,0-17,0 | 17,0-19,0 | 0,045 | 0,03    |                      |

## ANEXO 23.- Certificado de calibración del Cronometro Sper Cientific implementado en el LIM – UTA.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CC-4601-011-20

|   |   |   |                    |                      |                         |                       |
|---|---|---|--------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|
|    |   |   |                    |                      |                         |                       |
| <b>IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE</b>   |   |   |                    |                      |                         |                       |
| NOMBRE:   | UNIDAD DE VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO UVPSUTA |   |                    |                      |                         |                       |
| DIRECCIÓN:  | AV. LOS CHASQUIS S/N Y RIO PAYAMINO   |   |                    |                      |                         |                       |
| TELÉFONO:   | 2400428   |   |                    |                      |                         |                       |
| PERSONA(S) DE CONTACTO:   | SEGUNDO PALACIOS  |   |                    |                      |                         |                       |
| <b>IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE CALIBRACIÓN</b>   |   |   |                    |                      |                         |                       |
| ÍTEM:   | CRONOMETRO  | CÓDIGO ASIGNADO:  | E-17281            |                      |                         |                       |
| MARCA:  | SPER SCIENTIFIC   | RESOLUCIÓN:   | 0,01               |                      |                         |                       |
| MODELO:   | 810033  | INTERVALO DE MEDIDA <sup>(1)</sup> :  | 9 h 59 min 59,99 s |                      |                         |                       |
| SERIE:  | NO ESPECIFICA   | UBICACIÓN:  | NO ESPECIFICA      |                      |                         |                       |
| <b>EQUIPAMIENTO UTILIZADO</b>   |   |   |                    |                      |                         |                       |
| <b>CÓDIGO</b>   | <b>NOMBRE</b>   | <b>MARCA</b>  | <b>MODELO</b>      | <b>SERIE</b>         | <b>VENCE CAL.</b>       | <b>N° CERTIFICADO</b> |
| EL_PC.046   | CRONOMETRO PATRON   | CASIO   | HS-80TW            | 606Q11R              | 2021-05-30              | LTF-C-125-2019        |
| EL_PT.365   | TERMOHIGROMETRO   | CENTER  | 342                | 190601459            | 2021-04-01              | CC-1137-001-20        |
| <b>DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD METROLÓGICA</b>  |   |   |                    |                      |                         |                       |
| Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del INACAL (Instituto Nacional de Calidad – Perú) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).  |   |   |                    |                      |                         |                       |
| <b>CALIBRACIÓN</b>  |   |   |                    |                      |                         |                       |
| MÉTODO:   | COMPARACIÓN DIRECTA CON CRONÓMETRO PATRÓN   |   |                    |                      |                         |                       |
| DOCUMENTO DE REFERENCIA:  | CEM TF-003:2000 (EDICIÓN 0)   |   |                    |                      |                         |                       |
| PROCEDIMIENTO:  | PEC.EL.06   |   |                    |                      |                         |                       |
| LUGAR DE CALIBRACIÓN:   | LABORATORIO DE ELÉCTRICA Y ÓPTICA (ELICROM)   |   |                    |                      |                         |                       |
| TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA:  | 23,1 °C   | ±0,4 °C   |                    |                      |                         |                       |
| HUMEDAD RELATIVA MEDIA:   | 51,4 %HR  | ±0,5 %HR  |                    |                      |                         |                       |
| <b>RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN</b>   |   |   |                    |                      |                         |                       |
| Nominal   | Lectura Ítem  | Lectura Patrón  | Error de Medición  | Incertidumbre (k= 2) | Factor de Cobertura (k) |                       |
| s   | s   | s   | s                  | s                    |                         |                       |
| 5   | 0,19  | 0,023   | 0,167              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| 30  | 0,29  | 0,141   | 0,149              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| 60  | 60,18   | 60,034  | 0,146              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| 120   | 120,29  | 120,147   | 0,143              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| 300   | 300,19  | 300,044   | 0,146              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| 600   | 600,39  | 600,209   | 0,181              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| 1200  | 1200,08   | 1200,022  | 0,058              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| 1800  | 1800,47   | 1800,332  | 0,138              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| 2700  | 2700,29   | 2700,081  | 0,209              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| 3600  | 3600,19   | 3600,021  | 0,169              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| 5400  | 5400,38   | 5400,207  | 0,173              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| 7200  | 7200,29   | 7200,140  | 0,150              | 0,055                | 2,87                    |                       |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |   |   |                    |                      |                         |                       |
| La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición (intervalo de confianza), la cual se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k, que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración. |   |   |                    |                      |                         |                       |
| <b>NOTA:</b> La lectura del patrón y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).   |   |   |                    |                      |                         |                       |
| <sup>(1)</sup> Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.  |   |   |                    |                      |                         |                       |
| <sup>(2)</sup> Información tomada de las especificaciones del ítem de calibración (proporcionada por el fabricante).  |   |   |                    |                      |                         |                       |
| <b>CALIBRACIÓN REALIZADA POR:</b>   | Alex Bajaña   |   |                    |                      |                         |                       |
| <b>FECHA DE RECEPCIÓN DEL ÍTEM:</b>   | 2020-12-21  | <b>FECHA DE EMISIÓN:</b>  | 2020-12-22         |                      |                         |                       |
| <b>FECHA DE CALIBRACIÓN:</b>  | 2020-12-22  |   |                    |                      |                         |                       |



Autenticación de certificado

Autorizado y firmado electrónicamente por:





Gerente técnico - Autorización EC220319SP



Sustento legal de firma electrónica

# Anexo 24.- Certificado de calibración de la Regla Fénix implementada en LIM – UTA.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CC-4601-007-20

|    |   |  <p>SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO<br/>Acreditación N° SAE LC 10-009<br/>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN</p> |                   |   <p>ACCREDITED<br/>Calibration Laboratory<br/>Cert. No. 4286.01</p> |            |                |
|---|---|---|-------------------|--|------------|----------------|
| IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE  |   |   |                   |  |            |                |
| NOMBRE:   | UNIDAD DE VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO UVPSUTA |   |                   |  |            |                |
| DIRECCIÓN:  | AV. LOS CHASQUIS S/N Y RIO PAYAMINO   |   |                   |  |            |                |
| TELÉFONO:   | 2400428   |   |                   |  |            |                |
| PERSONA(S) DE CONTACTO:   | SEGUNDO PALACIOS  |   |                   |  |            |                |
| IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE CALIBRACIÓN  |   |   |                   |  |            |                |
| ÍTEM:   | REGLA   | CLASE:  | NO ESPECIFICA     |  |            |                |
| MARCA:  | FENIX   | UNIDAD DE MEDIDA:   | cm                |  |            |                |
| MODELO:   | NO ESPECIFICA   | RESOLUCIÓN:   | 0,05 ; 0,1        |  |            |                |
| SERIE:  | NO ESPECIFICA   | INTERVALO DE MEDIDA:  | 30 cm             |  |            |                |
| CÓDIGO <sup>(*)</sup> :   | E-13114   | UBICACIÓN:  | NO ESPECIFICA     |  |            |                |
| EQUIPAMIENTO UTILIZADO  |   |   |                   |  |            |                |
| CÓDIGO  | NOMBRE  | MARCA   | MODELO            | SERIE  | VENCE CAL. | N° CERTIFICADO |
| EL.PC.034   | CINTA METRICA PATRON  | STARRET   | TS510-15M         | 13409  | 2021-10-26 | 68604-106      |
| EL.PC.035   | LUPA BRINELL  | PRECISIÓN   | SCOPE- 20X        | 1112354  | 2022-10-06 | CC-3491-021-20 |
| EL.PT.597   | BAROMETRO   | CONTROL COMPANY   | 1081              | 160458369  | 2021-05-15 | CC-1221-022-20 |
| EL.PT.632   | TERMOHIGROMETRO   | CENTER  | 342               | 161004518  | 2021-05-01 | CC-1221-002-20 |
| DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD METROLÓGICA   |   |   |                   |  |            |                |
| Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del NPL (National Physical Laboratory – Reino Unido) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).   |   |   |                   |  |            |                |
| CALIBRACIÓN   |   |   |                   |  |            |                |
| MÉTODO:   | COMPARACIÓN DIRECTA CON CINTA MÉTRICA PATRÓN Y RETÍCULA PATRÓN  |   |                   |  |            |                |
| DOCUMENTO DE REFERENCIA:  | CEM DI-011:2010 (EDICIÓN DIGITAL 1)   | TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA:  | 20,8 °C           | ±0,1 °C  |            |                |
| PROCEDIMIENTO:  | PEC.EL37  | HUMEDAD RELATIVA MEDIA:   | 51,5 %HR          | ±0,2 %HR   |            |                |
| LUGAR DE CALIBRACIÓN:   | LABORATORIO DE LONGITUD (ELICROM)   | PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA:  | 1013 hPa          | ±0 hPa   |            |                |
| RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN  |   |   |                   |  |            |                |
| Nominal   | Resultado   | Error de Medición   |                   |  |            |                |
| cm  | cm  | cm  |                   |  |            |                |
| 2   | 1,985   | -0,015  |                   |  |            |                |
| 4   | 3,960   | -0,040  |                   |  |            |                |
| 6   | 5,950   | -0,050  |                   |  |            |                |
| 10  | 9,945   | -0,055  |                   |  |            |                |
| 15  | 14,940  | -0,060  |                   |  |            |                |
| 20  | 19,940  | -0,060  |                   |  |            |                |
| 25  | 24,940  | -0,060  |                   |  |            |                |
| 30  | 29,945  | -0,055  |                   |  |            |                |
| Incertidumbre de Medición: 0,046 cm   |   | Incertidumbre de Medición en µm: 460  |                   |  |            |                |
| OBSERVACIONES   |   |   |                   |  |            |                |
| La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición (intervalo de confianza), la cual se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k, que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración. |   |   |                   |  |            |                |
| NOTA 1: El resultado de la medición se refiere al valor real obtenido por el sistema de calibración en cada valor nominal.  |   |   |                   |  |            |                |
| NOTA 2: El resultado y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).   |   |   |                   |  |            |                |
| <sup>(*)</sup> Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.  |   |   |                   |  |            |                |
| CALIBRACIÓN REALIZADA POR:  | Mario Tigreros  |   | FECHA DE EMISIÓN: | 2020-12-17   |            |                |
| FECHA DE RECEPCIÓN DEL ÍTEM:  | 2020-12-14  |   |                   |  |            |                |
| FECHA DE CALIBRACIÓN:   | 2020-12-17  |   |                   |  |            |                |



Autenticación de certificado

Autorizado y firmado electrónicamente por:

Gerente técnico - Autorización EC220319SP



Sustento legal de firma electrónica




## ANEXO 25.- Matriz de riesgos de imparcialidad.


La matriz de riesgos de imparcialidad del Laboratorio de Investigación para Ensayos de Inflamabilidad LIM-UTA cuenta con derechos de confidencialidad, por lo tanto, a continuación, se describe brevemente las características de su estructura.

Este documento es capaz de identificar los riesgos relacionados a la imparcialidad y eliminarlos o minimizarlos. Dentro de este documento se determina el factor que influye en la imparcialidad, causa, amenaza, nivel de riesgo, frecuencia, referencia y la manera de reducir o minimizar el riesgo.

## ANEXO 26.- Procedimiento para gestión de imparcialidad.

|  |  |             |                   |
|--|--|-------------|-------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                   |
|  | <b>PROCEDIMIENTO PARA GESTIÓN DE IMPARCIALIDAD</b>                 |             |                   |
|  | Código: D-LIM-PGI  | Versión: 00 | Fecha: 27/06/2022 |

| <b>Elaborado por:</b> | <b>Revisado por:</b>  | <b>Aprobado por:</b>      |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico               | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo  | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022           | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                       |                       |                           |

|   |  |             |                      |
|---|--|-------------|----------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                      |
|   | <b>PROCEDIMIENTO PARA GESTIÓN DE IMPARCIALIDAD</b>                 |             |                      |
|   | Código: D-LIM-PGI  | Versión: 00 | Fecha:<br>27/06/2022 |

## **Tabla de contenido**

|      |                                   |   |
|------|-----------------------------------|---|
| 1.   | OBJETIVO .....                    | 3 |
| 2.   | ALCANCE .....                     | 3 |
| 3.   | DEFINICIONES Y ABREVIATURAS ..... | 3 |
| 4.   | RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 3 |
| 5.   | DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 4 |
| 5.1. | DOCUMENTOS RELACIONADOS.....      | 4 |
| 6.   | DESARROLLO.....                   | 4 |
| 6.1. | CASOS ESPECIALES .....            | 5 |
| 6.2. | DIAGRAMA DEL PROCESO.....         | 5 |
| 7.   | INCERTIDUMBRE .....               | 7 |
| 8.   | CONTROL DE CAMBIOS.....           | 7 |



## ANEXO 27.- Carta de confidencialidad.

La carta de confidencialidad del Laboratorio de Investigación para Ensayos de Inflamabilidad LIM-UTA cuenta con derechos de confidencialidad, por lo tanto, a continuación, se describe brevemente las características de su estructura.

Este documento define los principales lineamientos de confidencialidad que mantiene con el cliente al prestar sus servicios y también establece las sanciones en el caso de que se violen estos lineamientos.

## ANEXO 28.- Seleccionar, formar, supervisar y autorizar personal.

|  |  |                    |                         |
|--|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|  | <b>SELECCIONAR, FORMAR, SUPERVISAR Y<br/>AUTORIZAR PERSONAL</b>        |                    |                         |
|  | <b>Código:</b> D-LIM-FSAP  | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |


| <b>Elaborado por:</b> | <b>Revisado por:</b>  | <b>Aprobado por:</b>      |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico               | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo  | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022           | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                       |                       |                           |

|   |  |                    |                         |
|---|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|   | <b>SELECCIONAR, FORMAR, SUPERVISAR Y<br/>AUTORIZAR PERSONAL</b>        |                    |                         |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-FSAP  | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |

## Tabla de contenido

|  |   |
|--|---|
| 1. OBJETIVO .....                            | 3 |
| 2. ALCANCE .....                             | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIACIONES.....         | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....          | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....            | 4 |
| 6. PROCEDIMIENTO.....                        | 4 |
| 6.2. FORMACIÓN DEL PERSONAL .....            | 6 |
| 6.2.1. Formación inicial.....                | 6 |
| 6.2.2. Formación del puesto de trabajo ..... | 7 |
| 6.3. SUPERVISIÓN DEL PERSONAL .....          | 7 |
| 6.4. AUTORIZACIÓN DEL PERSONAL .....         | 8 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS.....                   | 8 |

**ANEXO 29.- Perfiles profesionales.**

|   |  |             |                   |
|---|--|-------------|-------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                   |
|   | <b>PERFILES PROFESIONALES</b>  |             |                   |
|   | Código: D-LIM-PP   | Versión: 00 | Fecha: 27/06/2022 |

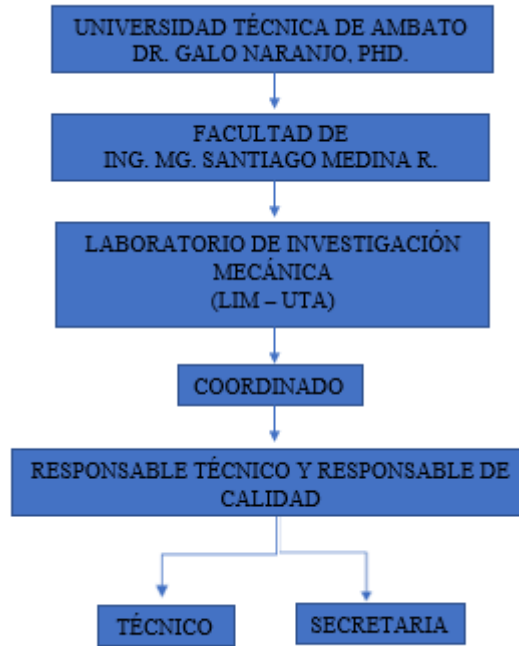
| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

|   |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                          |
|   | <b>PERFILES PROFESIONALES</b>  |                    |                          |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-PP  | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/06/2022 |


## Tabla de contenido

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. OBJETIVO .....                    | 3 |
| 2. ALCANCE .....                     | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIACIONES..... | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 4 |
| 6. PROCEDIMIENTO.....                | 4 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS.....           | 7 |


**ANEXO 30.- Organigrama del laboratorio de inflamabilidad.**



**ANEXO 31.- Manual de funciones.**

|   |  |             |                  |
|---|--|-------------|------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                  |
|   | <b>MANUAL DE FUNCIONES</b>   |             |                  |
|   | Código: D-LIM-MF   | Versión: 00 | Fecha: 27/6/2022 |


| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

|   |  |                    |                         |
|---|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|   | <b>MANUAL DE FUNCIONES</b>   |                    |                         |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-MF  | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |

## Tabla de contenido

|    |                                   |   |
|----|-----------------------------------|---|
| 1. | OBJETIVO .....                    | 3 |
| 2. | ALCANCE .....                     | 3 |
| 3. | DEFINICIONES Y ABREVIACIONES..... | 3 |
| 4. | RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 3 |
| 5. | DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 4 |
| 6. | PROCEDIMIENTO.....                | 4 |
| 7. | CONTROL DE CAMBIOS.....           | 7 |

**ANEXO 32.- Instalaciones y condiciones ambientales.**

|   |  |                    |                         |
|---|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|   | <b>INSTALACIONES Y CONDICIONES AMBIENTALES</b>                         |                    |                         |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-ICA   | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27/06/2022           | 27/06/2022            | 27/06/2022                |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |




|   |  |                    |                         |
|---|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|   | <b>INSTALACIONES Y CONDICIONES AMBIENTALES</b>                         |                    |                         |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-ICA   | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |


## Tabla de contenido

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. OBJETIVO .....                    | 3 |
| 2. ALCANCE .....                     | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIACIONES..... | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 4 |
| 6. PROCEDIMIENTO.....                | 4 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS.....           | 4 |

**ANEXO 33.- Procedimiento de acceso, reglas de autorización y uso del laboratorio.**

|   |   |             |                     |
|---|---|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b>              |             |                     |
|   | <b>PROCEDIMIENTO DE ACCESO, REGLAS DE AUTORIZACIÓN Y DE USO DEL LABORATORIO</b> |             |                     |
|   | Código: D-LIM-PAAL  | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2022 |

| Elaborado por:       | Revisado por:           | Aprobado por:             |
|----------------------|-------------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador             | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>          | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Cristian Pérez, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>           | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022             | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>           | <b>Firma:</b>             |
|                      |                         |                           |

|   |   |             |                     |
|---|---|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b>              |             |                     |
|   | <b>PROCEDIMIENTO DE ACCESO, REGLAS DE AUTORIZACIÓN Y DE USO DEL LABORATORIO</b> |             |                     |
|   | Código: D-LIM-PAAL  | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2022 |

## **Tabla de contenido**

|      |                                     |   |
|------|-------------------------------------|---|
| 1.   | OBJETIVO .....                      | 3 |
| 2.   | ALCANCE .....                       | 3 |
| 3.   | DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....   | 3 |
| 4.   | RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....    | 3 |
| 5.   | DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....      | 4 |
| 5.1. | DOCUMENTOS RELACIONADOS.....        | 4 |
| 6.   | PROCEDIMIENTO.....                  | 4 |
| 6.1. | ACCESO DEL PERSONAL .....           | 4 |
| 6.2. | AUTORIZACIÓN DEL PERSONAL.....      | 5 |
| 6.3. | REGLAS DE USO DEL LABORATORIO ..... | 5 |
| 7.   | CONTROL DE CAMBIOS.....             | 7 |

**ANEXO 34.- Fichas técnicas.**

|   |  |                    |                         |
|---|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|   | <b>FICHAS TÉCNICAS</b>   |                    |                         |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-FT  | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |

| <b>Elaborado por:</b> | <b>Revisado por:</b>  | <b>Aprobado por:</b>      |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico               | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo  | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022           | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                       |                       |                           |

|   |  |                    |                         |
|---|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|   | <b>FICHAS TÉCNICAS</b>   |                    |                         |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-FT  | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |

## Tabla de contenido

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | OBJETIVO .....                          | 3  |
| 2.  | ALCANCE .....                           | 3  |
| 3.  | DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....       | 3  |
| 4.  | RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD .....       | 3  |
| 5.  | DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....          | 4  |
| 6.  | DESARROLLO.....                         | 5  |
| 6.1 | PROVEEDORES .....                       | 11 |
| 6.2 | CALIDAD DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS ..... | 12 |
| 7.  | CONTROL DE CAMBIOS.....                 | 12 |

**ANEXO 35.- Revisión, verificación y calibración de equipos.**

|   |  |             |                     |
|---|--|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                     |
|   | <b>REVISIÓN CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DE EQUIPOS</b>              |             |                     |
|   | Código: D-LIM-RCV  | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2022 |


| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

|   |  |             |                     |
|---|--|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                     |
|   | <b>REVISIÓN CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DE EQUIPOS</b>              |             |                     |
|   | Código: D-LIM-RCV  | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2022 |

### **Tabla de contenido**


|    |                                   |    |
|----|-----------------------------------|----|
| 1. | OBJETIVO .....                    | 3  |
| 2. | ALCANCE .....                     | 3  |
| 3. | DEFINICIONES Y ABREVIACIONES..... | 3  |
| 4. | RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 3  |
| 5. | DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 4  |
| 6. | PROCEDIMIENTO.....                | 4  |
| 7. | CONTROL DE CAMBIOS.....           | 19 |

**ANEXO 36.- Procedimiento de ensayo.**

|   |  |             |                     |
|---|--|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                     |
|   | <b>PROCEDIMIENTO DE ENSAYO</b>                                     |             |                     |
|   | Código: D-LIM-PE   | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2022 |

| <b>Elaborado por:</b> | <b>Revisado por:</b>  | <b>Aprobado por:</b>      |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico               | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo  | Ing. Víctor Espín. Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022           | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                       |                       |                           |



|   |  |             |                     |
|---|--|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                     |
|   | <b>PROCEDIMIENTO DE ENSAYO</b>                                     |             |                     |
|   | Código: D-LIM-PE   | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2022 |


|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. OBJETIVOS .....                   | 3 |
| 2. ALCANCE .....                     | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS ..... | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD ..... | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 4 |
| 5.1. DOCUMENTOS RELACIONADOS .....   | 4 |
| 6. DESARROLLO .....                  | 5 |
| 6.1. CASOS ESPECIALES.....           | 5 |
| 6.2. DIAGRAMA DEL PROCESO .....      | 5 |
| 7. RECEPCIÓN DE SOLICITUDES .....    | 7 |
| 8. INCERTIDUMBRE.....                | 9 |
| 9. CONTROL DE CAMBIOS .....          | 9 |

### **ANEXO 37.- Solicitud de ensayo.**


La solicitud de ensayo del Laboratorio de Investigación para Ensayos de Inflamabilidad LIM-UTA cuenta con derechos de confidencialidad, por lo tanto, a continuación, se describe brevemente las características de su estructura.

Este es un documento a través del cual el solicitante comunica al laboratorio su solicitud de ensayo, este documento contiene las cláusulas de responsabilidad que debe acoger el cliente junto con los ítems de ensayo que establecen las características dimensionales que deben tener las probetas; finalmente se incorpora un anexo de ejecución de ensayo con las características del material como nombre del material, tipo de material a ensayar, origen del material, medio de envío, uso del material, etc.

**ANEXO 38.- Procedimiento de almacenamiento y manipulación de muestras.**

|   |  |             |                     |
|---|--|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                     |
|   | <b>PROCEDIMIENTO DE ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE MUESTRAS</b>  |             |                     |
|   | Código: D-LIM-PAM  | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2022 |

| <b>Elaborado por:</b> | <b>Revisado por:</b>  | <b>Aprobado por:</b>      |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico               | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo  | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022           | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                       |                       |                           |

|   |  |             |                     |
|---|--|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                     |
|   | <b>PROCEDIMIENTO DE ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE MUESTRAS</b>  |             |                     |
|   | Código: D-LIM-PAM  | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2022 |

### Tabla de contenido


|                                       |  |   |
|---------------------------------------|--|---|
| 1. OBJETIVO .....                     |  | 3 |
| 2. ALCANCE .....                      |  | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....  |  | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD .....  |  | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....     |  | 3 |
| 5.1. DOCUMENTOS RELACIONADOS .....    |  | 4 |
| 6. PROCEDIMIENTO .....                |  | 4 |
| 6.1. ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS ..... |  | 4 |
| 6.2. MANIPULACIÓN DE MUESTRAS .....   |  | 6 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS .....           |  | 7 |

### **ANEXO 39.- Lista de registros técnicos.**


- (R-LIM-CC) Carta de compromiso.
- (R-LIM-CCAI) Carta de confidencialidad de auditoría interna.
- (R-LIM-CDC) Carta de confidencialidad.
- (R-LIM-CGLP) Ficha para el control del GLP.
- (R-LIM-CI) Registro código de informes.
- (R-LIM-CVC) Cronograma de verificación y calibración.
- (R-LIM-EDP) Evaluación del desempeño del personal.
- (R-LIM-ESC) Encuesta de satisfacción de clientes.
- (R-LIM-FAP) Ficha para autorizar al personal.
- (R-LIM-FCD) Ficha control de documentos.
- (R-LIM-FCEL) Ficha de comparación entre laboratorios.
- (R-LIM-FCV) Ficha de seguimiento de calibración.
- (R-LIM-FSP) Ficha para supervisar al personal.
- (R-LIM-FVIE) Formato para verificar instrumentos.
- (R-LIM-IAI) Informe de auditorías internas.
- (R-LIM-IENC) Registro de identificación y evaluación de no conformidades.
- (R-LIM-IR) Formato informe de resultados.
- (R-LIM-MIR) Modificación de informe de resultados.
- (R-LIM-MSD) Mantenimiento, seguimiento y control de equipos.
- (R-LIM-PDR) Programa de revisiones por la dirección.
- (R-LIM-PEM) Plan de evaluación de muestras.
- (R-LIM-PLAI) Plan de auditoría.
- (R-LIM-PRE) Proforma de ensayo.
- (R-LIM-RAC) Registro de acciones correctivas.
- (R-LIM-RCE) Registro de cálculos estadísticos.
- (R-LIM-RDC) Registro de diálogos con el cliente.
- (R-LIM-RDE) Registro del ensayo.
- (R-LIM-RDR) Registro de revisiones por la dirección.
- (R-LIM-RGQA) Registro de gestión de quejas y apelaciones.
- (R-LIM-RMIR) Registro de modificación de informes de resultados.
- (R-LIM-RNCA) Registro de no conformidades de auditoría.

- (R-LIM-RTI) Registro técnico de informes.
- (R-LIM-SDP) Selección de personal.
- (R-LIM-SE) Solicitud de ensayo.
- (R-LIM-SQA) Solicitud de quejas y apelaciones.

**ANEXO 40.- Cálculos estadísticos.**

|   |  |             |                  |
|---|--|-------------|------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                  |
|   | <b>CÁLCULOS ESTADÍSTICOS</b>   |             |                  |
|   | Código: D-LIM-CE   | Versión: 00 | Fecha: 27/6/2022 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

|   |  |                    |                         |
|---|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|   | <b>CÁLCULOS ESTADÍSTICOS</b>   |                    |                         |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-CE  | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |

### Tabla de contenido

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. OBJETIVO .....                    | 3 |
| 2. ALCANCE .....                     | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIACIONES..... | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 4 |
| 6. PROCEDIMIENTO.....                | 4 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS.....           | 5 |

**ANEXO 41.- Informe de resultados.**



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE  
INFLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**INFORME DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD**

**SEGÚN ASTM D6413.**

| Nombre técnico de la Probeta |                  |
|------------------------------|------------------|
| <b>Fecha de recepción</b>    | 27/6/2022        |
| <b>Número de probetas</b>    | 5                |
| <b>Dimensiones</b>           | 300x76 mm        |
| <b>Color adverso</b>         | Escriba el color |
| <b>Color reverso</b>         | Escriba el color |
| <b>Superficie adversa</b>    | Lisa             |
| <b>Superficie reversa</b>    | Rugosa           |

**CÓDIGO: .....**

**27 de Junio de 2022**

**AMBATO – ECUADOR**

**ANEXO 42.-Modificación del informe de resultado.**



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE  
INFLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**MODIFICACIÓN DEL INFORME DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD  
CON CÓDIGO .....**

**SEGÚN LA NORMA ASTM D6413.**

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Correcciones realizadas:</b> | Escribir las correcciones realizadas al informe y al/los responsable/es de las equivocación/es. |
|---------------------------------|---|

| Nombre técnico de la Probeta |                  |
|------------------------------|------------------|
| <b>Fecha de recepción</b>    | 27/6/2022        |
| <b>Número de probetas</b>    | 5                |
| <b>Dimensiones</b>           | 300x76 mm        |
| <b>Color adverso</b>         | Escriba el color |
| <b>Color reverso</b>         | Escriba el color |
| <b>Superficie adversa</b>    | Lisa             |
| <b>Superficie reversa</b>    | Rugosa           |


**CÓDIGO: .....**

**27 de Junio de 2022**

**AMBATO – ECUADOR**



## ANEXO 43.- Quejas.


|   |  |             |                  |
|---|--|-------------|------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                  |
|   | <b>GESTIÓN DE QUEJAS Y APELACIONES</b>                             |             |                  |
|   | Código: D-LIM-GQA  | Versión: 00 | Fecha: 27/6/2022 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

### Tabla de contenido

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. OBJETIVO .....                    | 3 |
| 2. ALCANCE .....                     | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS ..... | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 3 |
| 5.1. DOCUMENTOS RELACIONADOS.....    | 4 |
| 6. DESARROLLO.....                   | 4 |
| 6.1. DIAGRAMA DEL PROCESO.....       | 4 |
| 6.2. POLÍTICAS DEL PROCESO .....     | 5 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS.....           | 6 |

## ANEXO 44. Solicitud de quejas.

|   |   |             |                  |                                 |
|---|---|-------------|------------------|---------------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS E INFLAMABILIDAD</b> |             |                  |                                 |
|   | <b>SOLICITUD PARA QUEJAS Y APELACIONES</b>                        |             |                  |                                 |
|   | Código: R-LIM-SQA   | Versión: 00 | Fecha: 27/6/2022 | Página <b>182</b> de <b>226</b> |

Escriba la ciudad, Escriba la fecha

Ingeniero

Nombre del responsable del laboratorio.

### **Director General**

Laboratorio de Investigación para Ensayos de Inflamabilidad “LIM”

Presente. -

Yo, Nombre del solicitante, en calidad de Cargo del solicitante, de la Empresa Nombre de la empresa, con RUC N° Número de RUC, ubicada en Lugar, solicito se realice el trámite correspondiente a la Elija un elemento., a fin de que se tomen las medidas necesarias para corregir este particular.


### DETALLES ADICIONALES

1. Describir la queja o petición
2. En caso de tener documentos de evidencia, adjunte a la presente solicitud

.....  
Nombre de solicitante  
Cargo del solicitante.  
Cédula de ciudadanía  
Empresa solicitante.

.....  
Representante del LIM.

**ANEXO 45.-Trabajo no conforme.**

|   |  |             |                     |
|---|--|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                     |
|   | <b>PROCEDIMIENTO DE TRABAJO NO CONFORME</b>                        |             |                     |
|   | Código: D-LIM-PTNC   | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2020 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

## **Tabla de contenido**

|  |   |
|--|---|
| 1. OBJETIVO .....                              | 3 |
| 2. ALCANCE .....                               | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....           | 3 |
| 4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....              | 3 |
| 5. DESARROLLO .....                            | 4 |
| 5.1. RESPONSABILIDADES Y AUTORIDADES .....     | 4 |
| 5.2. TRATAMIENTO DE LAS NO CONFORMIDADES ..... | 5 |
| 5.2.1. CONTROL .....                           | 5 |
| 5.2.2. DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN .....        | 5 |
| 5.2.3. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO .....          | 6 |
| 6. CONTROL DE CAMBIOS .....                    | 6 |

**ANEXO 46.-Control de datos y gestión de la información.**


|   |  |                    |                         |
|---|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|   | <b>CONTROL DE DATOS Y VERIFICACIÓN</b>                                 |                    |                         |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-CDV   | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

## TABLA DE CONTENIDO

|    |                                    |
|----|------------------------------------|
| 1. | OBJETO .....                       |
| 2. | ALCANCE .....                      |
| 3. | DEFINICIONES Y ABREVIACIONES ..... |
| 4. | RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD .....  |
| 5. | DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....     |
| 6. | PROCEDIMIENTO .....                |
| 7. | CONTROL DE CAMBIOS .....           |

### ANEXO 47.- Documentación del sistema de gestión.


|  |  |             |                    |
|--|--|-------------|--------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b>             |             |                    |
|  | <b>INSTRUCTIVO PARA REALIZAR EL ENSAYO VERTICAL SEGÚN LA NORMA ASTM D 6413</b> |             |                    |
|  | Código: I-LIM-EV   | Versión: 00 | Fecha:<br>4/5/2020 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

## **Tabla de contenido**

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1. OBJETIVO .....                   | 3 |
| 2. ALCANCE .....                    | 3 |
| 3. DEFINICIONES.....                | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD..... | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....   | 3 |
| 6. DESARROLLO.....                  | 4 |
| 6.1. DIAGRAMA DEL PROCESO.....      | 6 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS.....          | 7 |
| 8. ANEXOS .....                     | 7 |

**ANEXO 48.-Control de documentos del sistema de gestión.**

|   |  |             |                     |
|---|--|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                     |
|   | <b>PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE DOCUMENTOS</b>                      |             |                     |
|   | Código: D-LIM-PCD  | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2022 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |




## **Tabla de contenido**

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. OBJETIVO .....                    | 4 |
| 2. ALCANCE .....                     | 4 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS ..... | 4 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 4 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 4 |
| 5.1. DOCUMENTOS RELACIONADOS .....   | 5 |
| 6. DESARROLLO.....                   | 5 |
| 6.1. DOCUMENTACIÓN INTERNA .....     | 5 |
| 6.1.1. Identificación .....          | 5 |
| 6.1.2. Codificación.....             | 5 |
| 6.1.3. Creación.....                 | 6 |
| 6.1.4. Revisión .....                | 6 |
| 6.1.5. Aprobación.....               | 6 |
| 6.1.6. Control .....                 | 6 |
| 6.1.7. Ubicación .....               | 7 |
| 6.1.8. Distribución.....             | 7 |
| 6.1.9. Modificaciones.....           | 7 |
| 6.1.10. Documentos obsoletos.....    | 8 |
| 6.2. DOCUMENTACIÓN EXTERNA .....     | 8 |
| 6.2.1. Recepción y aprobación.....   | 8 |

|   |   |
|---|---|
| 6.2.2. Identificación y codificación.....       | 8 |
| 6.2.3. Control.....                             | 8 |
| 6.2.4. Ubicación.....                           | 8 |
| 6.2.5. Acceso.....                              | 8 |
| 6.2.6. Actualización.....                       | 9 |
| 6.2.7. Designaciones de documentos del LIM..... | 9 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS.....                      | 9 |

**ANEXO 49.-Control de registro.**


|  |  |             |                     |
|--|--|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                     |
|  | <b>PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE REGISTROS</b>                       |             |                     |
|  | Código: D-LIM-PCR  | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2022 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

## **Tabla de contenido**

|  |   |
|--|---|
| 1. OBJETIVO .....                          | 3 |
| 2. ALCANCE .....                           | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....       | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....        | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....          | 4 |
| 5.1. DOCUMENTOS RELACIONADOS .....         | 4 |
| 6. DESARROLLO.....                         | 4 |
| 6.1. IDENTIFICACIÓN .....                  | 5 |
| 6.2. ALMACENAMIENTO .....                  | 5 |
| 6.3. PROTECCIÓN .....                      | 6 |
| 6.4. COPIA DE SEGURIDAD.....               | 6 |
| 6.5. RECUPERACIÓN.....                     | 6 |
| 6.6. TIEMPO DE CONSERVACIÓN.....           | 7 |
| 6.7. DISPOSICIÓN .....                     | 7 |
| 6.8. DESIGNACIÓN DE REGISTROS DEL LIM..... | 7 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS.....                 | 8 |

**ANEXO 50. Mejoras.**


|   |  |             |                     |
|---|--|-------------|---------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                     |
|   | <b>PROCEDIMIENTO DE MEJORA CONTINUA</b>                            |             |                     |
|   | Código: D-LIM-PMC  | Versión: 00 | Fecha:<br>27/6/2022 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

## **Tabla de contenido**

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. OBJETIVO .....                    | 3 |
| 2. ALCANCE .....                     | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS ..... | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 4 |
| 5.1. DOCUMENTOS RELACIONADOS.....    | 4 |
| 6. DESARROLLO.....                   | 4 |
| 6.1. OPORTUNIDADES DE MEJORA.....    | 5 |
| 6.1.1. Planificar .....              | 6 |
| 6.1.2. Hacer .....                   | 6 |
| 6.1.3. Verificar .....               | 6 |
| 6.1.4. Actuar.....                   | 6 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS.....           | 7 |

**ANEXO 51.-Acciones correctivas.**


|   |  |                    |                         |
|---|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|   | <b>PROCEDIMIENTO DE ACCIONES CORRECTIVAS</b>                       |                    |                         |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-PAC   | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |

| <b>Elaborado por:</b> | <b>Revisado por:</b>  | <b>Aprobado por:</b>      |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico               | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo  | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022           | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                       |                       |                           |

**Tabla de contenido**

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. OBJETIVO .....                    | 2 |
| 2. ALCANCE .....                     | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIACIONES..... | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 3 |
| 6. PROCEDIMIENTO.....                | 3 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS.....           | 6 |

**ANEXO 52.-Auditoría interna.**


|   |  |                    |                         |
|---|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|   | <b>AUDITORIAS INTERNAS</b>   |                    |                         |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-PAI   | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

## Tabla de contenido

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. OBJETIVO .....                    | 3 |
| 2. ALCANCE .....                     | 3 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIACIONES..... | 3 |
| 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 3 |
| 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 3 |
| 6. PROCEDIMIENTO.....                | 4 |
| 7. CONTROL DE CAMBIOS.....           | 6 |


### ANEXO 53.-Auditoría interna.

|  |  |             |                       |
|--|--|-------------|-----------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                       |
|  | <b>INFORME DE AUDITORIAS INTERNAS</b>                                  |             |                       |
|  | Código: R-LIM-IAI  | Versión: 00 | Fecha: 27/6/2022      |
|  |  |             | Página: 196 de<br>226 |

|                       |
|-----------------------|
| <b>Elaborado por:</b> |
| Director              |
| <b>Nombre:</b>        |
| Ing. Christian Castro |
| <b>Fecha:</b>         |
| Dd//mm/aa             |
| <b>Firma:</b>         |
|                       |



**ANEXO 54.-Revisión por la dirección.**


|   |  |                    |                         |
|---|--|--------------------|-------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |                    |                         |
|   | <b>REVISIONES POR LA DIRECCIÓN</b>                                     |                    |                         |
|   | <b>Código:</b> D-LIM-RPD   | <b>Versión:</b> 00 | <b>Fecha:</b> 27/6/2022 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

## Tabla de contenido

|    |                                   |   |
|----|-----------------------------------|---|
| 1. | OBJETIVO .....                    | 3 |
| 2. | ALCANCE .....                     | 3 |
| 3. | DEFINICIONES Y ABREVIACIONES..... | 3 |
| 4. | RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.....  | 3 |
| 5. | DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....    | 3 |
| 6. | PROCEDIMIENTO.....                | 4 |
| 7. | CONTROL DE CAMBIOS.....           | 5 |

### ANEXO 55.-Manual de calidad.

|  |  |             |                  |                       |
|--|--|-------------|------------------|-----------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS<br/>DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                  |                       |
|  | <b>MANUAL DE CALIDAD</b>   |             |                  |                       |
|  | Código: D-LIM-MDC  | Versión: 00 | Fecha: 27/6/2022 | Página: 198 de<br>226 |

| Elaborado por:       | Revisado por:         | Aprobado por:             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico              | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>       | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>        | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022          | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>        | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                      |                       |                           |

- 1. MISIÓN Y VISIÓN**
- 2. ALCANCE**
- 3. VALORES**
- 4. POLÍTICAS DE CALIDAD**
- 5. OBJETIVOS DE CALIDAD**
- 6. REQUISITOS DE GESTIÓN**
- 7. CONTROL DE DOCUMENTOS**
- 8. CONTROL DE REGISTROS**
- 9. ACCIONES PARA ABORDAR RIESGOS Y OPORTUNIDADES**
- 10. MEJORA**
- 11. ACCIONES CORRECTIVAS**
- 12. AUDITORIAS INTERNAS**
- 13. REVISIONES POR LA DIRECCIÓN**
- 14. CONTROL DE CAMBIOS**

## ANEXO 56.-Reglamento interno.

|   |  |             |                  |
|---|--|-------------|------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b> |             |                  |
|   | <b>REGLAMENTO INTERNO</b>  |             |                  |
|   | Código: D-LIM-RI   | Versión: 00 | Fecha: 27/6/2022 |

| <b>Elaborado por:</b> | <b>Revisado por:</b>  | <b>Aprobado por:</b>      |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Técnico               | Coordinador           | Director                  |
| <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>        | <b>Nombre:</b>            |
| Ing. Gonzalo Naranjo  | Ing. Víctor Espín, Mg | Ing. Christian Castro, Mg |
| <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>         | <b>Fecha:</b>             |
| 27//06/2022           | 27//06/2022           | 27//06/2022               |
| <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>         | <b>Firma:</b>             |
|                       |                       |                           |

### CONTENIDO

CAPÍTULO 1.- CONSTITUCIÓN JURÍDICA

CAPÍTULO 2.- ALCANCES – LIM

CAPÍTULO 3.- DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO 4.- USO DE LOS LABORATORIOS

CAPÍTULO 5.- RESPONSABILIDADES

CAPÍTULO 6.- MEDIDAS DE SEGURIDAD

CAPÍTULO 7.- MANTENIMIENTO

CAPÍTULO 8.- SANCIONES

CONTROL DE CAMBIOS

## ANEXO 57.- NORMA ASTM D6413 [2].



Designation: D6413/D6413M – 13b

### Método de prueba estándar para Resistencia a la Flama de la Industria Textil (prueba Vertical)<sup>1</sup>

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija D6413/D6413M, el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción original o, en el caso de la revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última aprobación. Un exponente epsilon (ε) indica un cambio editorial desde la última revisión o reprobación.

#### 1. Alcance.

1.1 Este método de ensayo se utiliza para medir la resistencia a la flama vertical de los textiles.

1.1.1 Como parte de la medida de resistencia a la flama, después de la flama, se evaluarán las características de luminiscencia residual.

1.2 Esta norma se utiliza para medir y describir la respuesta de los materiales, productos o juntas expuestas al calor y las llamas en condiciones controladas de laboratorio y no se utiliza para describir o valorar el riesgo de incendio o riesgo de incendio de los materiales, productos o juntas bajo condiciones reales de incendio.

1.3 Los valores indicados en unidades del SI o en unidades pulgada-libra deben ser considerados como los estándares. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes, por lo tanto, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma.

1.4 Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es la responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de seguridad y salud adecuada y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

#### 2. Documentos de referencia

2.1 ASTM Standards:<sup>2</sup>

D123 Terminology Relating to Textiles

D1776 Practice for Conditioning and Testing Textiles

D4391 Terminology Relating to The Burning Behavior of Textiles

#### 3. terminología

3.1 Para conocer los términos relacionados con comportamiento frente al fuego de los textiles, véase la terminología D4391

3.1.1 Los siguientes términos son relevantes para la presente norma.

the ASTM website.

3.1.1.1 *flama remanente, n*— fuego persistente de un material después de que la fuente de ignición se ha eliminado.

3.1.1.2 *Tiempo de flama remanente, n*— la longitud de tiempo durante el cual un material continúa encendido después de que la fuente de ignición se ha eliminado.

3.1.1.3 *tiempos de incandescencia, n*— el tiempo del resplandor que continúa después de la eliminación de la fuente de ignición y el cese de la flama

3.1.1.4 *longitud de carbonización, n—in medición de resistencia a la flama de textiles*, la distancia desde el borde de la tela que está expuesto directamente a la flama hasta el punto de tejido dañado más visibles después de que se ha aplicado una fuerza de desgarro especificado.

3.1.1.5 *tiempos de aplicación de la flama, n*— el intervalo de tiempo para el que la flama de ignición se aplica a un material.

3.1.1.6 *fusión, n*— fluidificación del material bajo la influencia de calor.

3.2 Para toda la terminología relacionada con los textiles, consulte Terminología D123.

#### 4. RESUMEN DEL MÉTODO

4.1 Un espécimen se coloca verticalmente por encima de una flama controlada y se expone por un período de tiempo especificado. La flama a continuación, se retira, y se toma el tiempo y la hora de quemado, y luminiscencia.

4.2 Longitud de carbonización medida bajo una fuerza específica.

4.3 Se observa cualquier evidencia de la fusión o el goteo.

#### 5. IMPORTANCIA Y USO

5.1 Este método de ensayo determina la respuesta de los textiles a una fuente de ignición estándar, se derivan los valores de medición de tiempo de flama, el tiempo post-resplandor y la duración de quemado.

5.2 La resistencia vertical de la flama, según lo determinado por este método de ensayo, sólo se refiere a una exposición de flama especificada y el tiempo de aplicación.

5.3 Este método mantiene la muestra en una posición estática, sin corrientes de aire, vertical y no implica movimiento, excepto la que resulta de la exposición.

5.4 Método de Ensayo D6413 ha sido adoptado de Ensayo Estándar Federal N° 191A método 5903.1, que ha sido utilizado durante muchos años en las pruebas de aceptación. La precisión entre laboratorios de este método de ensayo no ha sido establecida. Consulte la Sección 14 para la precisión en un solo laboratorio.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D13 on Textiles and is the direct responsibility of Subcommittee D13.52 on Flammability.

Current edition approved May 1, 2013. Published June 2013. Originally approved in 1999. Last previous edition approved in 2013 as D6413/D6413M – 13a. DOI: 10.1520/D6413 D6413M-13B.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on

## ANEXO 58.- NORMA NTE-17025-2018



Quito – Ecuador

NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN-ISO/IEC 17025**

Tercera edición  
2018-04

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

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

---

Correspondencia:

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

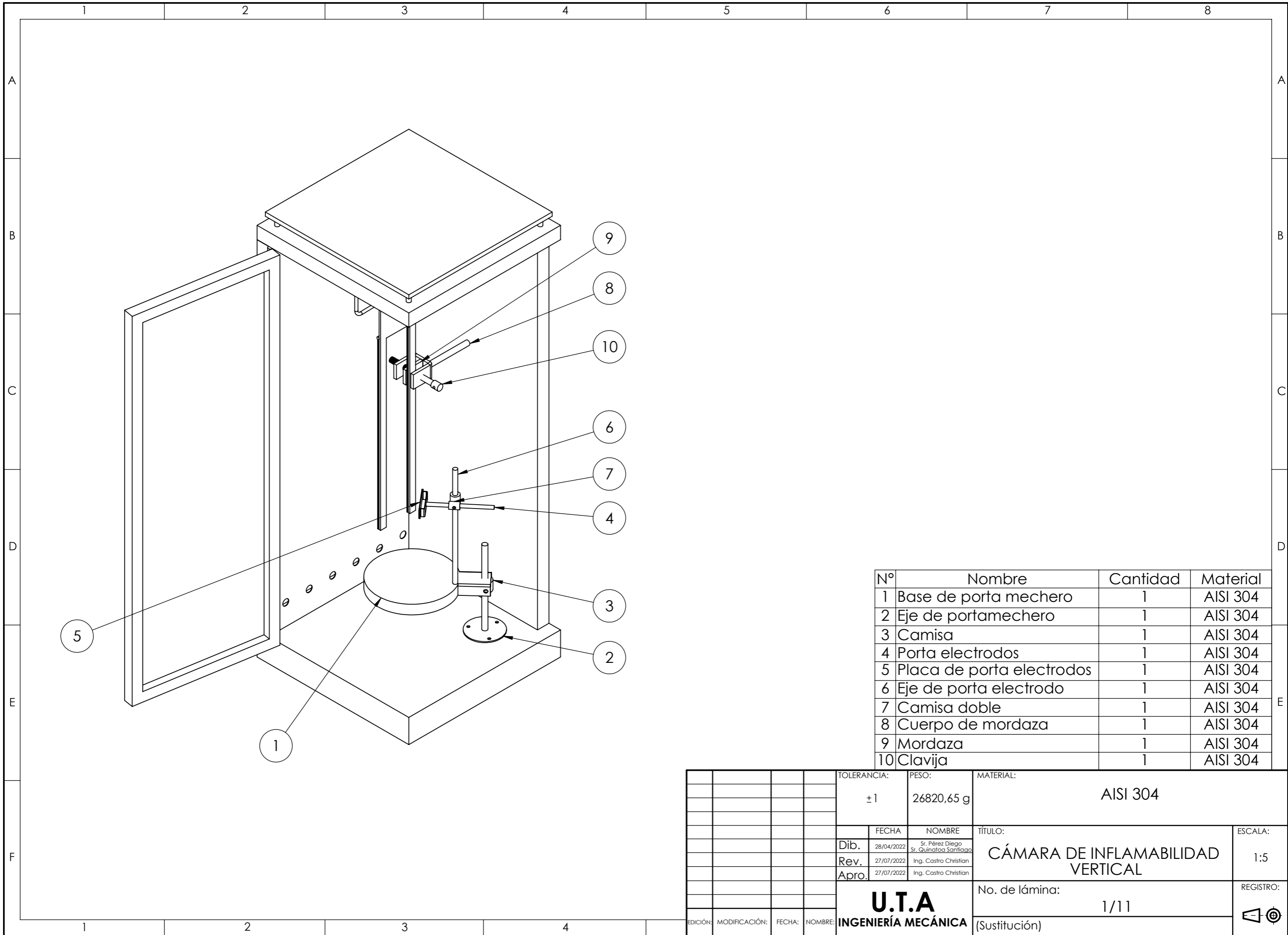
---

ICS: 03.120.20

|               |
|---------------|
| 33<br>Páginas |
|---------------|

© ISO/IEC 2017 – Todos los derechos reservados  
© INEN 2018 para la adopción nacional  
CON LICENCIA DE USO PARA CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO, H. GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURU  
NUMERO DE ORDEN: 001-005-000086986 / DESCARGADO: 2018-07-05  
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

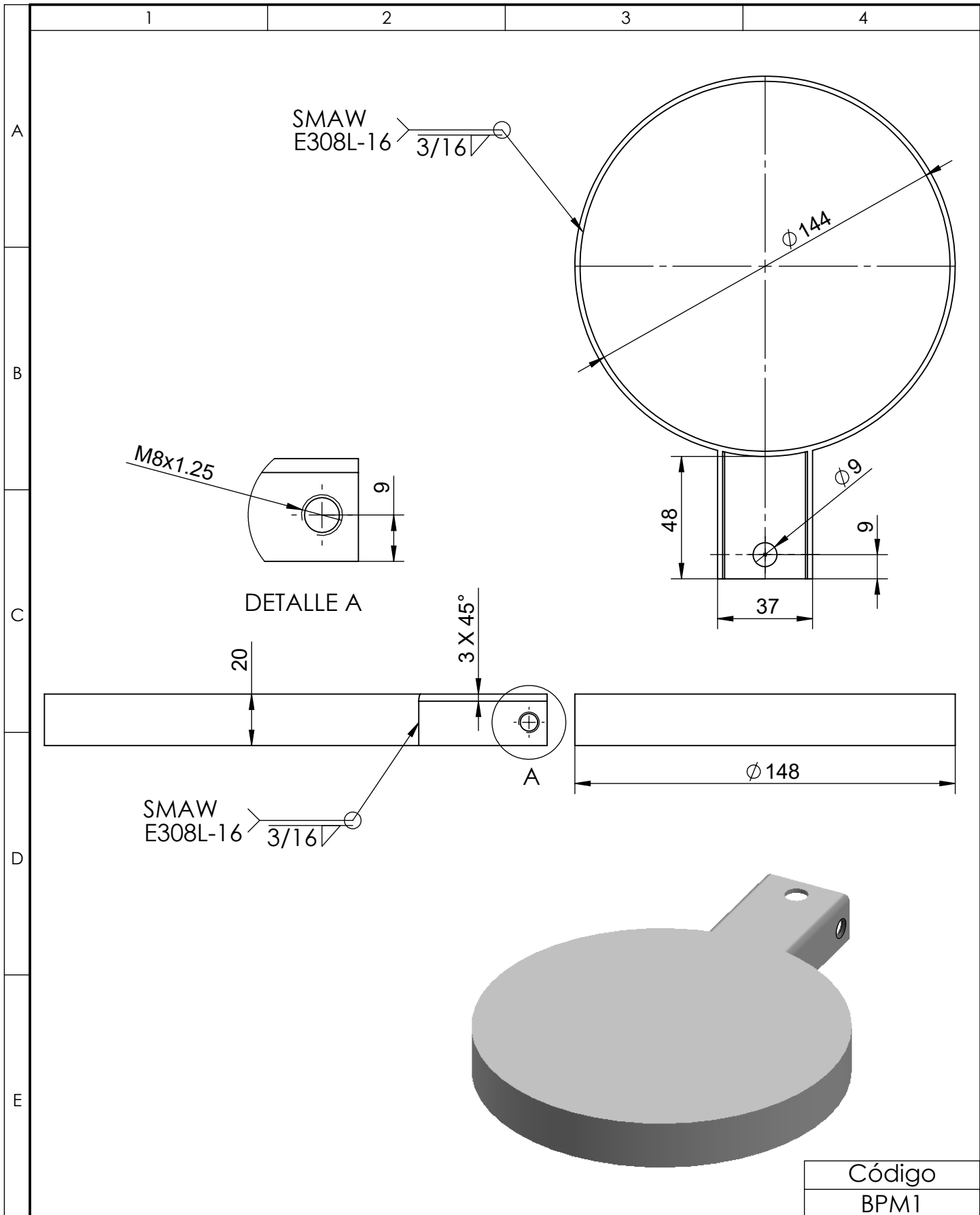
ANEXO 59.- Planos de la reingeniería de diseño de la cámara de inflamabilidad vertical



| N° | Nombre                    | Cantidad | Material |
|----|---------------------------|----------|----------|
| 1  | Base de porta mechero     | 1        | AISI 304 |
| 2  | Eje de portamechero       | 1        | AISI 304 |
| 3  | Camisa                    | 1        | AISI 304 |
| 4  | Porta electrodos          | 1        | AISI 304 |
| 5  | Placa de porta electrodos | 1        | AISI 304 |
| 6  | Eje de porta electrodo    | 1        | AISI 304 |
| 7  | Camisa doble              | 1        | AISI 304 |
| 8  | Cuerpo de mordaza         | 1        | AISI 304 |
| 9  | Mordaza                   | 1        | AISI 304 |
| 10 | Clavija                   | 1        | AISI 304 |

|                              |               |  |                                      |               |
|------------------------------|---------------|--|--------------------------------------|---------------|
| TOLERANCIA:                  |               | PESO:                                    | MATERIAL:                            |               |
| ±1                           |               | 26820,65 g                               | AISI 304                             |               |
|                              | FECHA         | NOMBRE                                   | TÍTULO:                              | ESCALA:       |
| Dib.                         | 28/04/2022    | Sr. Pérez Diego<br>Sr. Quinotoa Santiago | CÁMARA DE INFLAMABILIDAD<br>VERTICAL | 1:5           |
| Rev.                         | 27/07/2022    | Ing. Castro Christian                    |                                      |               |
| Apro.                        | 27/07/2022    | Ing. Castro Christian                    |                                      |               |
| U.T.A<br>INGENIERÍA MECÁNICA |               |  | No. de lámina:<br>1/11               | REGISTRO:<br> |
| EDICIÓN:                     | MODIFICACIÓN: | FECHA:                                   | NOMBRE:                              | (Sustitución) |





Código  
BPM1

|         |              |       |        |  |                  |  |                  |
|---------|--------------|-------|--------|--|------------------|--|------------------|
|         |              |       |        | Tolerancia:<br>±1                          | Peso:<br>462,91g | Material:<br>AISI 304                    |                  |
|         |              |       |        |  |                  | Denominación:<br>BASE DE PORTA MECHERO   | Escala:<br>1:2   |
|         |              |       |        |  |                  | No. de lámina:<br>2/11                   | Registro:<br>☐ ⊕ |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | <b>U.T.A</b><br><b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> |                  | (Sustitución)                            |                  |
|         |              |       |        |  |                  |  |                  |
|         |              |       |        | Dib.                                       | 28/04/2022       | Sr. Pérez Diego<br>Sr. Quinotoa Santiago |                  |
|         |              |       |        | Rev.                                       | 27/07/2022       | Ing. Castro Christian                    |                  |
|         |              |       |        | Apro.                                      | 27/07/2022       | Ing. Castro Christian                    |                  |

1

2

3

4

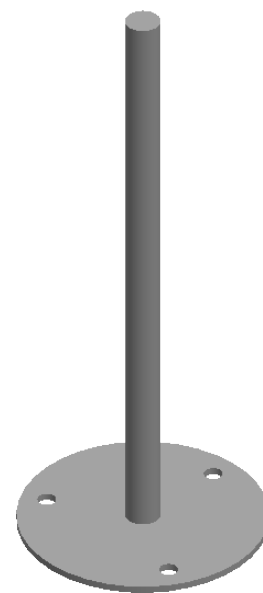
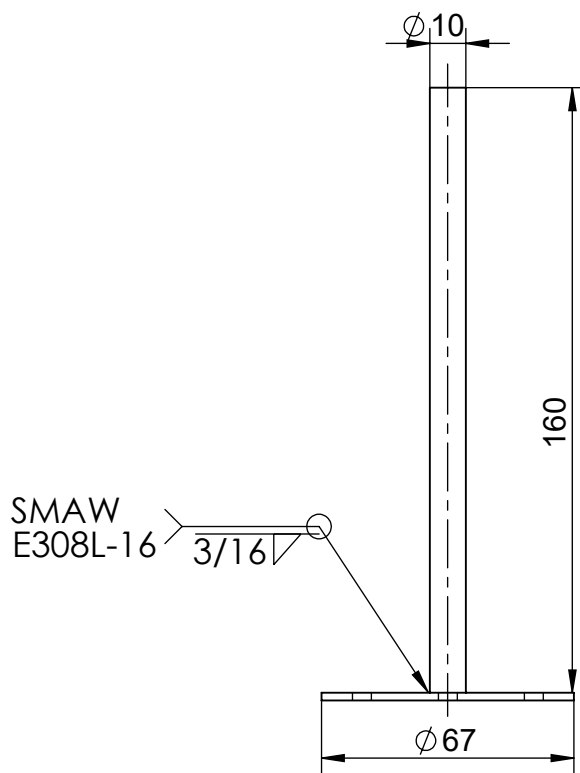
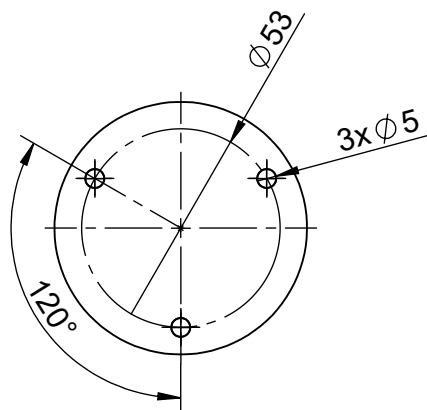
A

B

C

D

E



Código

EPM2

Tolerancia:

 $\pm 1$ 

Peso:

146,52 g

Material:

AISI 304

Dib.

Fecha  
28/04/2022Nombre  
Sr. Pérez Diego  
Sr. Quinotoa Santiago

Rev.

Fecha  
27/07/2022Nombre  
Ing. Castro Christian

Apro.

Fecha  
27/07/2022Nombre  
Ing. Castro Christian

Denominación:

EJE DE PORTA MECHERO

Escala:

1:1

**U.T.A****INGENIERÍA MECÁNICA**

No. de lámina:

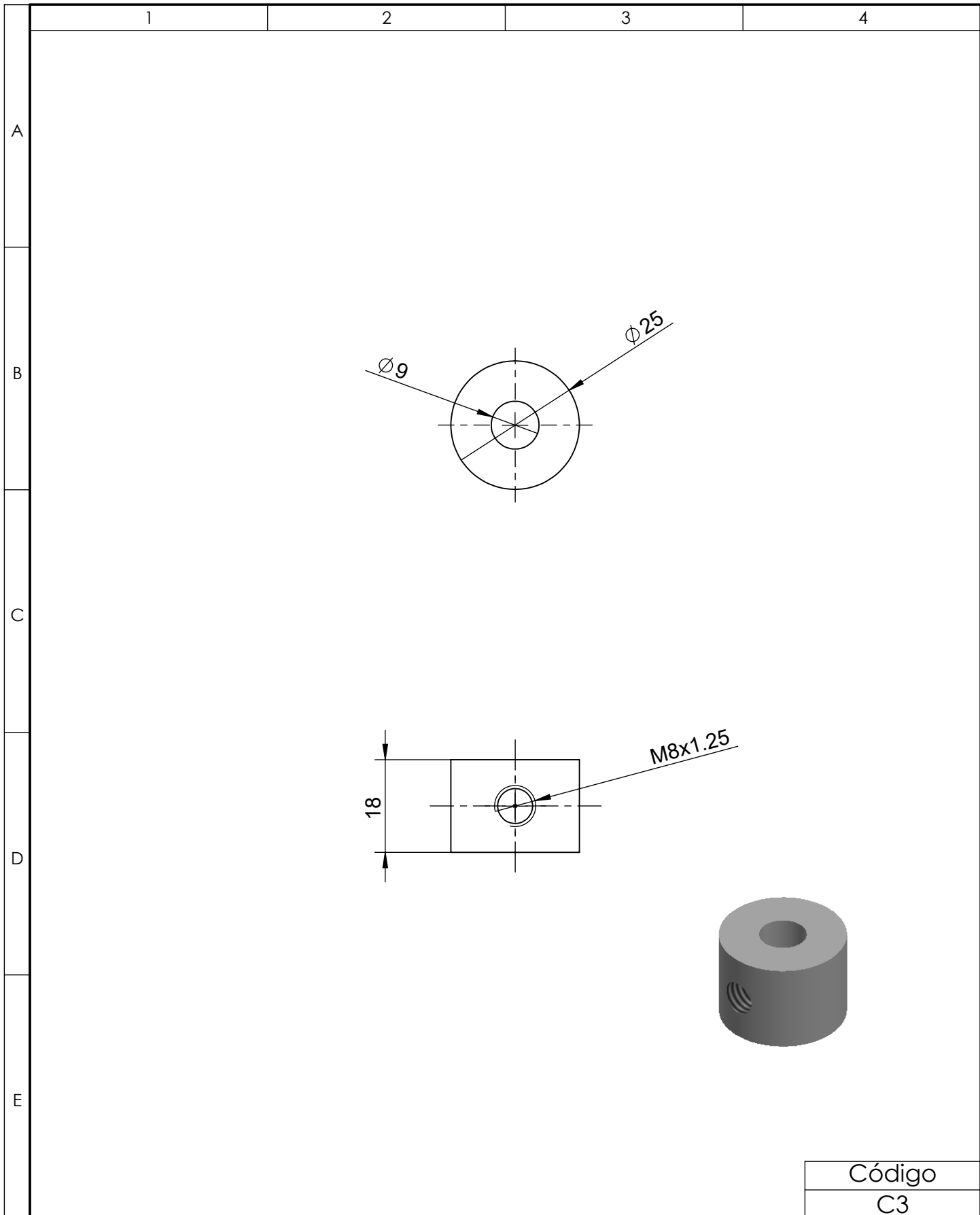
3/11

Registro:




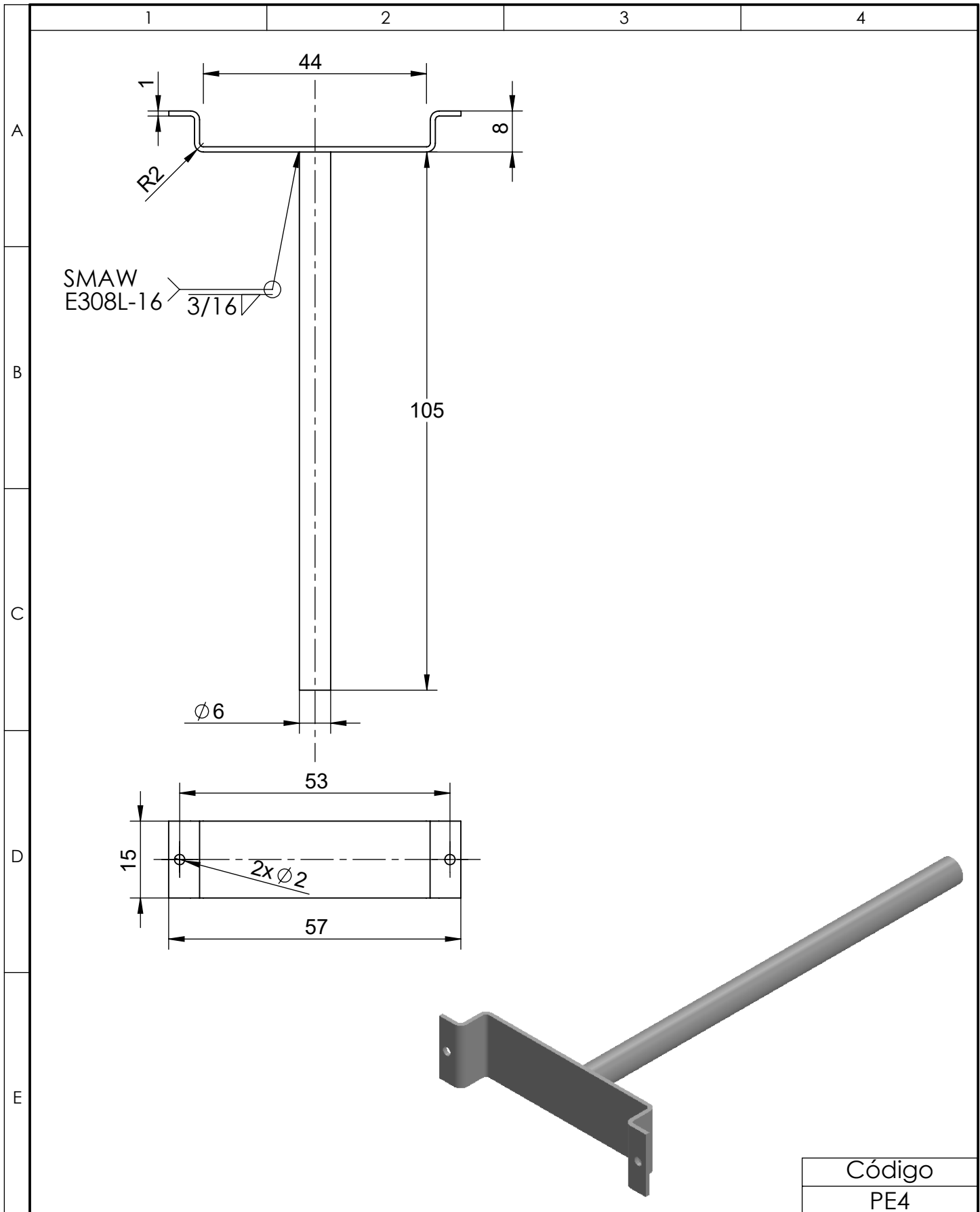
Edición Modificación Fecha Nombre

(Sustitución)



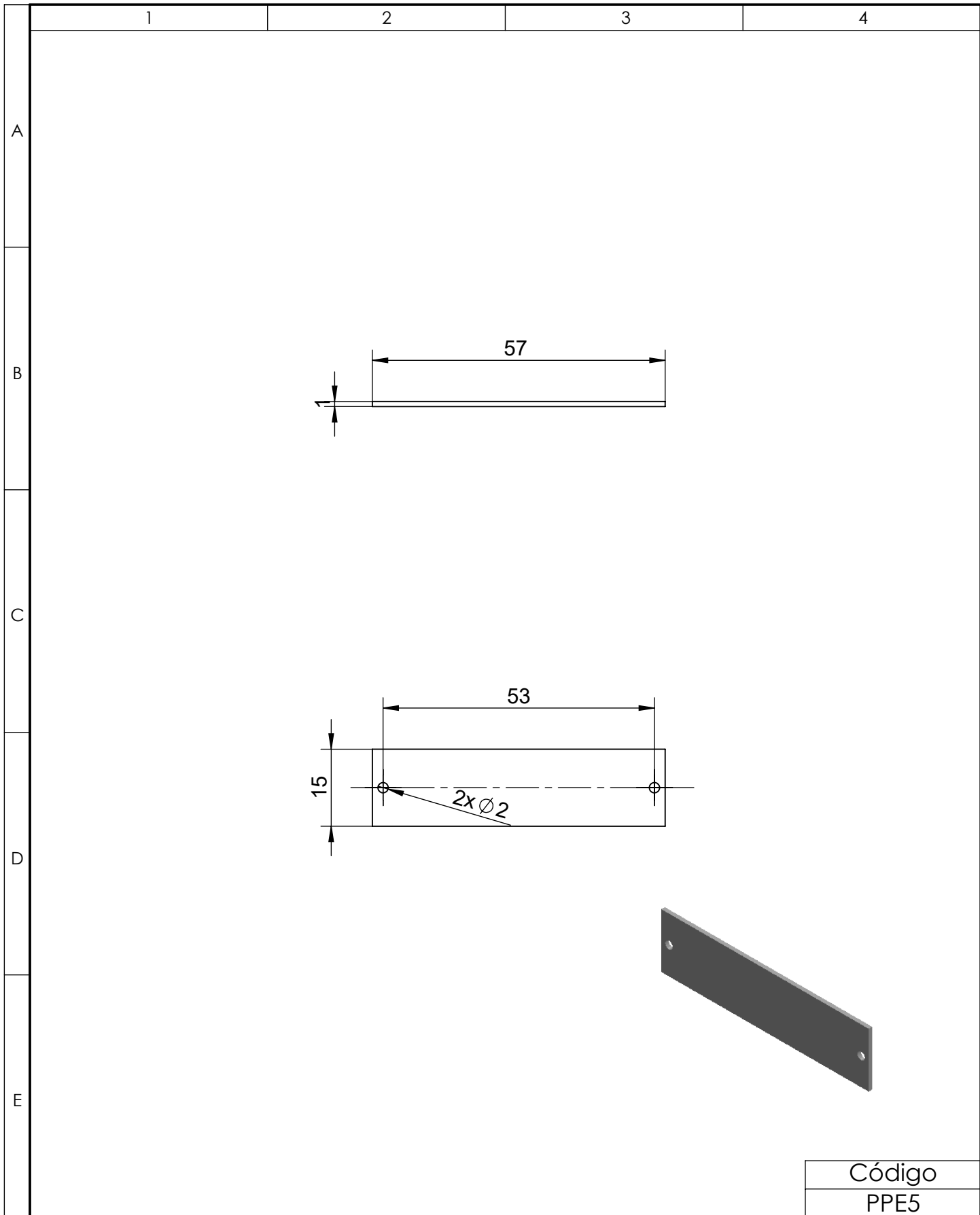
|        |
|--------|
| Código |
| C3     |

|         |              |       |        |                            |            |                       |      |   |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------------|------------|-----------------------|------|---|
|         |              |       |        | Tolerancia:                | Peso:      | Material:             |      |   |
|         |              |       |        | ±1                         | 58,56 g    | AISI 304              |      |   |
|         |              |       |        |                            |            | Denominación:         |      | Escala:   |
|         |              |       |        | Fecha                      | Nombre     | CAMISA                |      | 1:1   |
|         |              |       |        | Dib.                       | 28/04/2022 | Sr. Pérez Diego       |      |   |
|         |              |       |        |                            |            | Sr. Quintero Santiago |      |   |
|         |              |       |        | Rev.                       | 27/07/2022 | Ing. Castro Christian |      |   |
|         |              |       |        | Apro.                      | 27/07/2022 | Ing. Castro Christian |      |   |
|         |              |       |        | <b>U.T.A</b>               |            | No. de lámina:        | 4/11 | Registro:   |
|         |              |       |        | <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> |            | (Sustitución)         |      |  |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                            |            |                       |      |   |



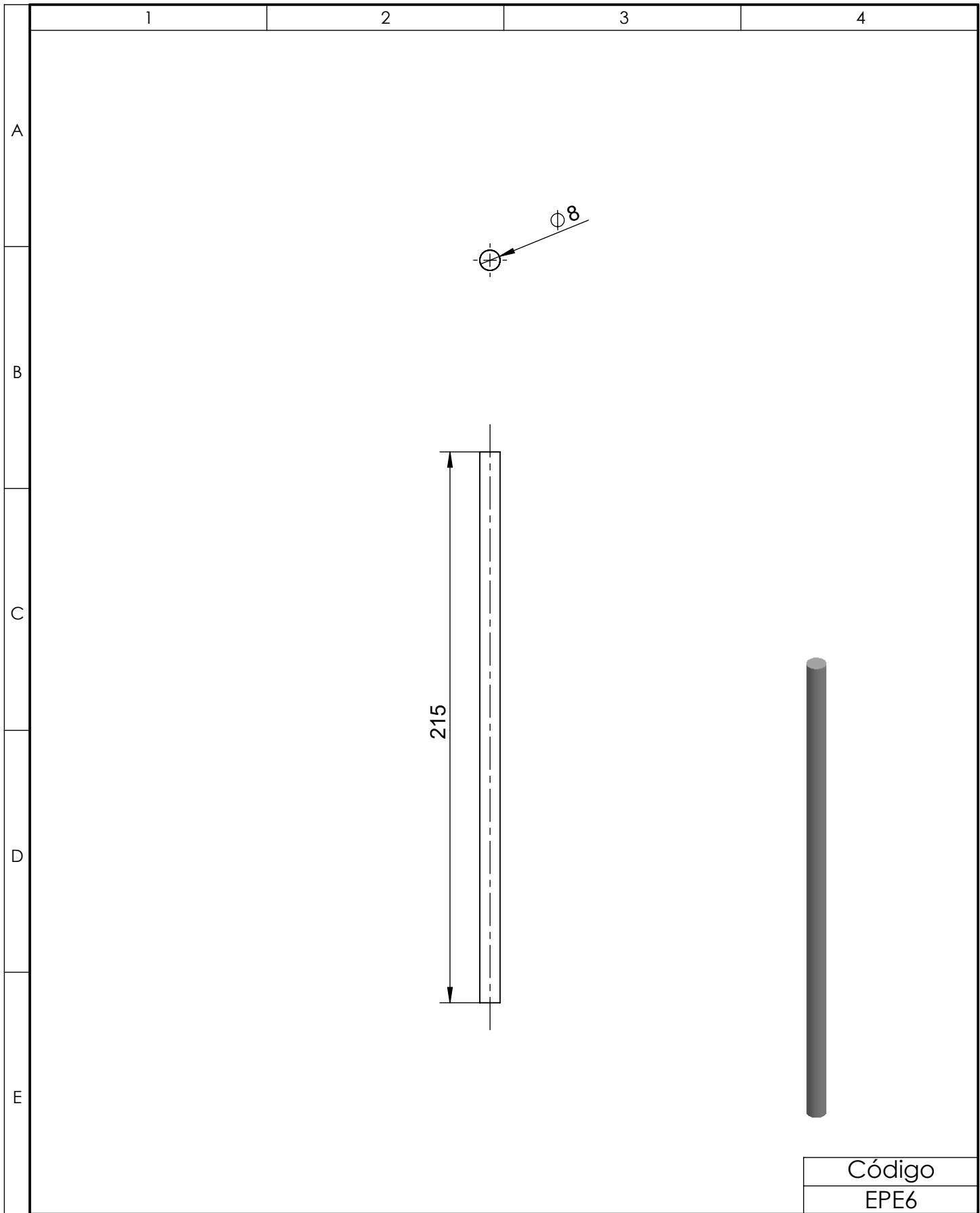
|        |
|--------|
| Código |
| PE4    |

|         |              |       |        |  |  |                  |           |
|---------|--------------|-------|--------|--|--|------------------|-----------|
|         |              |       |        | Tolerancia:                                | Peso:                                    | Material:        |           |
|         |              |       |        | $\pm 1$                                    | 32,76 g                                  | AISI 304         |           |
|         |              |       |        | Fecha                                      | Nombre                                   | Denominación:    | Escala:   |
|         |              |       | Dib.   | 28/04/2022                                 | Sr. Pérez Diego<br>Sr. Quintero Santiago | PORTA ELECTRODOS | 1:1       |
|         |              |       | Rev.   | 27/07/2022                                 | Ing. Castro Christian                    |                  |           |
|         |              |       | Apro.  | 27/07/2022                                 | Ing. Castro Christian                    |                  |           |
|         |              |       |        | <b>U.T.A</b><br><b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> |  | No. de lámina:   | Registro: |
|         |              |       |        |  |  | 5/11             |           |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |  |  | (Sustitución)    |           |



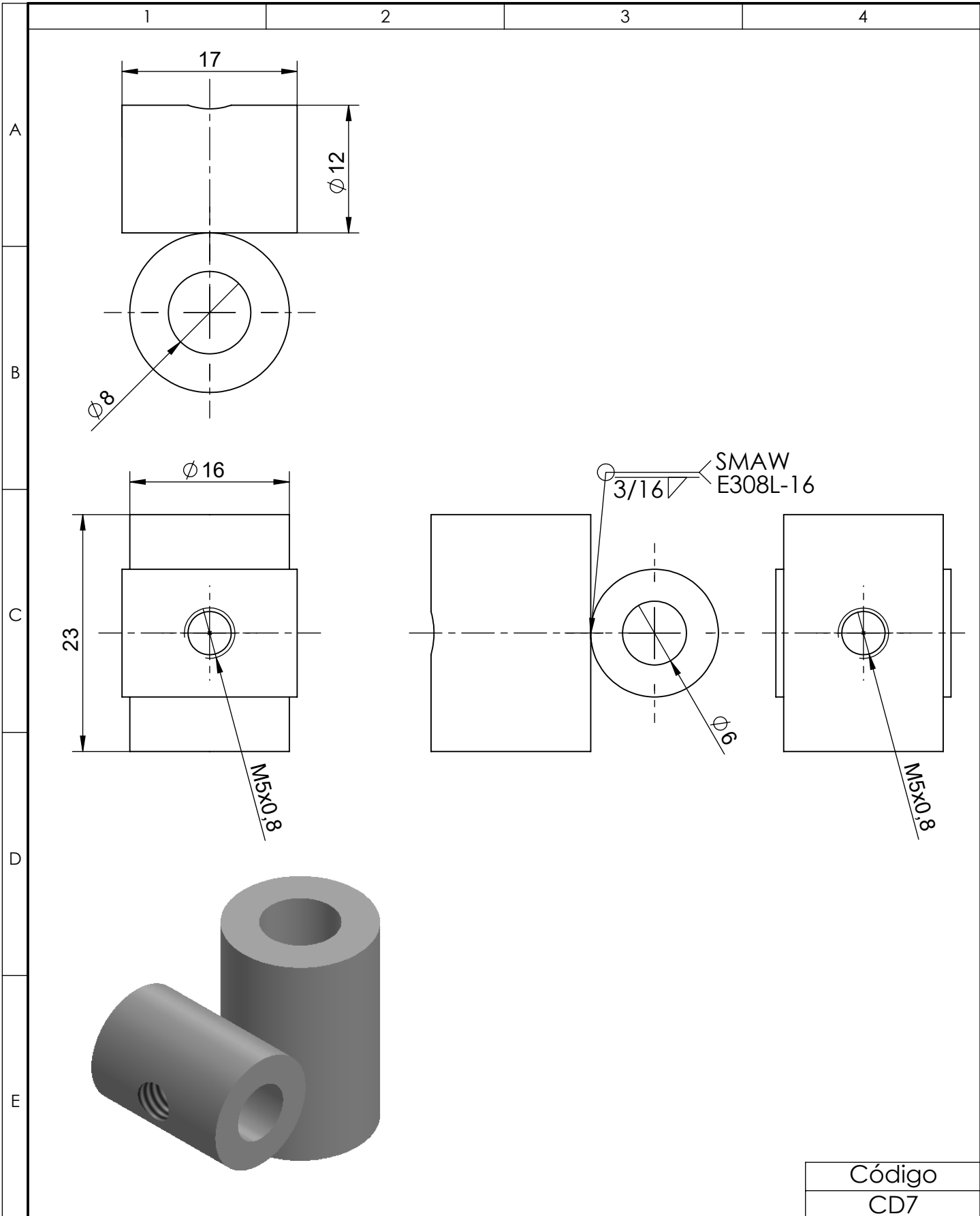
|        |
|--------|
| Código |
| PPE5   |

|         |              |       |        |                            |            |  |  |           |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------------|------------|--|--|-----------|
|         |              |       |        | Tolerancia:                | Peso:      | Material:                                |  |           |
|         |              |       |        | ±1                         | 6,79 g     | AISI 304                                 |  |           |
|         |              |       |        |                            |            | Denominación:                            |  | Escala:   |
|         |              |       |        | Fecha                      | Nombre     | PLACA DE PORTAELECTRODOS                 |  | 1:1       |
|         |              |       |        | Dib.                       | 28/04/2022 | Sr. Pérez Diego<br>Sr. Quinatoa Santiago |  |           |
|         |              |       |        | Rev.                       | 27/07/2022 | Ing. Castro Christian                    |  |           |
|         |              |       |        | Apro.                      | 27/07/2022 | Ing. Castro Christian                    |  |           |
|         |              |       |        | <b>U.T.A</b>               |            | No. de lámina:                           |  | Registro: |
|         |              |       |        | <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> |            | 6/11                                     |  | ☐ ⊕       |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                            |            | (Sustitución)                            |  |           |



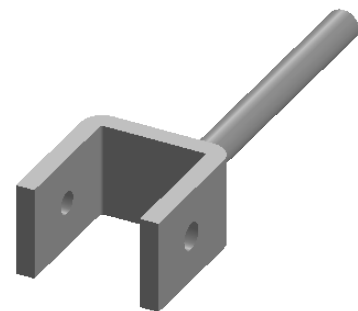
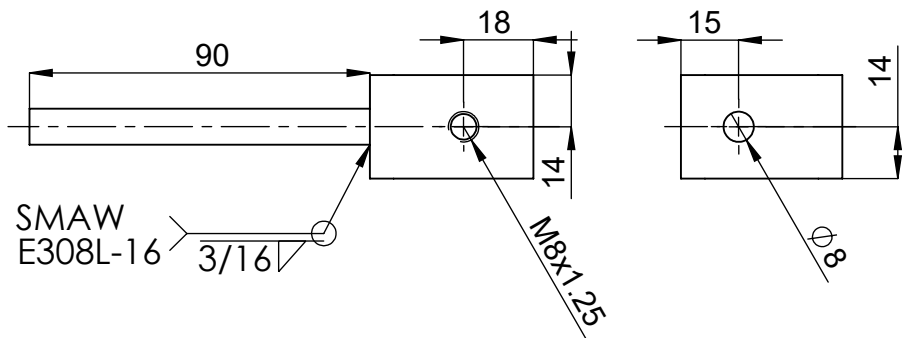
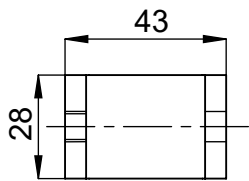
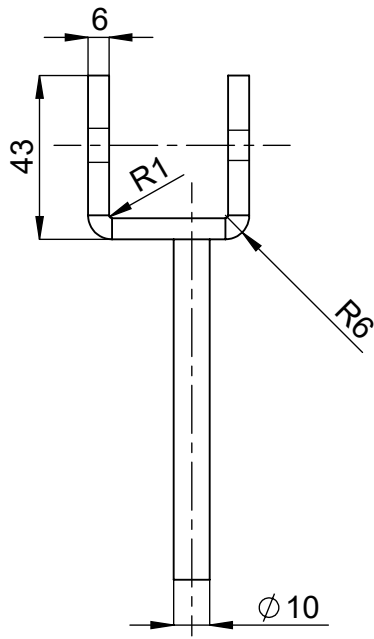
|        |
|--------|
| Código |
| EPE6   |

|         |              |       |        |                            |            |  |  |           |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------------|------------|--|--|-----------|
|         |              |       |        | Tolerancia:                | Peso:      | Material:                                |  |           |
|         |              |       |        | ±1                         | 84,95 g    | AISI 304                                 |  |           |
|         |              |       |        |                            |            | Denominación:                            |  | Escala:   |
|         |              |       |        | Fecha                      | Nombre     | EJE DE PORTA ELECTRODOS                  |  | 1:2       |
|         |              |       |        | Dib.                       | 28/04/2022 | Sr. Pérez Diego<br>Sr. Quinotoa Santiago |  |           |
|         |              |       |        | Rev.                       | 27/07/2022 | Ing. Castro Christian                    |  |           |
|         |              |       |        | Apro.                      | 27/07/2022 | Ing. Castro Christian                    |  |           |
|         |              |       |        | <b>U.T.A</b>               |            | No. de lámina:                           |  | Registro: |
|         |              |       |        | <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> |            | 7/11                                     |  | 1:2       |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                            |            | (Sustitución)                            |  |           |



Código  
CD7

|         |              |       |        |  |                       |                |           |              |     |
|---------|--------------|-------|--------|--|-----------------------|----------------|-----------|--------------|-----|
|         |              |       |        | Tolerancia:                                | Peso:                 | Material:      |           |              |     |
|         |              |       |        | ±1   | 37,08 g               | AISI 304       |           |              |     |
|         |              |       |        | Fecha                                      | Nombre                | Denominación:  | Escala:   |              |     |
|         |              |       |        | Dib.                                       | Sr. Pérez Diego       |                |           | CAMISA DOBLE | 2:1 |
|         |              |       |        | Rev.                                       | Sr. Guinotoa Santiago |                |           |              |     |
|         |              |       |        | Rev.                                       | Ing. Castro Christian |                |           |              |     |
|         |              |       |        | Apro.                                      | Ing. Castro Christian | No. de lámina: | Registro: |              |     |
|         |              |       |        | <b>U.T.A</b><br><b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> |                       | 8/11           |           |              |     |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |  |                       | (Sustitución)  |           |              |     |



Código  
CM8

|         |              |       |        |  |                   |  |                |
|---------|--------------|-------|--------|--|-------------------|--|----------------|
|         |              |       |        | Tolerancia:<br>±1                          | Peso:<br>186,73 g | Material:<br>AISI 304                    |                |
|         |              |       |        |  |                   | Denominación:<br>Cuerpo de mordaza       | Escala:<br>1:2 |
|         |              |       |        | Dib.                                       | 28/04/2022        | Sr. Pérez Diego<br>Sr. Quiñatoa Santiago |                |
|         |              |       |        | Rev.                                       | 02/08/2022        | Ing. Castro Christian                    |                |
|         |              |       |        | Apro.                                      | 02/08/2022        | Ing. Castro Christian                    |                |
|         |              |       |        | <b>U.T.A</b><br><b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> |                   | No. de lámina:<br>9/11                   | Registro:<br>  |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |  |                   | (Sustitución)                            |                |



1

2

3

4

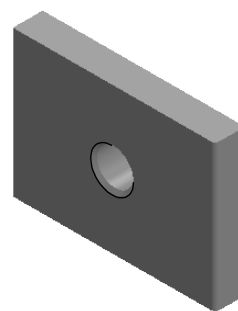
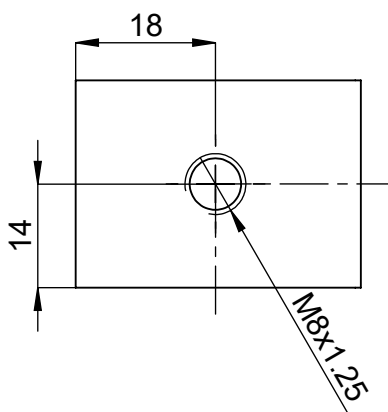
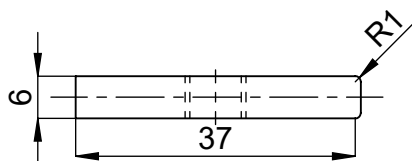
A

B

C

D

E



Código

M9

Tolerancia:

 $\pm 1$ 

Peso:

43,38 g

Material:

AISI 304

Dib.

28/04/2022

Sr. Pérez Diego  
Sr. Quinotoa Santiago

Rev.

02/08/2022

Ing. Castro Christian

Apro.

02/08/2022

Ing. Castro Christian

Denominación:

Mordaza

Escala:

1:1

**U.T.A****INGENIERÍA MECÁNICA**

No. de lámina:

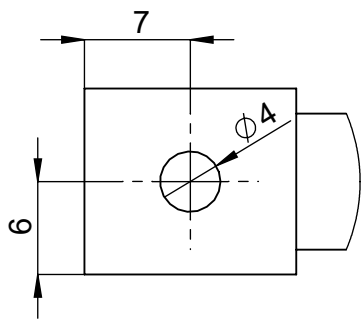
10/11

Registro:

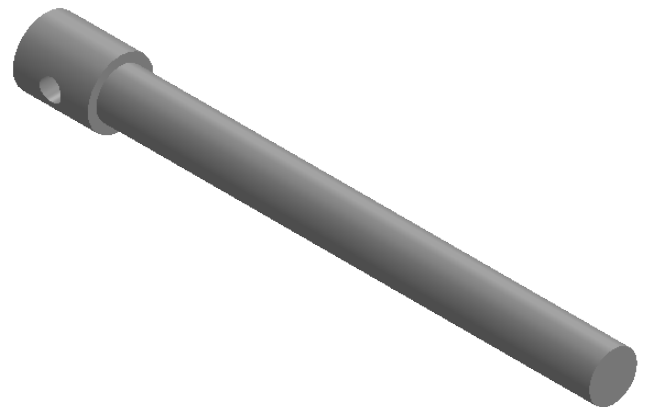
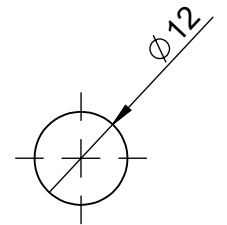
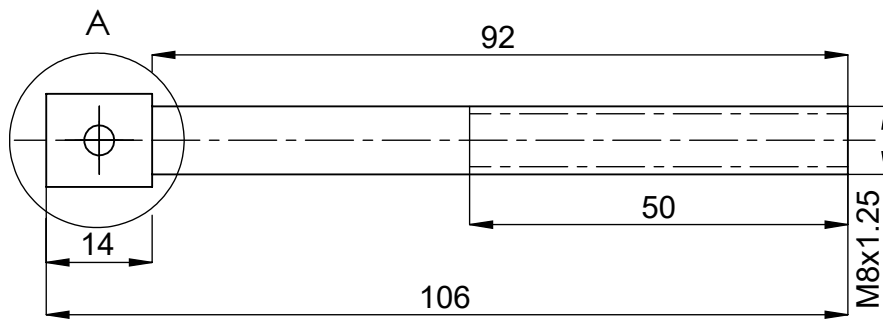


Edición Modificación Fecha Nombre

(Sustitución)



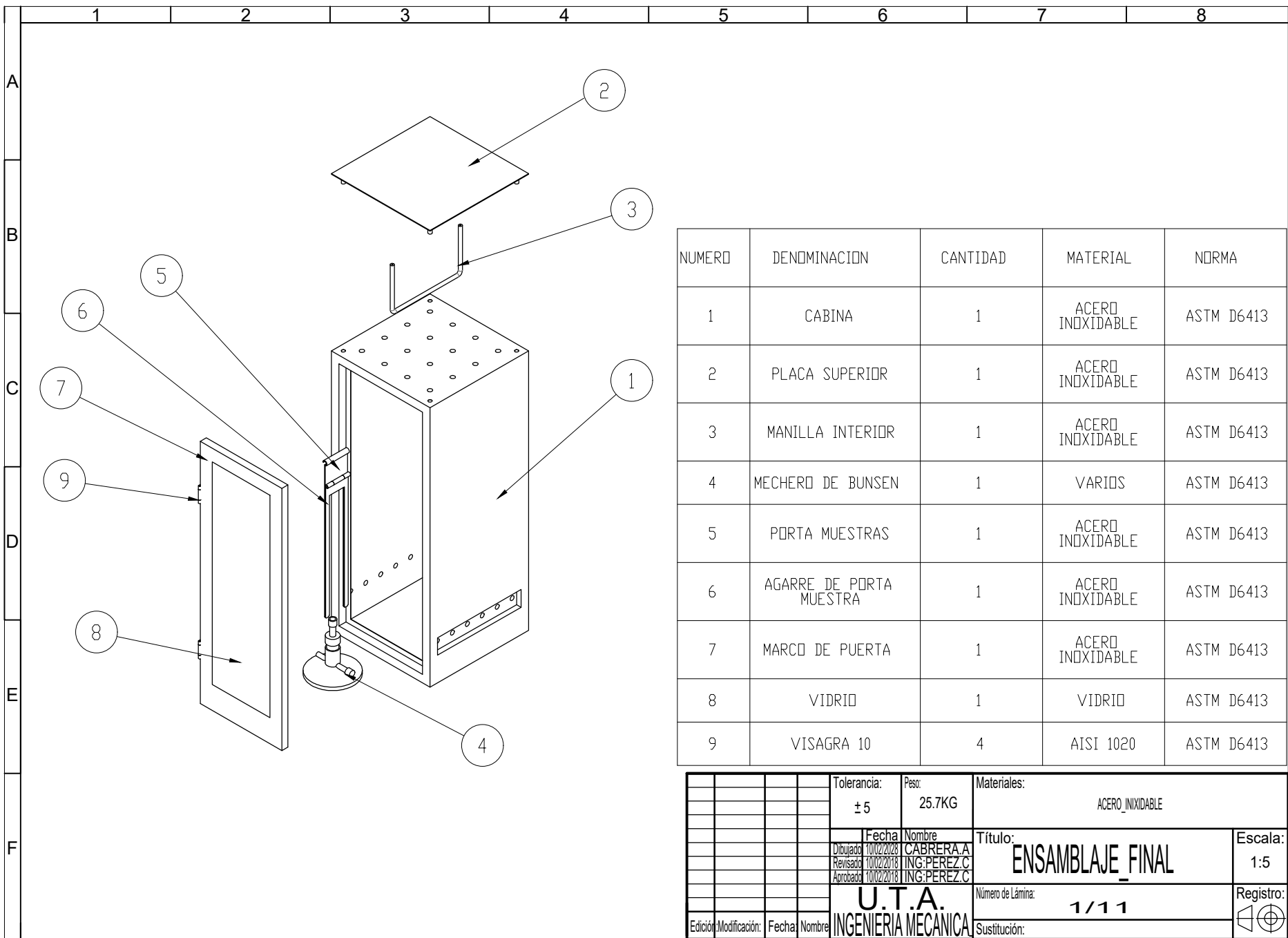
DETALLE A  
ESCALA 2 : 1



Código  
C11

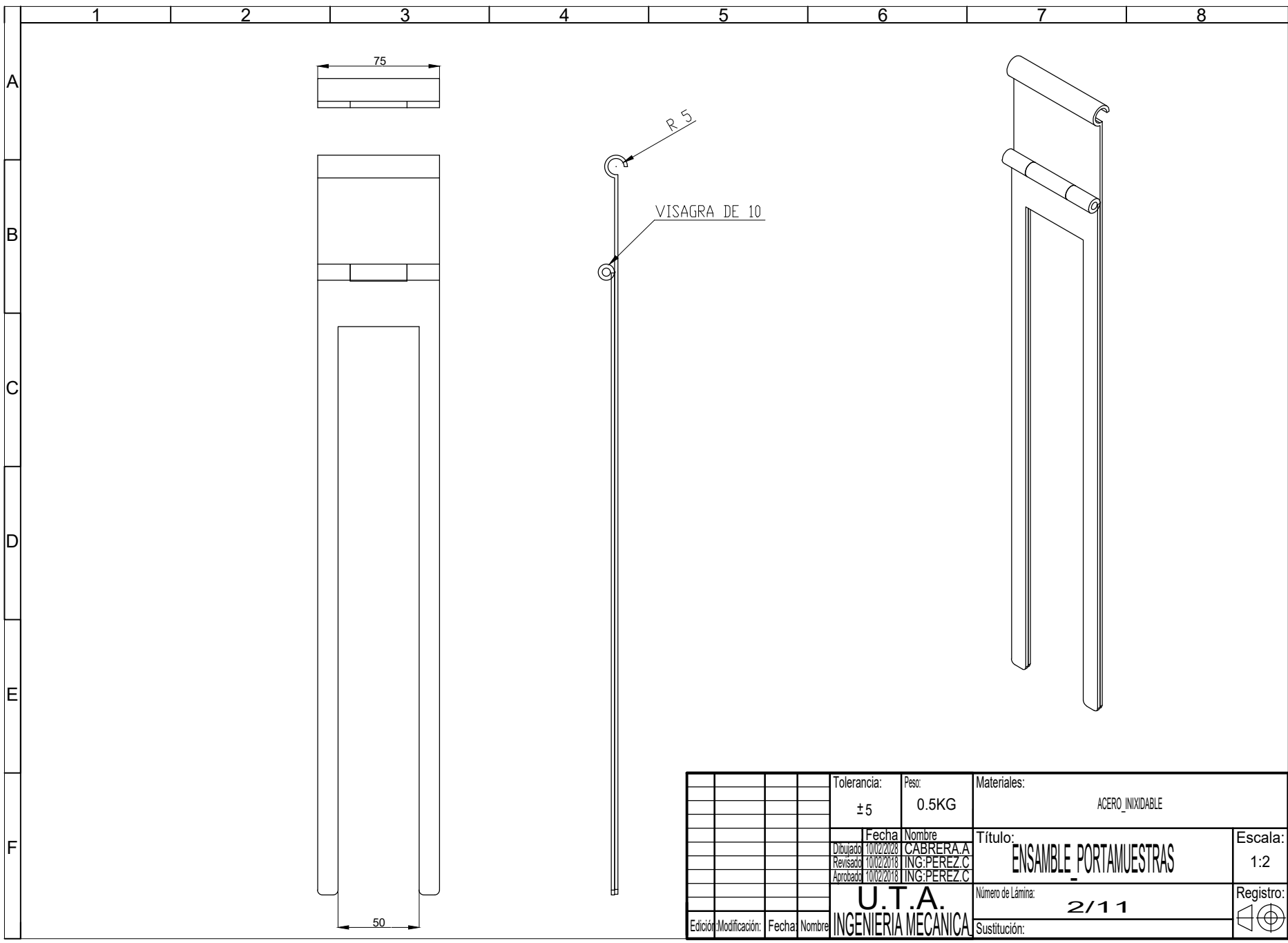
|         |              |       |        |  |  |                |           |         |     |
|---------|--------------|-------|--------|--|--|----------------|-----------|---------|-----|
|         |              |       |        | Tolerancia:                                | Peso:                                    | Material:      |           |         |     |
|         |              |       |        | ±1   | 56,84 g                                  | AISI 304       |           |         |     |
|         |              |       |        | Fecha                                      | Nombre                                   | Denominación:  | Escala:   |         |     |
|         |              |       | Dib.   | 28/04/2022                                 | Sr. Pérez Diego<br>Sr. Quintero Santiago |                |           | Clavija | 1:1 |
|         |              |       | Rev.   | 27/07/2022                                 | Ing. Castro Christian                    |                |           |         |     |
|         |              |       | Apro.  | 27/07/2022                                 | Ing. Castro Christian                    | No. de lámina: | Registro: |         |     |
|         |              |       |        | <b>U.T.A</b><br><b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> |  | 11/11          |           |         |     |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |  |  | (Sustitución)  |           |         |     |

**ANEXO 60.- Planos de la cámara de inflamabilidad vertical, primer diseño.**

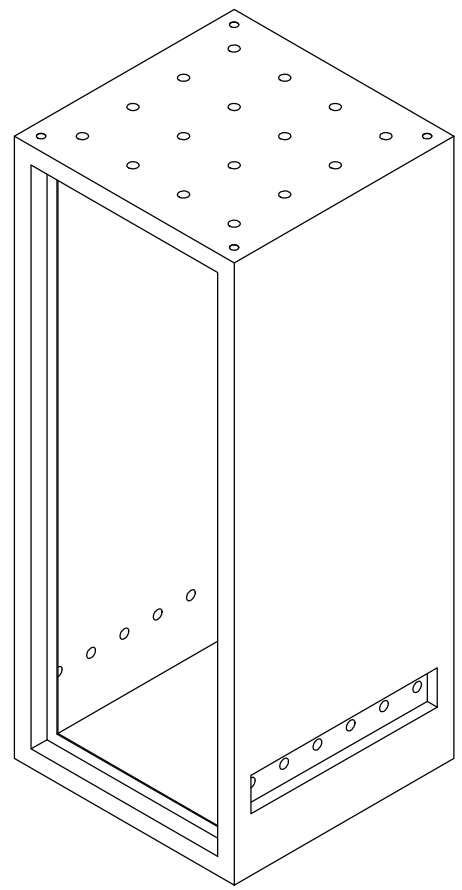
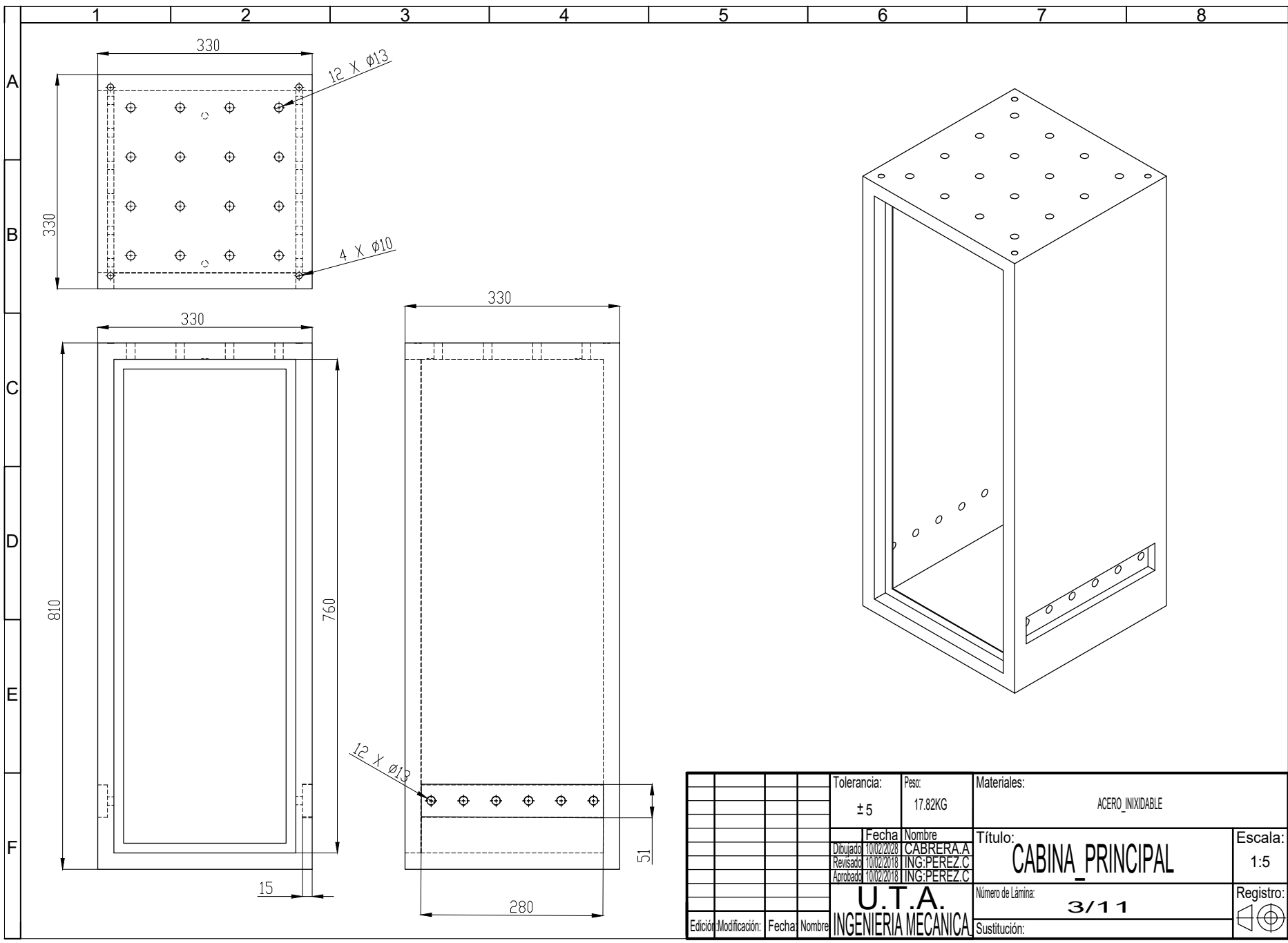


| NUMERO | DENOMINACION            | CANTIDAD | MATERIAL         | NORMA      |
|--------|-------------------------|----------|------------------|------------|
| 1      | CABINA                  | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 2      | PLACA SUPERIOR          | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 3      | MANILLA INTERIOR        | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 4      | MECHERO DE BUNSEN       | 1        | VARIOS           | ASTM D6413 |
| 5      | PORTA MUESTRAS          | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 6      | AGARRE DE PORTA MUESTRA | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 7      | MARCO DE PUERTA         | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 8      | VIDRIO                  | 1        | VIDRIO           | ASTM D6413 |
| 9      | VISAGRA 10              | 4        | AISI 1020        | ASTM D6413 |

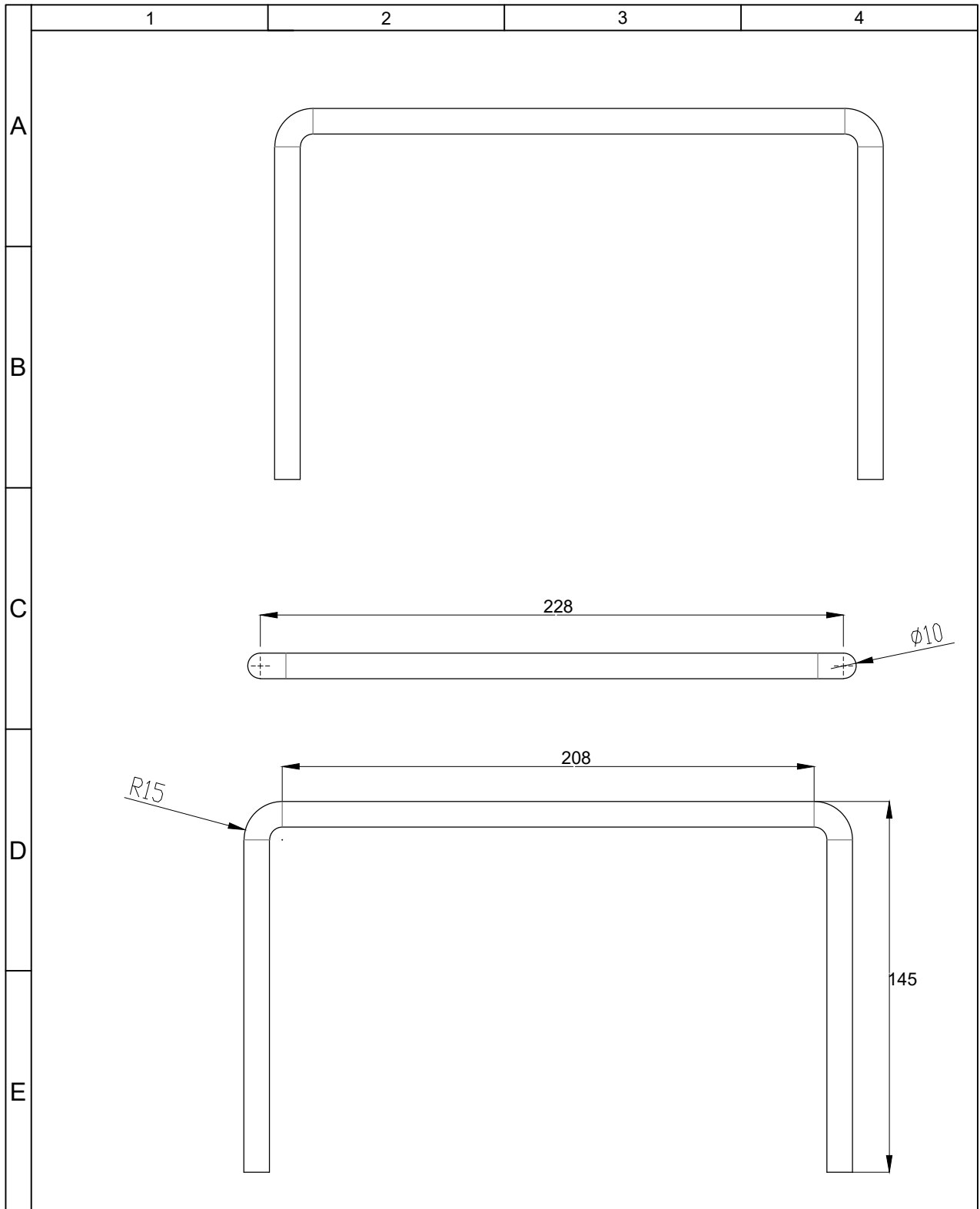
|                            |              |                         |           |
|----------------------------|--------------|-------------------------|-----------|
| Tolerancia:                | Peso:        | Materiales:             |           |
| ± 5                        | 25.7KG       | ACERO_INOXIDABLE        |           |
| Fecha                      | Nombre       | Título:                 | Escala:   |
| Dibujado: 10/02/2018       | CABRERA.A    | <b>ENSAMBLAJE_FINAL</b> | 1:5       |
| Revisado: 10/02/2018       | ING:PEREZ.C  |                         |           |
| Aprobado: 10/02/2018       | ING:PEREZ.C  |                         |           |
| U.T.A. INGENIERIA MECANICA |              | Número de Lámina:       | Registro: |
| Edición/Modificación:      | Fecha/Nombre | 1/11                    |           |
|                            |              | Sustitución:            |           |



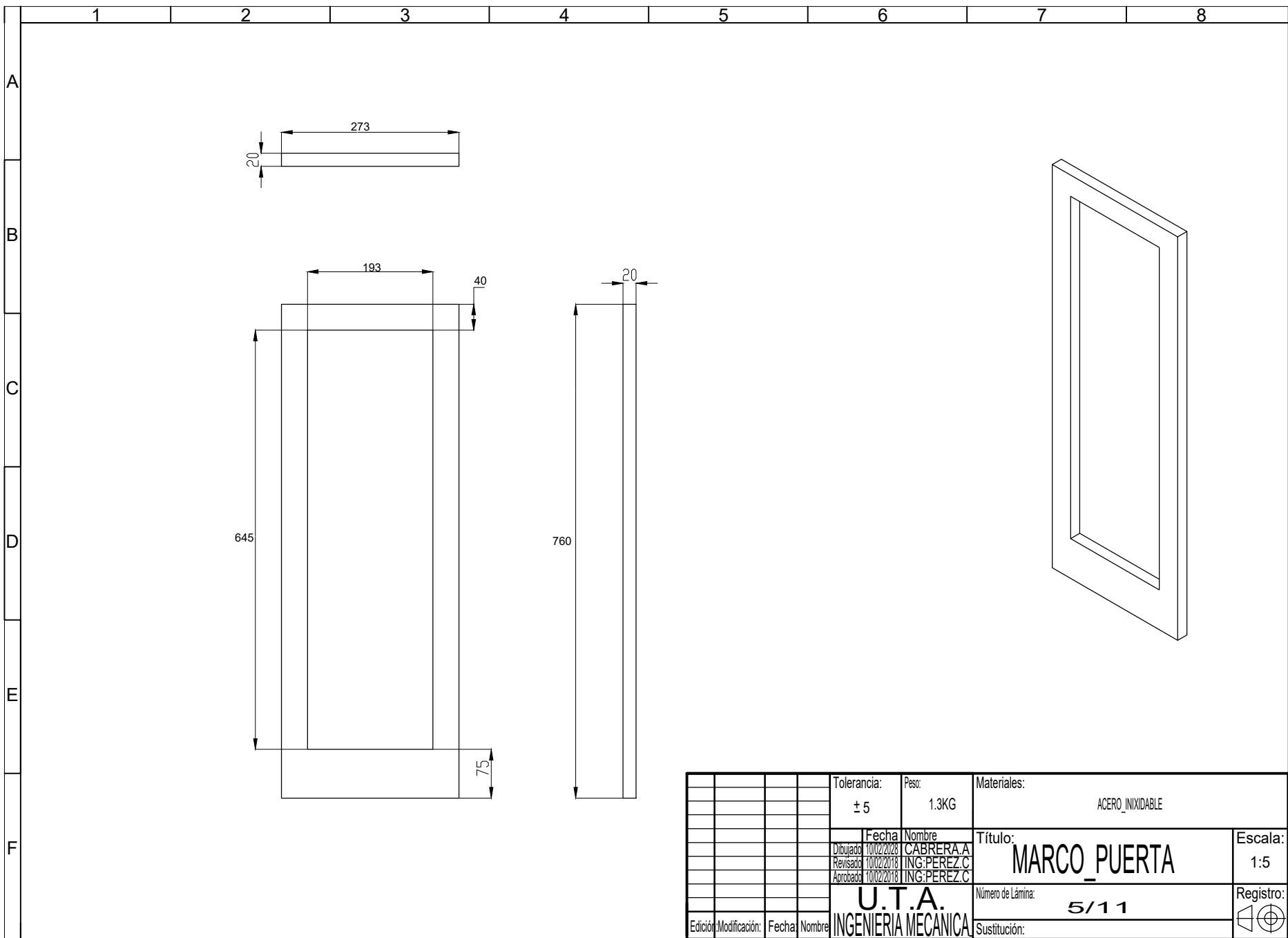
|                       |        |         |  |                      |             |                        |           |
|-----------------------|--------|---------|--|----------------------|-------------|------------------------|-----------|
|                       |        |         |  | Tolerancia:          | Peso:       | Materiales:            |           |
|                       |        |         |  | ±5                   | 0.5KG       | ACERO_INOXIDABLE       |           |
|                       |        |         |  | Fecha                | Nombre      | Título:                | Escala:   |
|                       |        |         |  | Dibujado: 10/02/2018 | CABRERA.A   | ENSAMBLE PORTAMUESTRAS | 1:2       |
|                       |        |         |  | Revisado: 10/02/2018 | ING:PEREZ.C |                        |           |
|                       |        |         |  | Aprobado: 10/02/2018 | ING:PEREZ.C |                        |           |
|                       |        |         |  | U.T.A.               |             | Número de Lámina:      | Registro: |
|                       |        |         |  | INGENIERIA MECANICA  |             | 2/11                   | ☐ ⊕       |
| Edición/Modificación: | Fecha: | Nombre: |  |                      |             | Sustitución:           |           |



|   |  |               |  |                   |  |
|---|--|---------------|--|-------------------|--|
| Tolerancia:                                 |  | Peso:         |  | Materiales:       |  |
| ± 5   |  | 17.82KG       |  | ACERO INOXIDABLE  |  |
| Fecha                                       |  | Nombre        |  | Título:           |  |
| Dibujado: 10/02/2018                        |  | CABRERA A     |  | CABINA PRINCIPAL  |  |
| Revisado: 10/02/2018                        |  | ING. PEREZ C  |  | Escala:           |  |
| Aprobado: 10/02/2018                        |  | ING. PEREZ C  |  | 1:5               |  |
| <b>U.T.A.</b><br><b>INGENIERIA MECANICA</b> |  |               |  | Número de Lámina: |  |
|   |  |               |  | 3/11              |  |
| Edición/Modificación:                       |  | Fecha/Nombre: |  | Registro:         |  |
|   |  |               |  |                   |  |

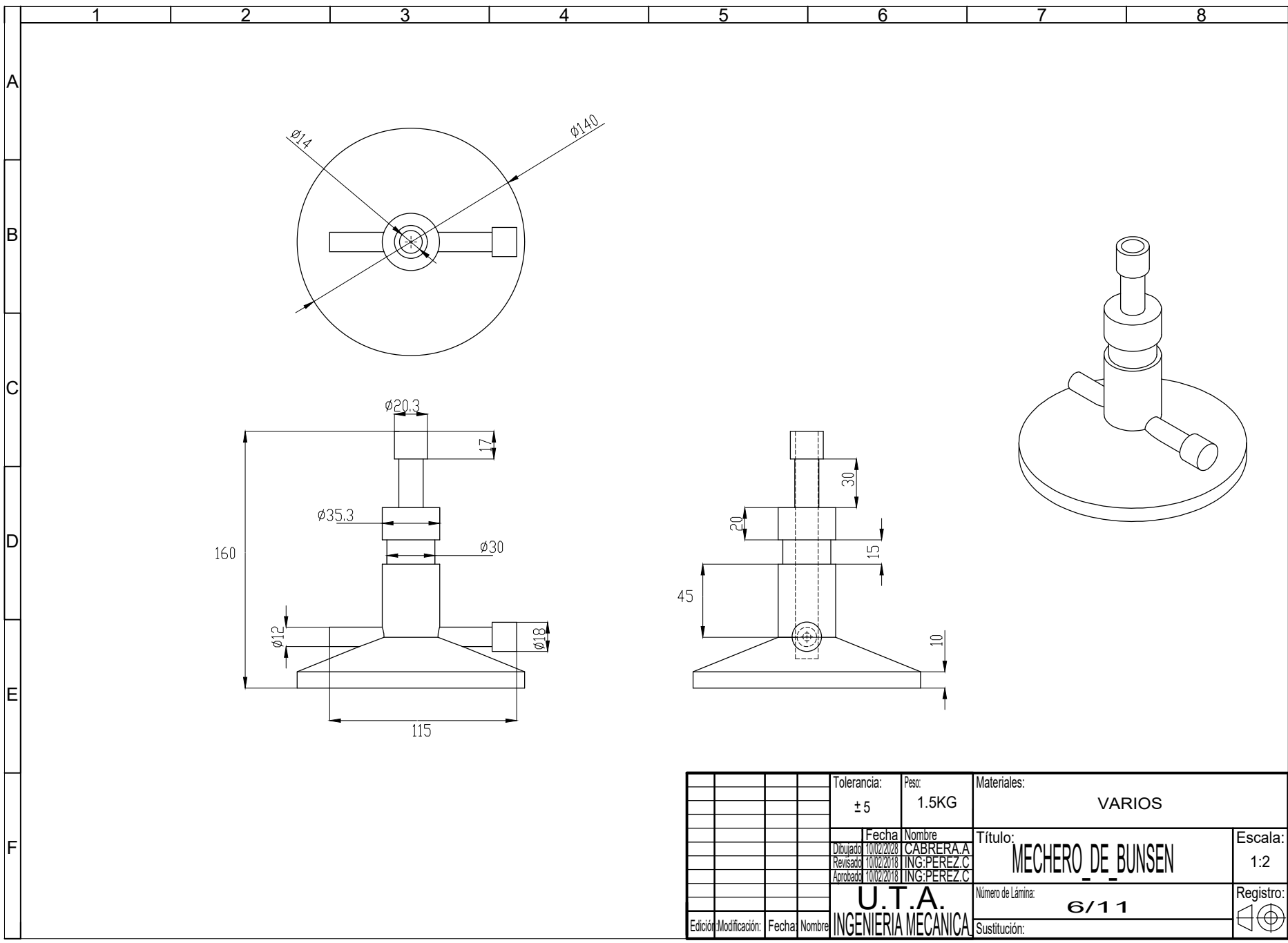


|         |              |       |        |                               |                |                               |           |
|---------|--------------|-------|--------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|-----------|
|         |              |       |        | Tolerancia:<br>± 5            | Peso:<br>0.3KG | Material:<br>ACERO_INOXIDABLE |           |
|         |              |       |        | Fecha                         | Nombre         | Título:                       | Escala:   |
|         |              |       |        | Dibujó: 10/02/2018            | CABRERA.A      | MANILLA_INTERIOR              | 1:2       |
|         |              |       |        | Revisó: 10/02/2018            | ING:PEREZ.C    |                               |           |
|         |              |       |        | Aprobó: 10/02/2018            | ING:PEREZ.C    |                               |           |
|         |              |       |        | U.T.A.<br>INGENIERIA MECANICA |                | No. Lámina:<br>4/11           | Registro: |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                               |                | (sustitución)                 |           |

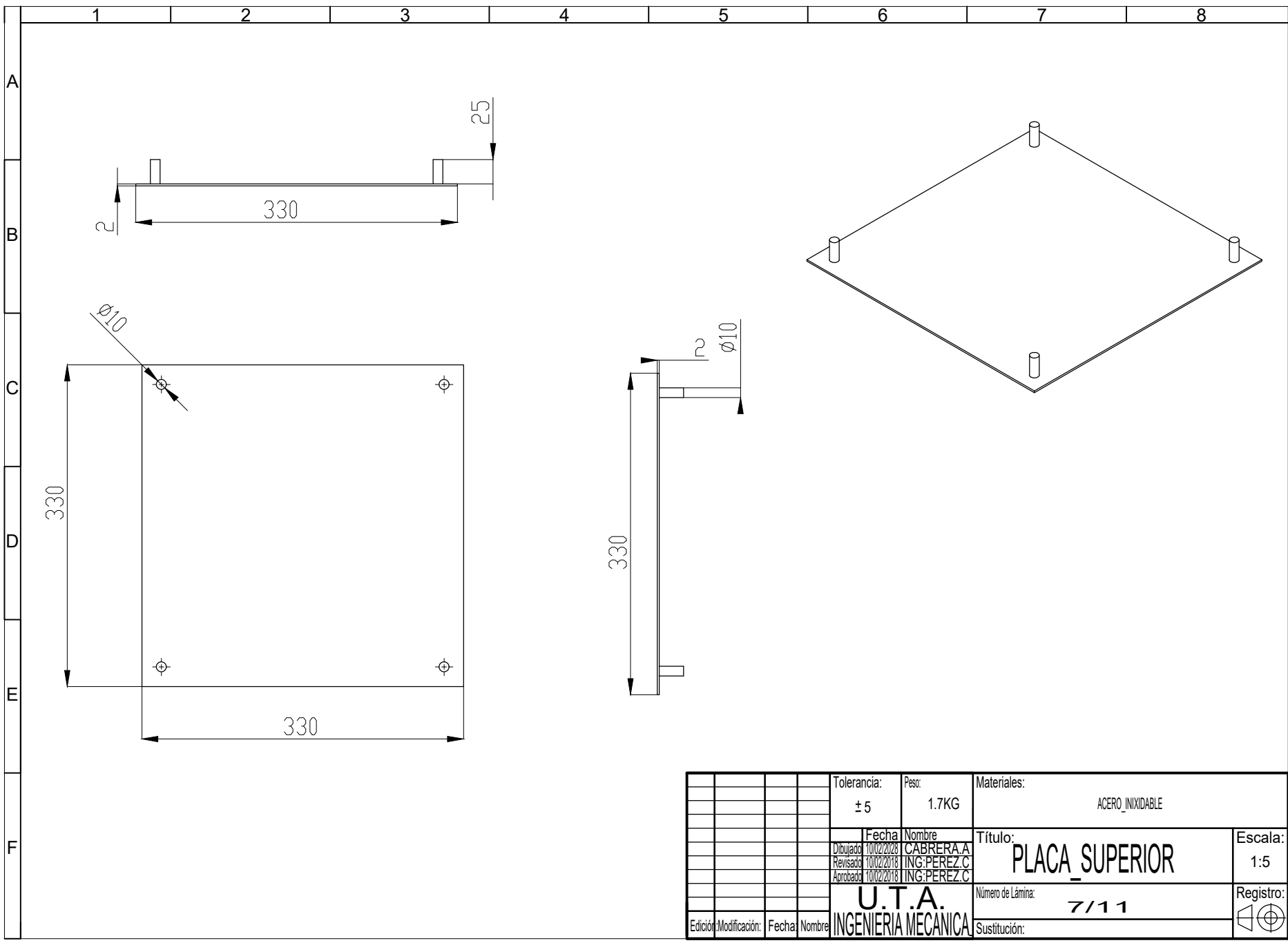


|                       |        |         |  |                               |             |                   |           |
|-----------------------|--------|---------|--|-------------------------------|-------------|-------------------|-----------|
|                       |        |         |  | Tolerancia:                   | Peso:       | Materiales:       |           |
|                       |        |         |  | ± 5                           | 1.3KG       | ACERO_INOXIDABLE  |           |
|                       |        |         |  | Fecha                         | Nombre      | Título:           | Escala:   |
|                       |        |         |  | Dibujado: 10/02/2018          | CABRERA.A   | MARCO_PUERTA      | 1:5       |
|                       |        |         |  | Revisado: 10/02/2018          | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | Aprobado: 10/02/2018          | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | U.T.A.<br>INGENIERIA MECANICA |             | Número de Lámina: | Registro: |
| Edición/Modificación: | Fecha: | Nombre: |  |                               |             | 5/11              |           |
|                       |        |         |  |                               |             | Sustitución:      |           |

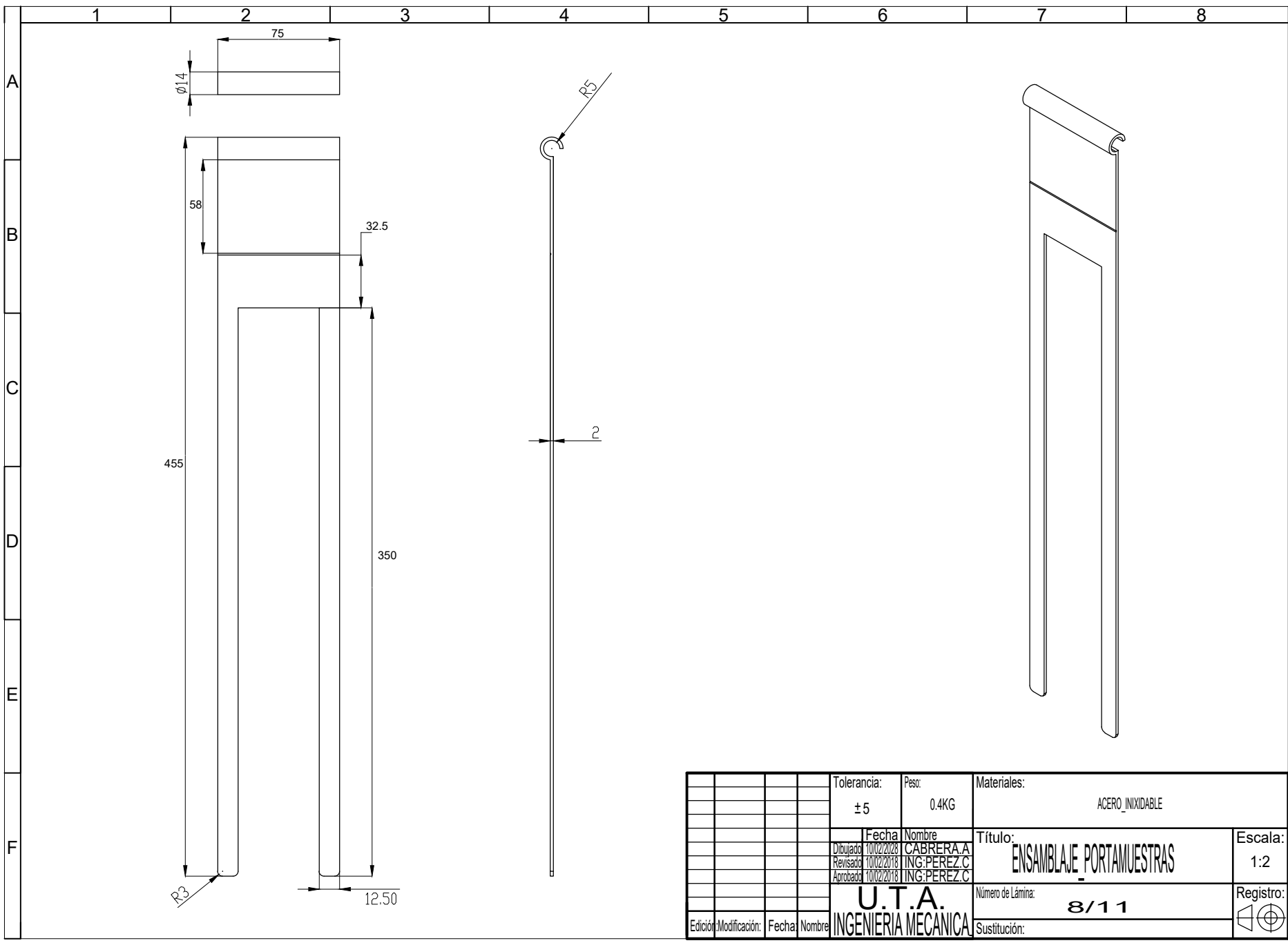




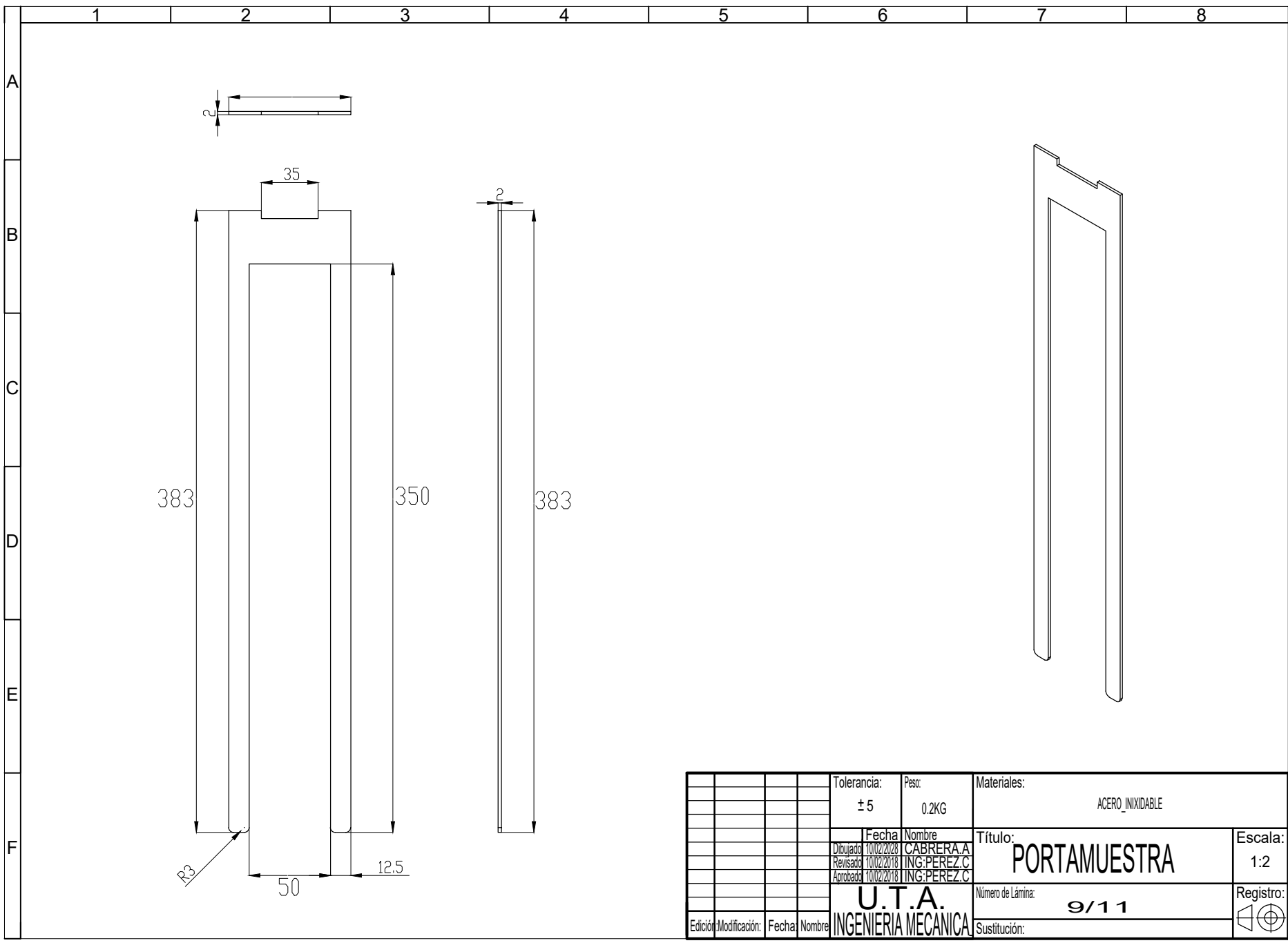
|                       |        |         |  |                      |              |                   |           |
|-----------------------|--------|---------|--|----------------------|--------------|-------------------|-----------|
|                       |        |         |  | Tolerancia:          | Peso:        | Materiales:       |           |
|                       |        |         |  | ± 5                  | 1.5KG        | VARIOS            |           |
|                       |        |         |  | Fecha                | Nombre       | Título:           | Escala:   |
|                       |        |         |  | Dibujado: 10/02/2018 | CABRERA A    | MECHERO DE BUNSEN | 1:2       |
|                       |        |         |  | Revisado: 10/02/2018 | ING. PEREZ C |                   |           |
|                       |        |         |  | Aprobado: 10/02/2018 | ING. PEREZ C |                   |           |
|                       |        |         |  | U.T.A.               |              | Número de Lámina: | Registro: |
|                       |        |         |  | INGENIERIA MECANICA  |              | 6/11              | ◁ ⊕       |
| Edición/Modificación: | Fecha: | Nombre: |  |                      |              | Sustitución:      |           |



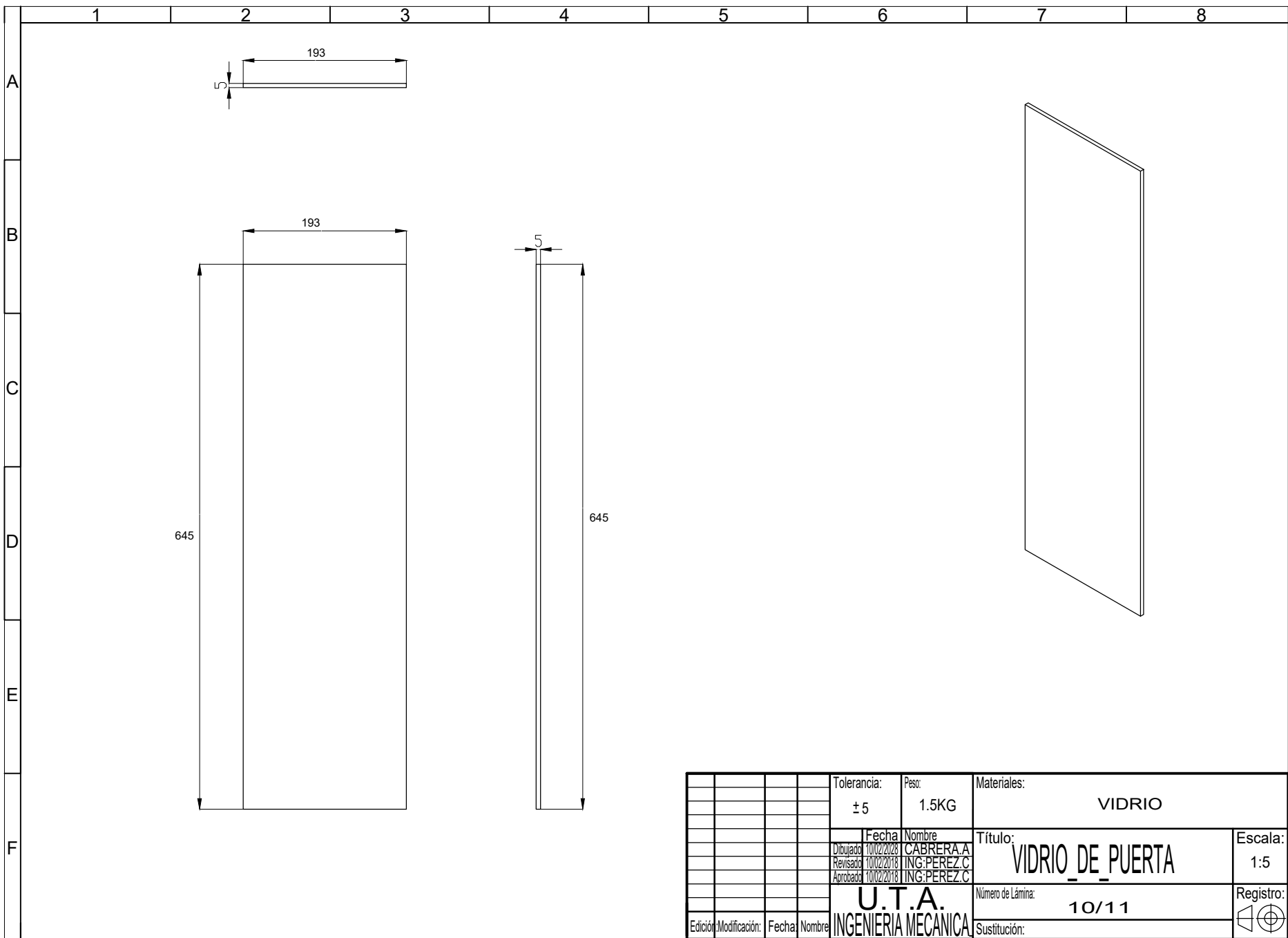
|                       |       |        |  |  |  |                     |             |                   |           |
|-----------------------|-------|--------|--|--|--|---------------------|-------------|-------------------|-----------|
|                       |       |        |  |  |  | Tolerancia:         | Peso:       | Materiales:       |           |
|                       |       |        |  |  |  | ± 5                 | 1.7KG       | ACERO_INOXIDABLE  |           |
|                       |       |        |  |  |  |                     |             |                   |           |
|                       |       |        |  |  |  | Fecha               | Nombre      | Título:           | Escala:   |
|                       |       |        |  |  |  | Dibujado            | CABRERA.A   | PLACA_SUPERIOR    | 1:5       |
|                       |       |        |  |  |  | Revisado            | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |       |        |  |  |  | Aprobado            | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |       |        |  |  |  | U.T.A.              |             | Número de Lámina: | Registro: |
|                       |       |        |  |  |  | INGENIERIA MECANICA |             | 7/11              | ☐ ⊕       |
| Edición/Modificación: | Fecha | Nombre |  |  |  |                     |             | Sustitución:      |           |



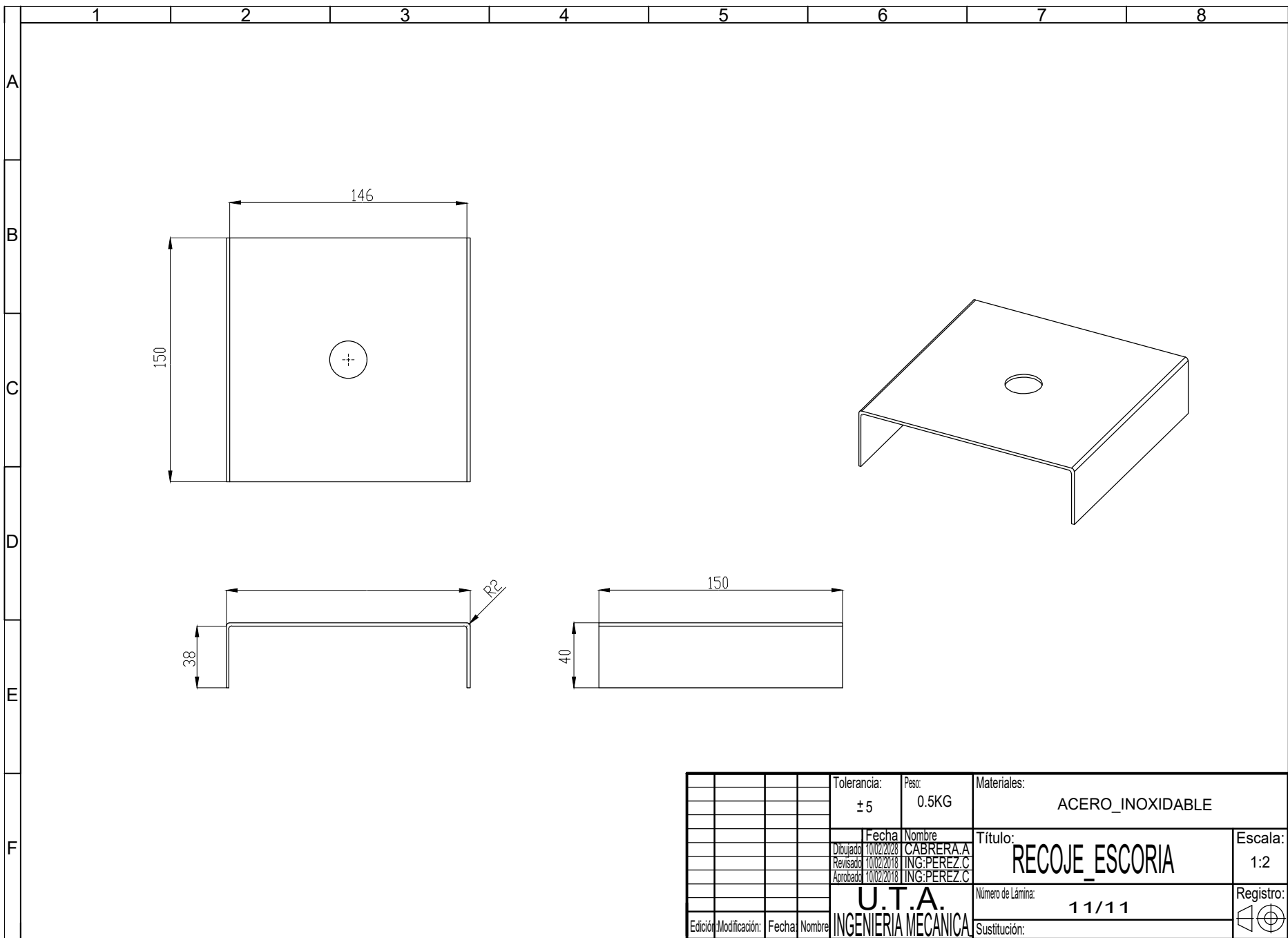
|                       |       |        |  |                               |             |                          |           |
|-----------------------|-------|--------|--|-------------------------------|-------------|--------------------------|-----------|
|                       |       |        |  | Tolerancia:                   | Peso:       | Materiales:              |           |
|                       |       |        |  | ± 5                           | 0.4KG       | ACERO_INOXIDABLE         |           |
|                       |       |        |  | Fecha                         | Nombre      | Título:                  | Escala:   |
|                       |       |        |  | Dibujado: 10/02/2018          | CABRERA.A   | ENSAMBLAJE PORTAMUESTRAS | 1:2       |
|                       |       |        |  | Revisado: 10/02/2018          | ING:PEREZ.C |                          |           |
|                       |       |        |  | Aprobado: 10/02/2018          | ING:PEREZ.C |                          |           |
|                       |       |        |  | U.T.A.<br>INGENIERIA MECANICA |             | Número de Lámina:        | Registro: |
| Edición/Modificación: | Fecha | Nombre |  |                               |             | 8/11                     |           |
|                       |       |        |  |                               |             | Sustitución:             |           |



|          |               |        |         |                      |             |                   |           |
|----------|---------------|--------|---------|----------------------|-------------|-------------------|-----------|
|          |               |        |         | Tolerancia:          | Peso:       | Materiales:       |           |
|          |               |        |         | ± 5                  | 0.2KG       | ACERO_INOXIDABLE  |           |
|          |               |        |         | Fecha                | Nombre      | Título:           | Escala:   |
|          |               |        |         | Dibujado: 10/02/2018 | CABRERA.A   | PORTAMUESTRA      | 1:2       |
|          |               |        |         | Revisado: 10/02/2018 | ING:PEREZ.C |                   |           |
|          |               |        |         | Aprobado: 10/02/2018 | ING:PEREZ.C |                   |           |
|          |               |        |         | U.T.A.               |             | Número de Lámina: | Registro: |
|          |               |        |         | INGENIERIA MECANICA  |             | 9/11              | ☐ ⊕       |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: | Sustitución:         |             |                   |           |

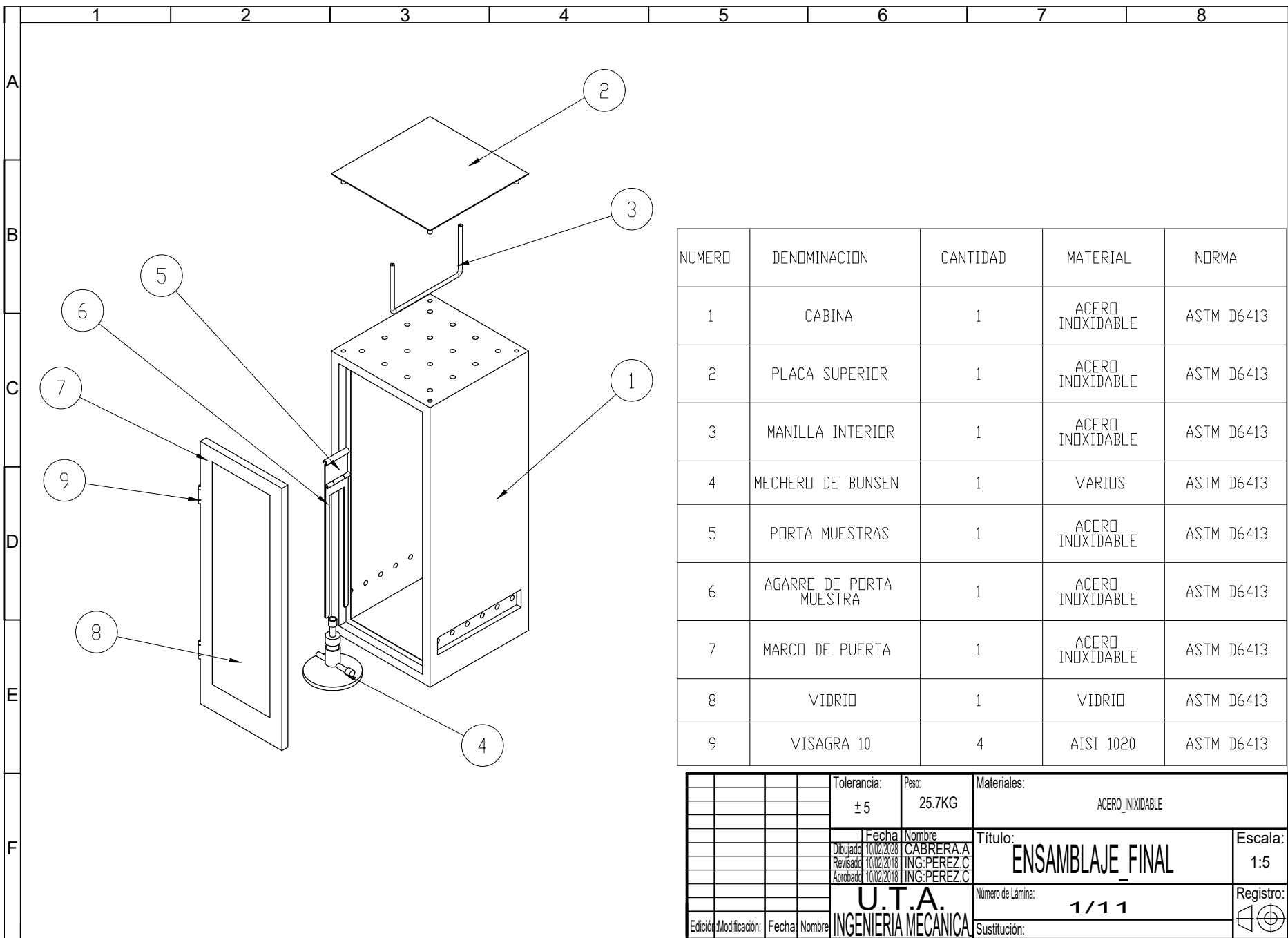


|                       |        |         |  |   |             |                   |           |
|-----------------------|--------|---------|--|---|-------------|-------------------|-----------|
|                       |        |         |  | Tolerancia:                                 | Peso:       | Materiales:       |           |
|                       |        |         |  | ± 5   | 1.5KG       | VIDRIO            |           |
|                       |        |         |  | Fecha                                       | Nombre      | Título:           | Escala:   |
|                       |        |         |  | Dibujado: 10/02/2018                        | CABRERA.A   | VIDRIO DE PUERTA  | 1:5       |
|                       |        |         |  | Revisado: 10/02/2018                        | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | Aprobado: 10/02/2018                        | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | <b>U.T.A.</b><br><b>INGENIERIA MECANICA</b> |             | Número de Lámina: | Registro: |
| Edición/Modificación: | Fecha: | Nombre: |  |   |             | 10/11             |           |
|                       |        |         |  |   |             | Sustitución:      |           |



|                       |        |         |  |   |             |                   |           |
|-----------------------|--------|---------|--|---|-------------|-------------------|-----------|
|                       |        |         |  | Tolerancia:                                 | Peso:       | Materiales:       |           |
|                       |        |         |  | ± 5   | 0.5KG       | ACERO_INOXIDABLE  |           |
|                       |        |         |  | Fecha                                       | Nombre      | Título:           | Escala:   |
|                       |        |         |  | Dibujado: 10/02/2018                        | CABRERA.A   | RECOJE_ESCORIA    | 1:2       |
|                       |        |         |  | Revisado: 10/02/2018                        | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | Aprobado: 10/02/2018                        | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | <b>U.T.A.</b><br><b>INGENIERIA MECANICA</b> |             | Número de Lámina: | Registro: |
| Edición/Modificación: | Fecha: | Nombre: |  |   |             | 11/11             |           |
|                       |        |         |  |   |             | Sustitución:      |           |

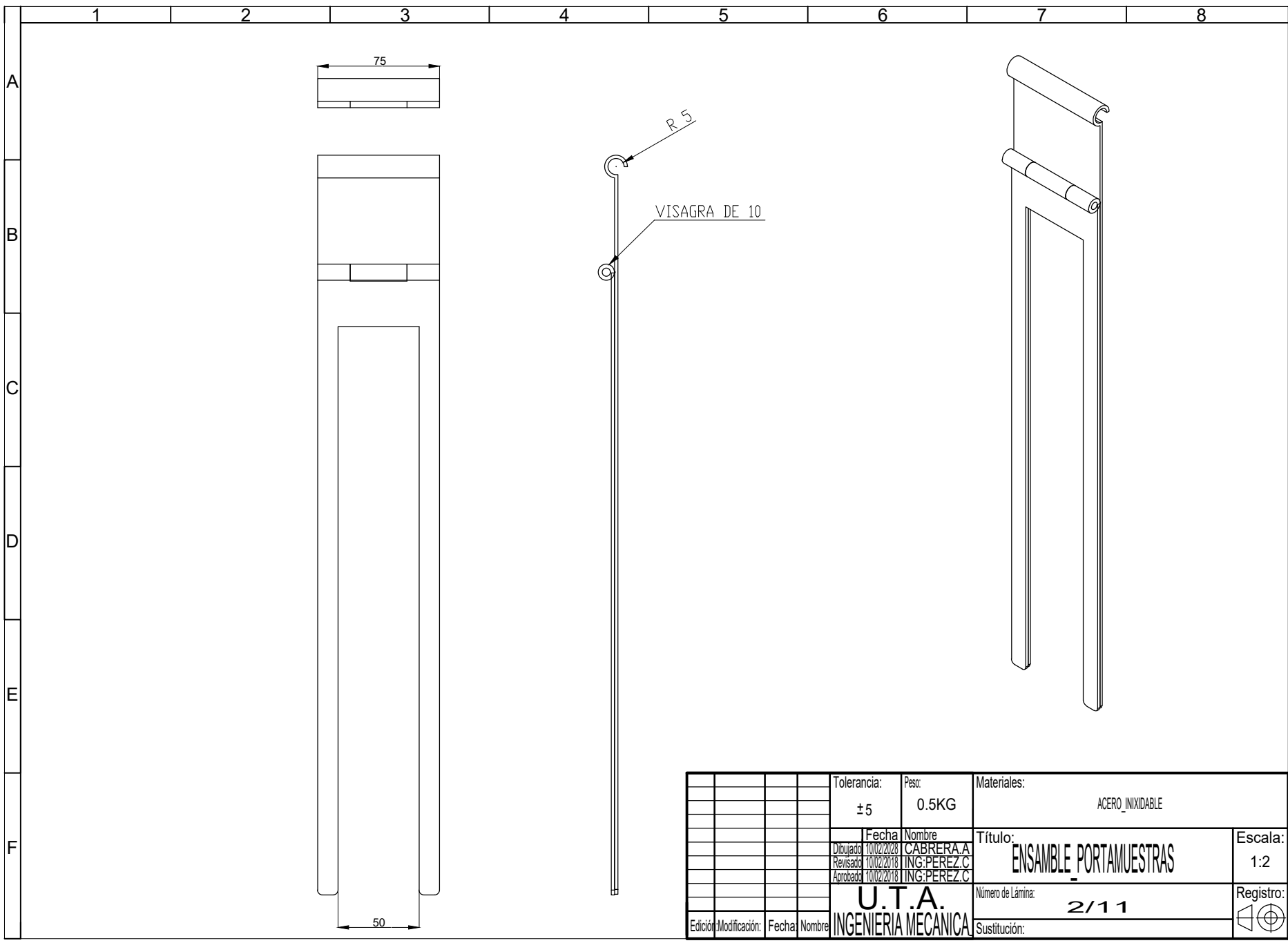
**ANEXO 60.- Planos de la cámara de inflamabilidad vertical, primer diseño.**



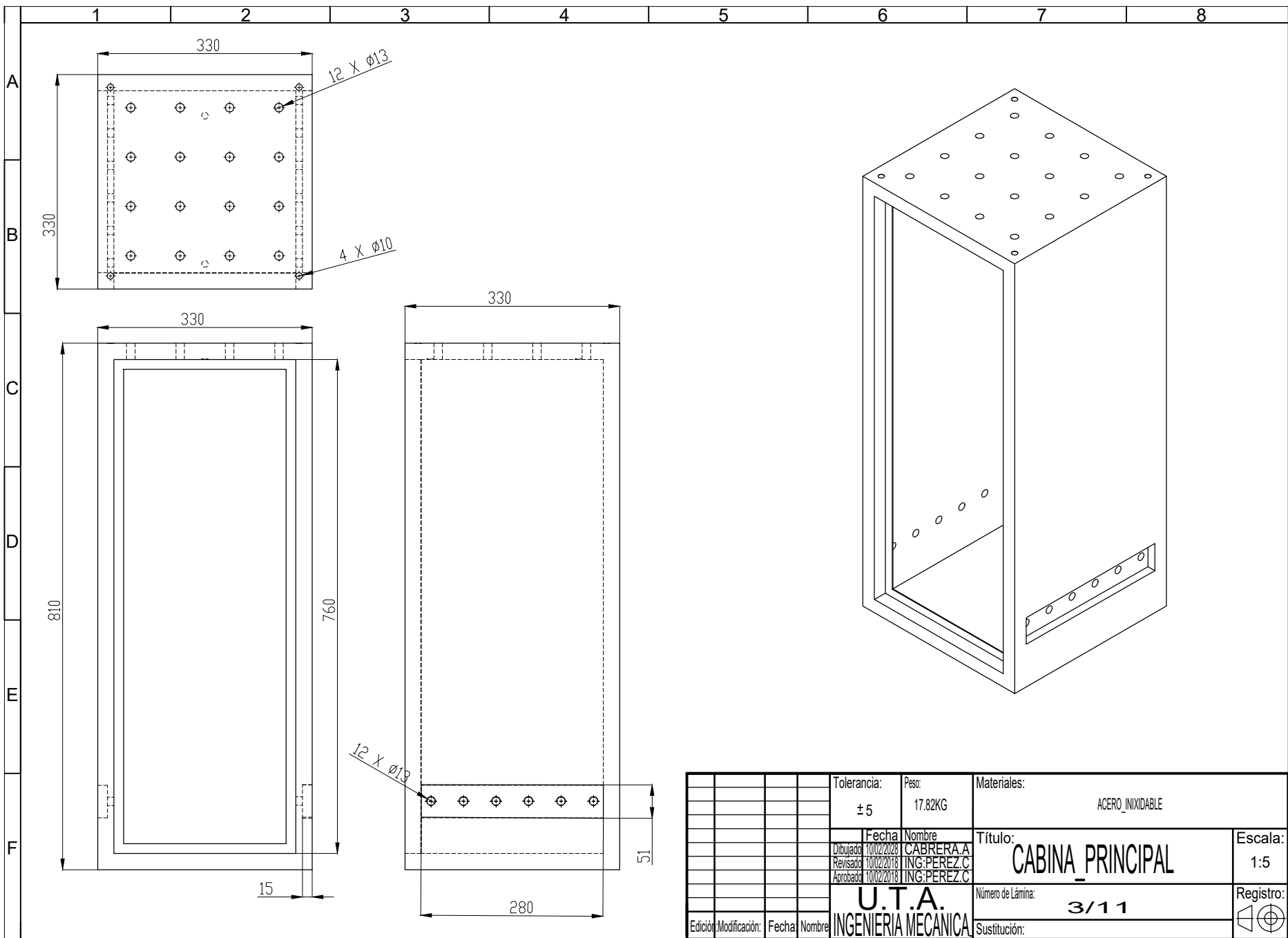
| NUMERO | DENOMINACION            | CANTIDAD | MATERIAL         | NORMA      |
|--------|-------------------------|----------|------------------|------------|
| 1      | CABINA                  | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 2      | PLACA SUPERIOR          | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 3      | MANILLA INTERIOR        | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 4      | MECHERO DE BUNSEN       | 1        | VARIOS           | ASTM D6413 |
| 5      | PORTA MUESTRAS          | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 6      | AGARRE DE PORTA MUESTRA | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 7      | MARCO DE PUERTA         | 1        | ACERO INOXIDABLE | ASTM D6413 |
| 8      | VIDRIO                  | 1        | VIDRIO           | ASTM D6413 |
| 9      | VISAGRA 10              | 4        | AISI 1020        | ASTM D6413 |

|                       |              |                   |           |
|-----------------------|--------------|-------------------|-----------|
| Tolerancia:           | Peso:        | Materiales:       |           |
| ± 5                   | 25.7KG       | ACERO_INOXIDABLE  |           |
| Fecha                 | Nombre       | Título:           | Escala:   |
| Dibujado: 10/02/2018  | CABRERA.A    | ENSAMBLAJE_FINAL  | 1:5       |
| Revisado: 10/02/2018  | ING:PEREZ.C  |                   |           |
| Aprobado: 10/02/2018  | ING:PEREZ.C  |                   |           |
| U.T.A.                |              | Número de Lámina: | Registro: |
| INGENIERIA MECANICA   |              | 1/11              | ☐ ⊕       |
| Edición/Modificación: | Fecha/Nombre | Sustitución:      |           |

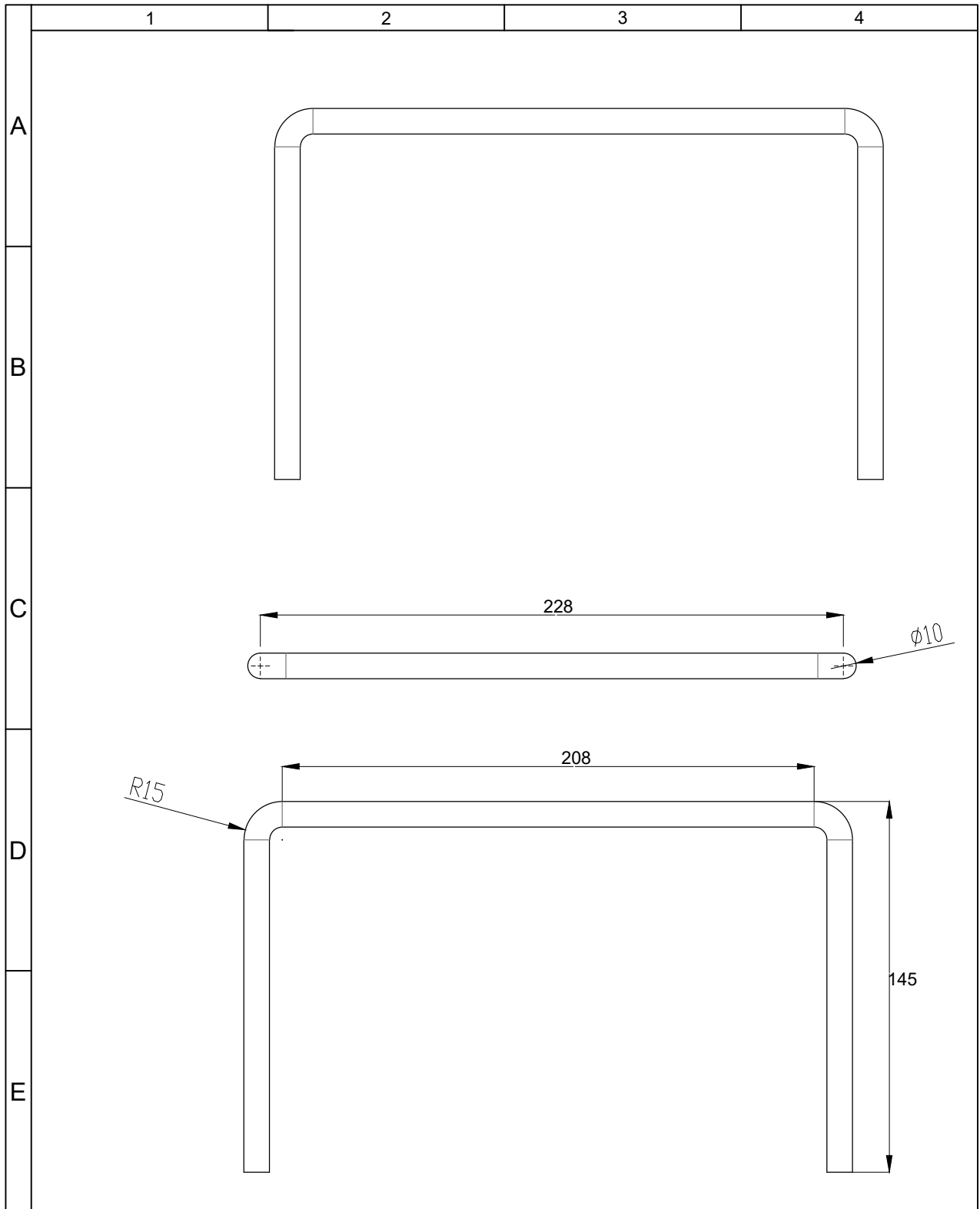




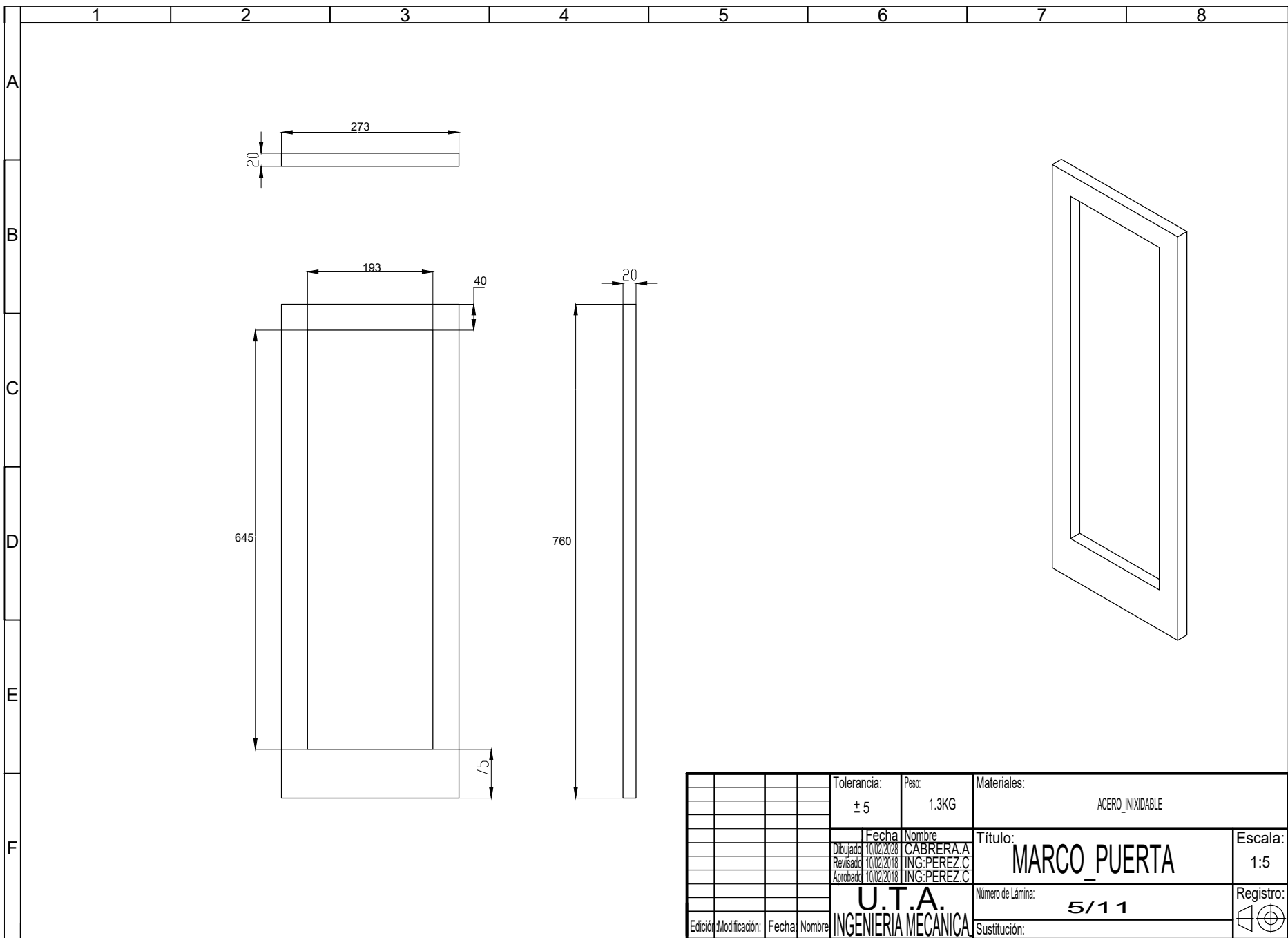
|  |  |  |  |  |  |                       |              |                   |                        |
|--|--|--|--|--|--|-----------------------|--------------|-------------------|------------------------|
|  |  |  |  |  |  | Tolerancia:           | Peso:        | Materiales:       |                        |
|  |  |  |  |  |  | ±5                    | 0.5KG        | ACERO_INOXIDABLE  |                        |
|  |  |  |  |  |  |                       |              |                   |                        |
|  |  |  |  |  |  | Fecha                 | Nombre       | Título:           | Escala:                |
|  |  |  |  |  |  | Dibujado              | 10/02/2018   | CABRERA.A         | ENSAMBLE PORTAMUESTRAS |
|  |  |  |  |  |  | Revisado              | 10/02/2018   | ING:PEREZ.C       |                        |
|  |  |  |  |  |  | Aprobado              | 10/02/2018   | ING:PEREZ.C       |                        |
|  |  |  |  |  |  | U.T.A.                |              | Número de Lámina: | Registro:              |
|  |  |  |  |  |  | INGENIERIA MECANICA   |              | 2/11              | 1:2                    |
|  |  |  |  |  |  | Edición/Modificación: | Fecha/Nombre | Sustitución:      |                        |



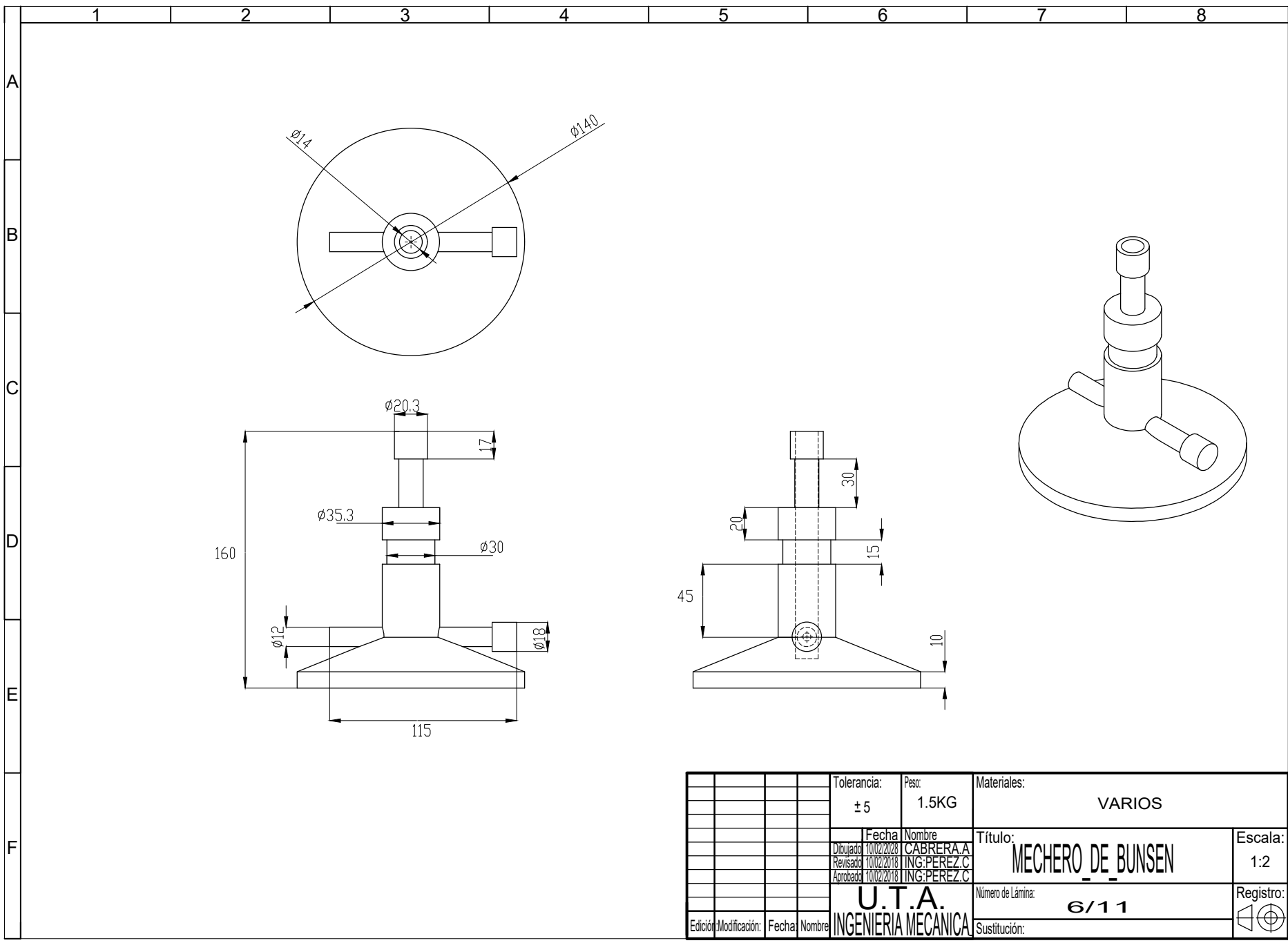
|                       |        |         |  |                      |             |                   |           |
|-----------------------|--------|---------|--|----------------------|-------------|-------------------|-----------|
|                       |        |         |  | Tolerancia:          | Peso:       | Materiales:       |           |
|                       |        |         |  | ± 5                  | 17.82KG     | ACERO_INOXIDABLE  |           |
|                       |        |         |  | Fecha                | Nombre      | Título:           | Escala:   |
|                       |        |         |  | Dibujado: 10/02/2018 | CABRERA.A   | CABINA_PRINCIPAL  | 1:5       |
|                       |        |         |  | Revisado: 10/02/2018 | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | Aprobado: 10/02/2018 | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | U.T.A.               |             | Número de Lámina: | Registro: |
|                       |        |         |  | INGENIERIA MECANICA  |             | 3/11              | ☐ ⊕       |
| Edición/Modificación: | Fecha: | Nombre: |  |                      |             | Sustitución:      |           |



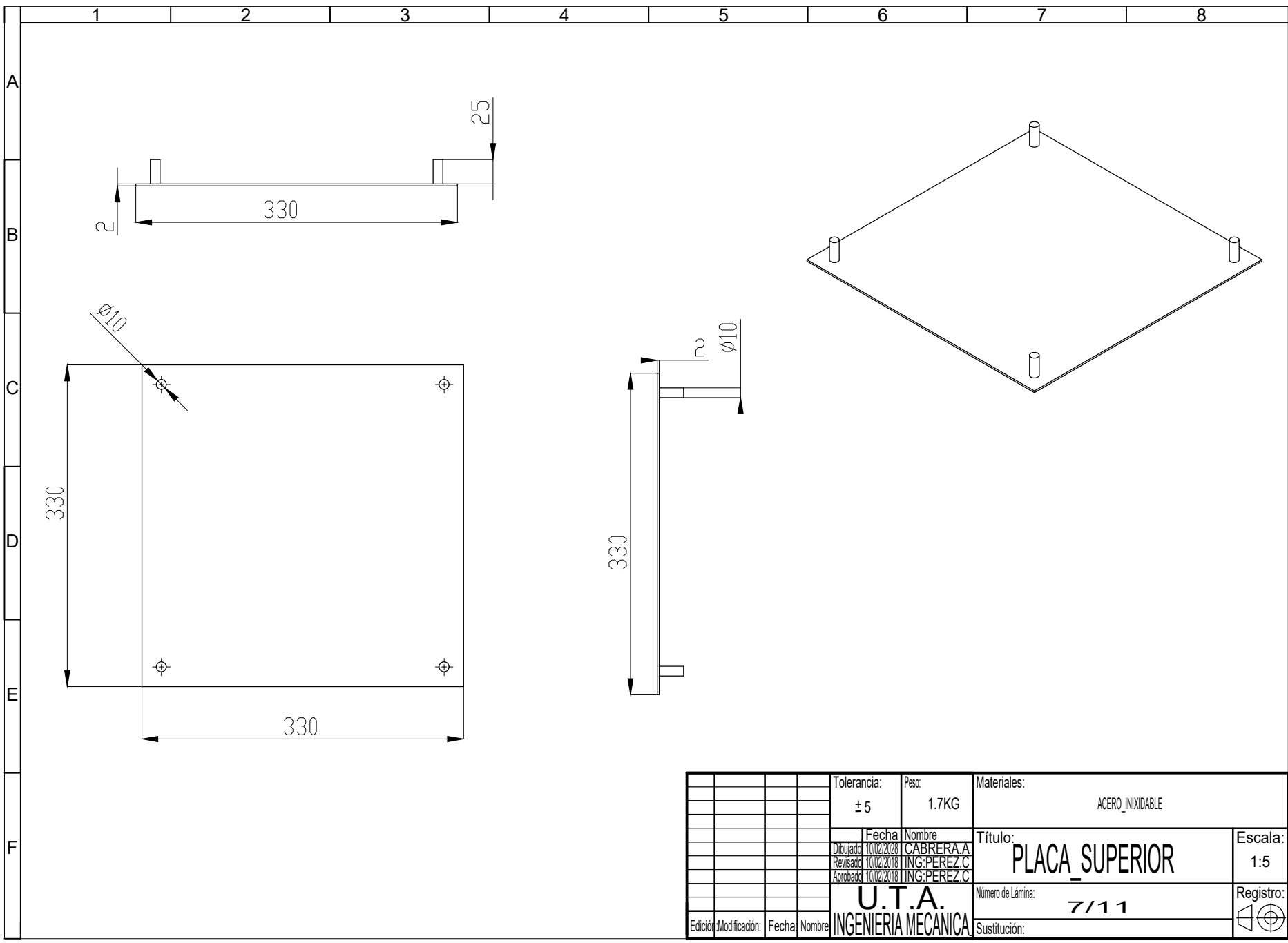
|         |              |       |        |   |                |                               |           |
|---------|--------------|-------|--------|---|----------------|-------------------------------|-----------|
|         |              |       |        | Tolerancia:<br>± 5                          | Peso:<br>0.3KG | Material:<br>ACERO_INOXIDABLE |           |
|         |              |       |        | Fecha                                       | Nombre         | Título:                       | Escala:   |
|         |              |       |        | Dibujó: 10/02/2018                          | CABRERA.A      | MANILLA_INTERIOR              | 1:2       |
|         |              |       |        | Revisó: 10/02/2018                          | ING:PEREZ.C    |                               |           |
|         |              |       |        | Aprobó: 10/02/2018                          | ING:PEREZ.C    |                               |           |
|         |              |       |        | <b>U.T.A.</b><br><b>INGENIERIA MECANICA</b> |                | No. Lámina:<br>4/11           | Registro: |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |   |                | (sustitución)                 |           |



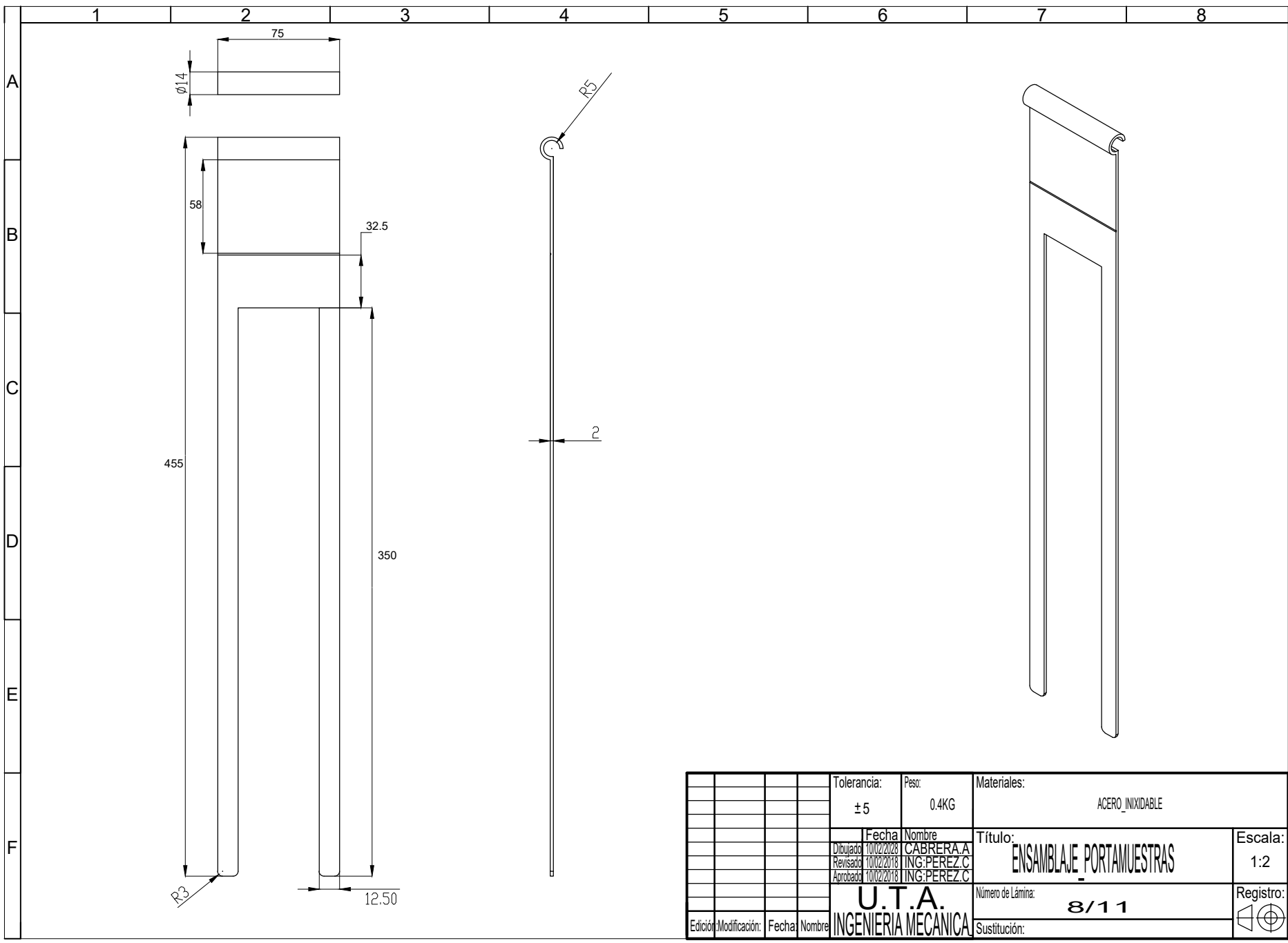
|                       |        |         |  |                               |             |                   |           |
|-----------------------|--------|---------|--|-------------------------------|-------------|-------------------|-----------|
|                       |        |         |  | Tolerancia:                   | Peso:       | Materiales:       |           |
|                       |        |         |  | ± 5                           | 1.3KG       | ACERO_INOXIDABLE  |           |
|                       |        |         |  | Fecha                         | Nombre      | Título:           | Escala:   |
|                       |        |         |  | Dibujado: 10/02/2018          | CABRERA.A   | MARCO_PUERTA      | 1:5       |
|                       |        |         |  | Revisado: 10/02/2018          | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | Aprobado: 10/02/2018          | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | U.T.A.<br>INGENIERIA MECANICA |             | Número de Lámina: | Registro: |
| Edición/Modificación: | Fecha: | Nombre: |  |                               |             | 5/11              |           |
|                       |        |         |  |                               |             | Sustitución:      |           |



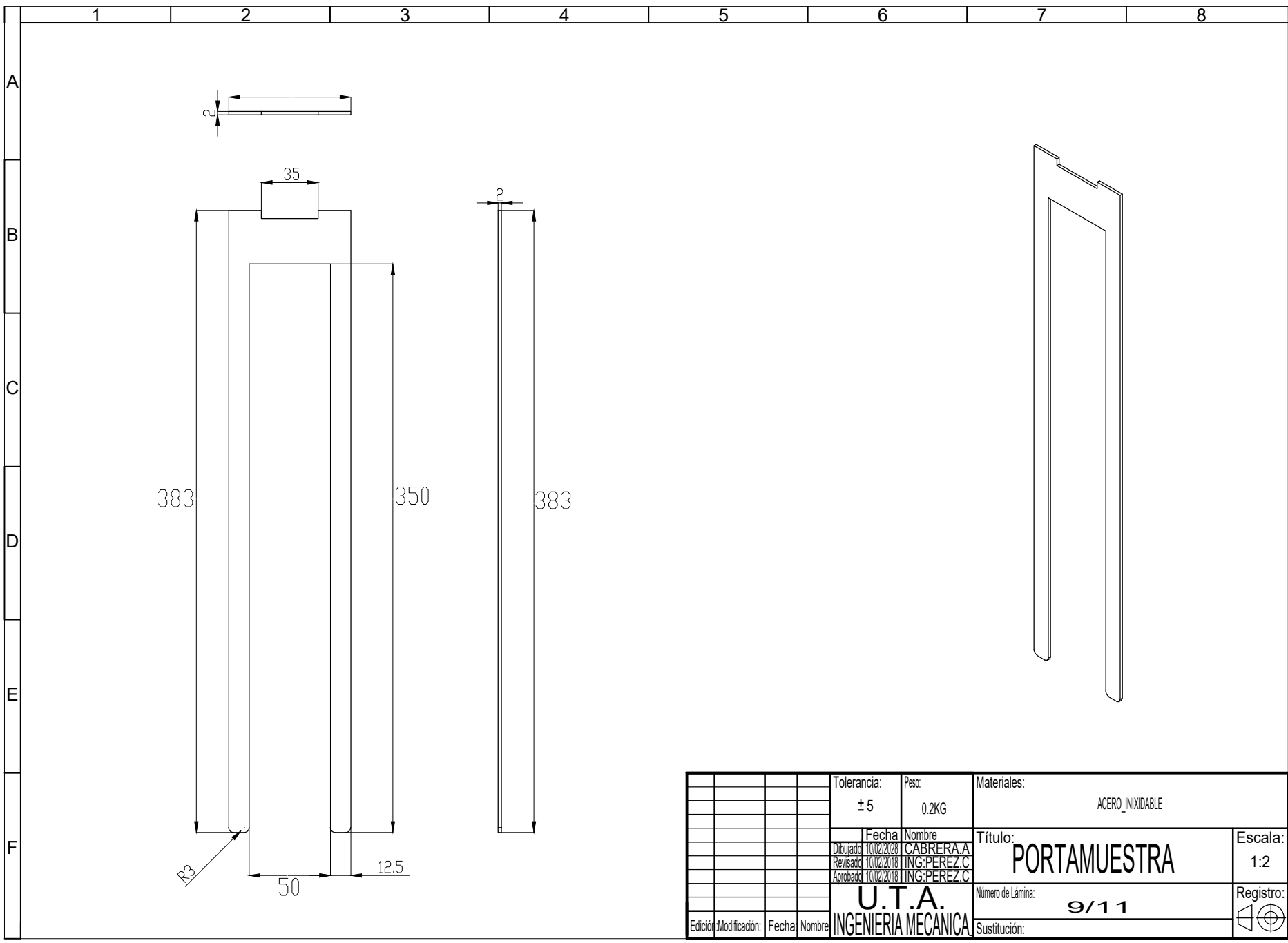
|                       |        |         |  |                      |              |                   |           |
|-----------------------|--------|---------|--|----------------------|--------------|-------------------|-----------|
|                       |        |         |  | Tolerancia:          | Peso:        | Materiales:       |           |
|                       |        |         |  | ± 5                  | 1.5KG        | VARIOS            |           |
|                       |        |         |  | Fecha                | Nombre       | Título:           | Escala:   |
|                       |        |         |  | Dibujado: 10/02/2018 | CABRERA A    | MECHERO DE BUNSEN | 1:2       |
|                       |        |         |  | Revisado: 10/02/2018 | ING. PEREZ C |                   |           |
|                       |        |         |  | Aprobado: 10/02/2018 | ING. PEREZ C |                   |           |
|                       |        |         |  | U.T.A.               |              | Número de Lámina: | Registro: |
|                       |        |         |  | INGENIERIA MECANICA  |              | 6/11              | ◁ ⊕       |
| Edición/Modificación: | Fecha: | Nombre: |  |                      |              | Sustitución:      |           |



|                       |        |         |  |  |  |                     |            |                   |                |
|-----------------------|--------|---------|--|--|--|---------------------|------------|-------------------|----------------|
|                       |        |         |  |  |  | Tolerancia:         | Peso:      | Materiales:       |                |
|                       |        |         |  |  |  | ± 5                 | 1.7KG      | ACERO_INOXIDABLE  |                |
|                       |        |         |  |  |  | Fecha               | Nombre     | Título:           | Escala:        |
|                       |        |         |  |  |  | Dibujado            | 10/02/2018 | CABRERA.A         | PLACA_SUPERIOR |
|                       |        |         |  |  |  | Revisado            | 10/02/2018 | ING:PEREZ.C       |                |
|                       |        |         |  |  |  | Aprobado            | 10/02/2018 | ING:PEREZ.C       |                |
|                       |        |         |  |  |  | U.T.A.              |            | Número de Lámina: | Registro:      |
|                       |        |         |  |  |  | INGENIERIA MECANICA |            | 7/11              | 1:5            |
| Edición/Modificación: | Fecha: | Nombre: |  |  |  |                     |            | Sustitución:      |                |



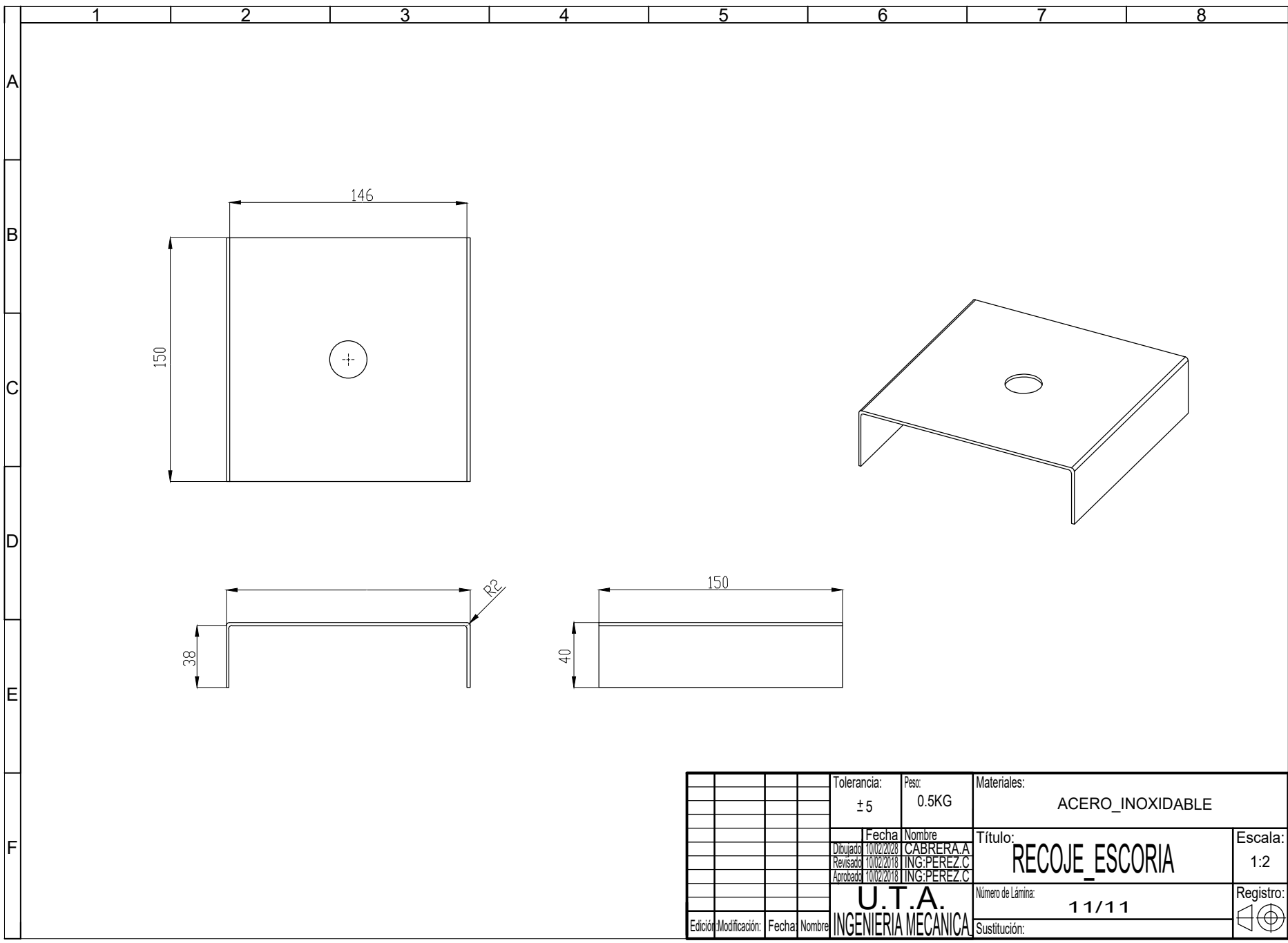
|                       |        |         |  |                      |             |                          |           |
|-----------------------|--------|---------|--|----------------------|-------------|--------------------------|-----------|
|                       |        |         |  | Tolerancia:          | Peso:       | Materiales:              |           |
|                       |        |         |  | ± 5                  | 0.4KG       | ACERO_INOXIDABLE         |           |
|                       |        |         |  | Fecha                | Nombre      | Título:                  | Escala:   |
|                       |        |         |  | Dibujado: 10/02/2018 | CABRERA.A   | ENSAMBLAJE PORTAMUESTRAS | 1:2       |
|                       |        |         |  | Revisado: 10/02/2018 | ING:PEREZ.C |                          |           |
|                       |        |         |  | Aprobado: 10/02/2018 | ING:PEREZ.C |                          |           |
|                       |        |         |  | U.T.A.               |             | Número de Lámina:        | Registro: |
|                       |        |         |  | INGENIERIA MECANICA  |             | 8/11                     | ☐ ⊕       |
| Edición/Modificación: | Fecha: | Nombre: |  |                      |             | Sustitución:             |           |



|          |               |        |         |                      |             |                   |           |
|----------|---------------|--------|---------|----------------------|-------------|-------------------|-----------|
|          |               |        |         | Tolerancia:          | Peso:       | Materiales:       |           |
|          |               |        |         | ± 5                  | 0.2KG       | ACERO_INOXIDABLE  |           |
|          |               |        |         | Fecha                | Nombre      | Título:           | Escala:   |
|          |               |        |         | Dibujado: 10/02/2018 | CABRERA.A   | PORTAMUESTRA      | 1:2       |
|          |               |        |         | Revisado: 10/02/2018 | ING:PEREZ.C |                   |           |
|          |               |        |         | Aprobado: 10/02/2018 | ING:PEREZ.C |                   |           |
|          |               |        |         | U.T.A.               |             | Número de Lámina: | Registro: |
|          |               |        |         | INGENIERIA MECANICA  |             | 9/11              | ☐ ⊕       |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: |                      |             | Sustitución:      |           |







|                       |        |         |  |   |             |                   |           |
|-----------------------|--------|---------|--|---|-------------|-------------------|-----------|
|                       |        |         |  | Tolerancia:                                 | Peso:       | Materiales:       |           |
|                       |        |         |  | ± 5   | 0.5KG       | ACERO_INOXIDABLE  |           |
|                       |        |         |  | Fecha                                       | Nombre      | Título:           | Escala:   |
|                       |        |         |  | Dibujado: 10/02/2018                        | CABRERA.A   | RECOJE_ESCORIA    | 1:2       |
|                       |        |         |  | Revisado: 10/02/2018                        | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | Aprobado: 10/02/2018                        | ING:PEREZ.C |                   |           |
|                       |        |         |  | <b>U.T.A.</b><br><b>INGENIERIA MECANICA</b> |             | Número de Lámina: | Registro: |
| Edición/Modificación: | Fecha: | Nombre: |  |   |             | 11/11             |           |
|                       |        |         |  |   |             | Sustitución:      |           |