



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DESARROLLO DE LOS EQUIPOS DE PRUEBA PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A  
FACTORES FÍSICOS APLICADOS A VIDRIOS DE  
SEGURIDAD SEGÚN LAS NORMAS NTE INEN 1722,  
1724, 1726 y 1731”**

**GODOY VALDIVIEZO RAUL ALEXIS  
TUSTÓN URRUTIA FRANCISCO JESÚS**

## **TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del título de:

# **INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA - ECUADOR  
2016**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2015-04-15

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**GODOY VALDIVIEZO RAUL ALEXIS  
TUSTÓN URRUTIA FRANCISCO JESÚS**

---

Titulada:

**“DESARROLLO DE LOS EQUIPOS DE PRUEBA PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A FACTORES  
FÍSICOS APLICADOS A VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LAS NORMAS  
NTE INEN 1722, 1724, 1726 y 1731”**

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

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Pablo Cesar Sinchiguano Conde  
**DIRECTOR**

---

Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla  
**ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GODOY VALDIVIEZO RAUL ALEXIS

TÍTULO DE LA TESIS: “DESARROLLO DE LOS EQUIPOS DE PRUEBA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A FACTORES FÍSICOS APLICADOS A VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LAS NORMAS NTE INEN 1722, 1724, 1726 y 1731”

Fecha de Examinación: 2016-08-04

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Pablo Cesar Sinchiguano Conde <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla <b>ASESOR</b>			

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

RECOMENDACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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

---

Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** TUSTÓN URRUTIA FRANCISCO JESÚS

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DESARROLLO DE LOS EQUIPOS DE PRUEBA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A FACTORES FÍSICOS APLICADOS A VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LAS NORMAS NTE INEN 1722, 1724, 1726 y 1731”

**Fecha de Examinación:** 2016-08-04

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Pablo Cesar Sinchiguano Conde <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla <b>ASESOR</b>			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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

---

Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

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

---

**Godoy Valdiviezo Raúl Alexis**

---

**Tustón Urrutia Francisco Jesús**

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Godoy Valdiviezo Raúl Alexis y Tustón Urrutia Francisco Jesús, declaramos que el presente trabajo de grado es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que previenen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de grado.

---

**Godoy Valdiviezo Raúl Alexis**  
Cedula de identidad: 060478503-0

---

**Tustón Urrutia Francisco Jesús**  
Cedula de identidad: 180435391-8

## **DEDICATORIA**

Esta tesis la dedico principalmente a Dios por estar siempre a mi lado.

A mis padres por inculcarme de valores y apoyo incondicional a cada obstáculo que nos presenta la vida enseñándome a levantar de cada caída sin ofender a nadie, a mis hermanos que de alguna forma estuvieron dándome consejos de superación.

**Godoy Valdiviezo Raúl Alexis**

Dedico a dios por mi objetivo cumplido, por la fortaleza y perseverancia que me ha brindado en la lucha por alcanzar mi meta anhelada.

A mis padres que me han acompañado en esta ardua lucha sin dejarme caer, enseñándome a vencer los obstáculos que se pongan en mi camino hasta llegar a conseguir lo que yo me proponga.

A mi familia y amigos en general que con sus consejos y regaños han hecho de mí un hombre de bien a todos ellos les digo gracias y este logro es de todos por el esfuerzo y dedicación que todos contribuyeron.

**Tustón Urrutia Francisco Jesús**

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión digna ante una sociedad competitiva.

Como no un agradecimiento especial para todos mis amigos, compañeros y personas que nos apoyaron con su granito de arena para culminar con éxito una etapa más de nuestras vidas.

**Godoy Valdiviezo Raúl Alexis**

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de la vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

**Tustón Urrutia Francisco Jesús**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i> .....	3
<b>2. EL VIDRIO DE SEGURIDAD</b>	
2.1 Vidrio de seguridad templado.....	4
2.2 Vidrio de seguridad laminado.....	4
2.3 Requerimientos de la norma NTE INEN 1669 .....	5
2.3.1 <i>Definiciones sobre acristalamiento.</i> .....	6
2.3.2 <i>Clasificación y ubicación de los vidrios de seguridad</i> .....	8
2.4 Requisitos de la norma NTE INEN 1669 .....	8
2.4.1 <i>Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1722.</i> .....	9
2.4.1.1 <i>Objeto.</i> .....	9
2.4.1.2 <i>Alcance.</i> .....	10
2.4.1.3 <i>Resumen.</i> .....	10
2.4.1.4 <i>Instrumental.</i> .....	10
2.4.1.5 <i>Preparación de la muestra.</i> .....	10
2.4.1.6 <i>Procedimiento.</i> .....	10
2.4.1.7 <i>Informe de resultados.</i> .....	12
2.4.2 <i>Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1724.</i> .....	12
2.4.2.1 <i>Objetivo.</i> .....	12
2.4.2.2 <i>Alcance.</i> .....	12
2.4.2.3 <i>Resumen.</i> .....	12
2.4.2.4 <i>Instrumental.</i> .....	12
2.4.2.5 <i>Preparación de la muestra.</i> .....	14
2.4.2.6 <i>Procedimiento.</i> .....	14
2.4.2.7 <i>Informe de resultados.</i> .....	14
2.4.3 <i>Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1726.</i> .....	15
2.4.3.1 <i>Objeto.</i> .....	15
2.4.3.2 <i>Alcance.</i> .....	15
2.4.3.3 <i>Resumen.</i> .....	15
2.4.3.4 <i>Instrumental.</i> .....	16
2.4.3.5 <i>Preparación de la muestra.</i> .....	16
2.4.3.6 <i>Procedimiento.</i> .....	16
2.4.3.7 <i>Informe de resultados.</i> .....	16
2.4.4 <i>Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1731.</i> .....	17
2.4.4.1 <i>Objeto.</i> .....	17
2.4.4.2 <i>Alcance.</i> .....	17
2.4.4.3 <i>Resumen.</i> .....	17
2.4.4.4 <i>Instrumental.</i> .....	17
2.4.4.5 <i>Preparación de la muestra.</i> .....	17
2.4.4.6 <i>Procedimiento.</i> .....	17

2.4.4.7	<i>Informe de resultados.</i>	17
<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS</b>	
3.1	Selección de elementos según norma NTE INEN 1722.	19
3.1.1	<i>Parámetros de diseño.</i>	19
3.1.2	<i>Parámetros geométricos del martillo.</i>	19
3.1.3	<i>Dimensiones del martillo.</i>	19
3.1.4	<i>Parámetros geométricos de la mesa.</i>	19
3.1.5	<i>Dimensiones de la mesa.</i>	20
3.2	Diseño de elementos según norma NTE INEN 1724.	20
3.2.1	<i>Parámetros de diseño.</i>	20
3.2.2	<i>Parámetros geométricos.</i>	20
3.2.2.1	<i>Cálculo de la masa de la esfera.</i>	20
3.2.2.2	<i>Calculo de la masa del cuello cilíndrico.</i>	21
3.2.2.3	<i>Cálculo de la masa del vástago.</i>	22
3.2.2.4	<i>Calculo del espesor de la viga cruzada.</i>	22
3.2.2.5	<i>Diseño del mecanismo para elevación del maniquí.</i>	25
3.2.2.6	<i>Calculo de la torre de elevación mecánica.</i>	27
3.2.2.7	<i>Calculo del recipiente para el ensayo de temperatura.</i>	54
3.2.2.8	<i>Calculo del recipiente para el ensayo de humedad.</i>	62
3.3	Manuales de operación	67
3.4	Guía de seguridad	68
3.5	Guía de mantenimiento	70
3.5.1	<i>Nivelación.</i>	70
3.5.2	<i>Limpieza.</i>	70
3.5.3	<i>Lubricación.</i>	71
<b>4.</b>	<b>TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN</b>	
4.1	Construcción de los equipos y elementos para los ensayos.	72
4.1.1	<i>Flujograma sinóptico de construcción.</i>	73
4.1.2	<i>Requerimientos para la construcción de los equipos.</i>	76
4.1.3	<i>Descripción del proceso de construcción.</i>	77
4.1.4	<i>Operaciones tecnológicas de construcción de los equipos.</i>	79
4.1.5	<i>Montaje de los equipos.</i>	85
4.1.6	<i>Descripción de la construcción de los equipos.</i>	86
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>	
5.1	Clasificación de los costos.	88
5.1.1	<i>Costos directos.</i>	88
5.1.1.1	<i>Materiales.</i>	88
5.1.1.2	<i>Equipos.</i>	92
5.1.1.3	<i>Mano de obra.</i>	92
5.1.1.4	<i>Transporte de materiales y equipos.</i>	92
5.1.2	<i>Costos indirectos.</i>	93
5.1.3	<i>Costos totales.</i>	93
<b>6.</b>	<b>PRUEBAS Y RESULTADOS</b>	
6.1	Materiales y equipos utilizados en las pruebas de campo.	95
6.2	Procedimiento de las pruebas.	95
6.2.1	<i>Para el ensayo de determinación de la fragmentación</i>	95

6.2.2	<i>Para el ensayo la determinación de la resistencia al impacto</i> .....	96
6.2.3	<i>Para el ensayo de determinación de la resistencia a alta temperatura.</i> .....	96
6.2.4	<i>Para el ensayo de determinación de la resistencia a la humedad</i> .....	96
6.3	Pruebas de los equipos .....	97
6.3.1	<i>Verificación de la mesa</i> .....	97
6.3.2	<i>Verificación del peso del martillo</i> .....	97
6.3.3	<i>Verificación de la balanza.</i> .....	97
6.3.4	<i>Verificación del porta muestras del maniquí</i> .....	98
6.3.5	<i>Verificación del maniquí</i> .....	99
6.3.6	<i>Verificación de caída libre del maniquí</i> .....	99
6.3.7	<i>Verificación del recipiente de alta temperatura</i> .....	100
6.3.8	<i>Verificación del recipiente de humedad</i> .....	101
6.4	Resultados .....	102
6.5	Procedimiento de ensayo de vidrios de seguridad. ....	102
6.5.1	<i>Requisitos previos.</i> .....	102
6.5.2	<i>Etiquetado y embalaje.</i> .....	103
6.6	Verificación de vidrios de seguridad para automotores.....	104
6.6.1	<i>Desarrollo de las hojas de prueba para los ensayos</i> .....	104
6.7	Requisitos para la aprobación de los vidrios de seguridad. ....	104
<b>7.</b>	<b>DESARROLLO DEL SISTEMA DOCUMENTAL</b>	
7.1	Propósito .....	108
7.2	Alcance .....	108
7.3	Políticas de operación normas y lineamientos .....	108
7.4	Organigrama de procedimiento de verificación.....	109
7.5	Descripción del procedimiento de verificación .....	110
7.6	Sistema de codificación del documental.....	111
7.7	Formato de hojas modelo para procedimiento de verificación.....	111
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
8.1	Conclusiones .....	113
8.2	Recomendaciones .....	114

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**  
**PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1	Requisitos para vidrios de seguridad ..... 9
2	Características del tubo estructural 100 x 2 mm..... 27
3	Características del tubo estructural 100 x 2 mm..... 31
4	Características del tubo estructural 75 x 2 mm..... 33
5	Características del tubo estructural 75 x 2 mm..... 35
6	Características de los engranes ..... 46
7	Medidas preventivas y riesgos de seguridad. .... 69
8	Nivelación del equipo..... 70
9	Nivelación del equipo..... 70
10	Herramientas manuales..... 76
11	Máquinas herramientas..... 77
12	Instrumento de medición. .... 77
13	Elementos constitutivos de los equipos. .... 77
14	Operaciones técnicas de la base de la torre telescópica..... 79
15	Operaciones técnicas del sistema de elevación. .... 80
16	Operaciones técnicas del Mástil. .... 81
17	Operaciones técnicas del brazo de sujeción del maniquí..... 81
18	Operaciones técnicas del maniquí. .... 82
19	Operaciones técnicas del soporte de probetas. .... 82
20	Operaciones técnicas del equipo de alta temperatura. .... 83
21	Operaciones técnicas del equipo de humedad sistema mecánico. .... 84
22	Operaciones técnicas del sistema de control y potencia. .... 84
23	Operaciones de montaje..... 85
24	Tiempo de construcción de los equipos..... 86
25	Elementos para la construcción de los equipos de fractura. .... 86
26	Elementos para la construcción del equipo de humedad..... 87
27	Elementos para la construcción del equipo de humedad..... 87
28	Costos de materiales y accesorios mecánicos del ensayo de fragmentación... 89
29	Costos de materiales y accesorios mecánicos del ensayo de fractura ..... 89
30	Costos de materiales y accesorios mecánicos del ensayo de alta temperatura. 90
31	Costos de materiales y accesorios mecánicos del ensayo de humedad. .... 91
32	Costo total de los materiales y accesorios mecánicos de los equipos. .... 91
33	Costo total de los materiales y accesorios mecánicos de los equipos. .... 92
34	Costo total de la mano de obra. .... 92
35	Costo total de transporte. .... 93
36	Costos totales directos. .... 93
37	Costos totales indirectos. .... 93
38	Costos totales..... 94
39	Verificación de la mesa soporta probetas. .... 97

40	Verificación del porta muestras para el ensayo de maniquí. ....	98
41	Verificación del maniquí para el ensayo de impacto. ....	99
42	Verificación de caída libre del maniquí. ....	100
43	Verificación del equipo de alta temperatura. ....	100
44	Verificación del equipo de humedad. ....	101
45	Tamaño de las muestras. ....	103
46	Requisitos para la aprobación de los ensayos de fragmentación. ....	105
47	Requisitos para aprobación de ensayo del maniquí. ....	105
48	Requisitos para aprobación de ensayo de alta temperatura. ....	106
49	Requisitos para aprobación de ensayo de resistencia a la humedad. ....	107
50	Cronograma de procedimiento de verificación. ....	110
51	Sistema de codificación. ....	111

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1 Vidrio de seguridad laminado.....	4
2 Vidrio de seguridad laminado.....	6
3 Vidrio de seguridad templado.....	7
4 Panel de vidrio plano .....	11
5 Panel de vidrio plano .....	11
6 Panel de vidrio curvado .....	11
7 Soporte para el ensayo del maniquí.....	13
8 Maniquí (Dimensiones en mm). .....	13
9 Equipo para medir resistencia a alta temperatura. ....	15
10 Martillo para el ensayo de fragmentación. ....	19
11 Mesa para el ensayo de fragmentación. ....	20
12 Maniquí.....	23
13 Maniquí 2D.....	24
14 Soporte del vidrio para el ensayo de impacto con el maniquí .....	24
15 Soporte del vidrio para el ensayo de impacto con el maniquí construido. ....	25
16 Sistema de elevación telescópica.....	26
17 Diagrama de cuerpo libre con el maniquí.....	26
18 Diagrama de cuerpo libre del tramo AB.....	28
19 Diagrama de cuerpo libre del tramo BC.....	31
20 Diagrama de cuerpo libre del tramo CD.....	33
21 Diagrama de cuerpo libre del tramo BC.....	35
22 Diagrama de cortante.....	35
23 Diagrama de momento flector.....	36
24 Engranajes cónicos .....	47
25 Diagrama de fuerzas del eje.....	51
26 Diagrama de fuerzas del eje.....	52
27 Diagrama de torque del eje.....	52
28 Equipo para ensayo de resistencia al impacto. ....	54
29 Recipiente de agua.....	55
30 Constante de potencia necesaria para agitar el agua 1.....	60
31 Elementos que actuaran en el ensayo de temperatura. ....	61
32 Elementos completos del equipo girado para observar el alabe del agitador. ..	62
33 Recipiente de agua.....	63
34 Constante de potencia necesaria para agitar el agua.....	66
35 Sistema de control. ....	67
36 Flujograma de construcción de la mesa.....	73
37 Flujograma de la base de la torre telescópica. ....	73
38 Flujograma del sistema de elevación.....	73
39 Flujograma del Mástil.....	74

40	Flujograma del brazo de sujeción del maniquí.....	74
41	Flujograma del maniquí.....	74
42	Flujograma del soporte de probetas.....	75
43	Flujograma del equipo de alta temperatura.....	75
44	Flujograma del equipo de humedad sistema mecánico.....	75
45	Flujograma del equipo del sistema de control y potencia.....	76
46	Flujograma de montaje de los equipos.....	85
47	Peso del martillo aproximadamente.....	97
48	Balanza con 0,01 de apreciación.....	98
49	Verificación del porta muestras para el ensayo de maniquí.....	98
50	Verificación del maniquí para el ensayo de impacto.....	99
51	Verificación de la altura del maniquí para el ensayo de impacto.....	100
52	Verificación del equipo de alta temperatura.....	101
53	Verificación del equipo de humedad.....	101
54	Organigrama del procedimiento de control.....	109

## SIMBOLOGÍA

m	Masa	kg
h	Altura	m
V	Volumen	m <sup>3</sup>
r	Radio	m
L	Largo	m
W	Peso	Newton
$\sigma$	Esfuerzo axial y de flexión.	kg/m <sup>2</sup>
$\tau$	Esfuerzo axial y de flexión.	kg/m <sup>2</sup>
n	Coefficiente de seguridad	
$\nu$	Fuerza cortante	Newton
$\rho$	Densidad	kg/m <sup>3</sup>
e	Espesor	m
b	Base	m
I	Momento de inercia	cm <sup>4</sup>
i	Radio de giro de la sección	cm
M	Momento flector	N.m
dm	Diámetro medio	m
de	Diámetro exterior	m
p	Paso	m
$\lambda$	Angulo de la hélice	Grados
T	Torque	N.m
U	Coefficiente de fricción	
L <sub>p</sub>	Longitud de pandeo	m
S <sub>sy</sub>	Resistencia al corte e la tuerca	MPa
P	Potencia	W
P <sub>1</sub>	Presión	mmHg
C <sub>g</sub>	Calor de ebullición del agua	J/mol
R	Constante de los gases ideales	J/(mol.°K)
T <sub>1</sub>	Temperatura	°K
Q	Energía	Joulios
Ce	Calor especifico del agua	J/(kg.°C)
L <sub>v</sub>	Calor de evaporización del agua	J/kg
Re	Número de Reynolds	
N	Numero de revoluciones	rev/s
$\mu$	Viscosidad dinámica	kg/(m.s)

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

ISO	International Organization for Standardization
BSI	British Standards Institution
NTE	Norma técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
RTE	Reglamento Técnico Ecuatoriano
ED	Ensayo destructivo
END	Ensayo no destructivo
ASTM	American Society for Testing and Materials
DIN	Instituto Alemán de Normalización
AISI	American Iron and Steel Institute

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Norma NTE INEN 1669:2011. Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos
- B** Normas NTE INEN 1722, NTE INEN 1724, NTE INEN 1726, NTE INEN 1731
- C** Características del laurel
- D** Programación del equipo para el ensayo de humedad
- E** Características de los tubos estructurales
- F** Ensayos realizados

## RESUMEN

Se ha desarrollado un sistema compuesto de varios ensayos de resistencia a factores físicos ambientales y visuales según los requerimientos de las normas NTE INEN 1669, 1722, 1724, 1726 y 1731 con la finalidad de verificar los requerimientos mínimos que deben cumplir los vidrios de seguridad laminados y templados (parabrisas, lunetas, ventanas laterales, etc.) para ser instalados en automotores de transporte de pasajeros o carga que se fabriquen en el país.

Los factores físicos a ensayar son: fragmentación, impacto, alta temperatura y humedad, los que se describen a continuación: para el ensayo de fragmentación constan de un martillo, mesa, balanza, el cual consiste en romper las muestras, contar y pesar los fragmentos más grandes. El ensayo de impacto (maniquí) consta de una torre telescópica, maniquí y porta muestras, este a su vez consiste en elevar 1,5 m el maniquí y dejar caer sin impulso. El ensayo de alta temperatura consta de un recipiente, termómetro, agitador, consiste en mantener las probetas sumergidas durante 2 horas en agua a ebullición. El ensayo de humedad consta de un recipiente, resistencias eléctricas, agitador, consiste en sumergir en agua las probetas durante 2 semanas manteniendo la temperatura del agua entre 49 y 54 °C.

Las pruebas realizadas resultaron aceptables, confirmando la calidad de producto para aquellos que tienen sello INEN y la no conformidad de aquellos que no cuentan con este requisito.

Finalmente se elaboró un sistema documental de acuerdo a los requerimientos establecidos en las normas para facilitar la ejecución y registro de ensayos.

## **ABSTRACT**

It has developed a system composed of several tests of resistance to environmental and visual physical factors according to the requirements of the NTE INEN 1669, 1722, 1724, 1726, and 1731 standards in order to verify the minimum requirements to be met laminated safety glasses and temperature (windshield, rear windows, side windows, etc.) to be installed in motor passenger or cargo being manufactured in the country.

Physical factors to be tested are: fragmentation, impact, high temperature and humidity, which are described below for the fragmentation test consists of a hammer, table, balance, which is the break the samples, counting and weighing fragments bigger. The impact test (dummy) consists of a telescopic tower, dummy and sample holder, this in turn is to raise 1.5 m drop the dummy and without momentum. The high temperature test consists of a container, thermometer, stirrer, it is to maintain the specimens immersed for 2 hours in boiling water. The humidity test consists of a container, electrical resistors stirrer is immersed in water for 2 weeks specimens maintaining the water temperature between 49 and 54 °C.

The tests were acceptable, confirming product quality seal for those who have INEN and the nonconformity of those who do not have this requirement.

Finally a documentary system according to the requirements established in the rules to facilitate the implementation and trials register was developed.

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

El vidrio es uno de los materiales más utilizado en la industria de la construcción, alimentos y también en la industria automotriz y de transporte. Desde principios del siglo XX se ha venido estandarizando los vidrios de seguridad para los automotores con normas Internacionales como la: ISO 3537, Norma Británica BSI BS 5282, Norma venezolana COVENIN 199, en el Ecuador la Norma NTE INEN 1669, etc.

El vidrio de seguridad de los vehículos es diseñado para brindar la mayor protección a las personas ante un eventual accidente o factores ambientales que pueden encontrar en el transcurso del tiempo. Los vidrios de seguridad laminados y templados forman parte de una estructura en los automotores que protegen la vida de las personas. Este material tiene sus características propias, pero su mal uso puede ocasionar accidentes graves, a simple vista todos los vidrios son iguales, pero en caso de impacto o ruptura, exposición a un medio agresivo como el calor o humedad, no lo son: es allí donde radica la diferencia entre el vidrio común y el vidrio de seguridad.

Desde que ha pasado la primera revisión de las normas de los vidrios de seguridad para automotores en el año 2010, no se ha puesto el interés suficiente en implementar algún sistema de verificación en cuanto a la seguridad de los vidrios de vehículos que se ensamblan en el país, y así poder salvaguardar la integridad de las personas que hacen uso de cualquier medio de transporte ya sea público o privado; por tal razón se ve la necesidad de implementar este proyecto que sería de beneficio para la industria automotriz y de transporte de público de pasajeros.

Actualmente los sistemas de verificación lo realizan los mismos fabricantes (auto declaración de conformidad), convirtiéndose en los que validan y certifican el cumplimiento de las normas, caso que no es ético, por tal razón los entes reguladores requieren de laboratorios o centros que regulen las pruebas para vigilar y certificar el

cumplimiento de las normas especialmente a los pequeños fabricantes y proveedores de vidrios de seguridad.

## **1.2 Justificación**

El Ecuador tiene una limitada cantidad de empresas que se dedican a la producción de vidrios de seguridad laminados y templados para la industria del transporte terrestre que proporcionan calidad de sus productos a través de la idoneidad de servicio suministrado, es necesario que se realicen ensayos a los vidrios de seguridad para asegurar el cumplimiento del plan nacional de homologación vehicular de autobuses y vehículos pequeños ensamblados en el Ecuador para garantizar el uso de los mismos, ya que en el país existe un limitado número de ensayos de vidrios de seguridad de automotores y una de las razones principales para realizar la verificación es el alto índice de accidentes de tránsito que tiene el país.

La Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ha visto la necesidad de plantear las facilidades para la implementación de sistemas de ensayos de resistencia a factores físicos, ambientales y visuales en vidrios de seguridad, que cumpla con los requisitos para su certificación establecidos en los códigos y normas vigentes en el país, como son la norma NTE INEN 1669.

Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos, la norma NTE INEN 1722. Vidrios de seguridad. Determinación de la fragmentación, la norma NTE INEN 1724. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (Ensayo del maniquí), la norma NTE INEN 1726. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a alta temperatura y la norma NTE INEN 1731. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a la humedad.

Para vidrios de seguridad de automotores que se fabriquen, y/o se comercialicen dentro del país, debido a que todas las regiones del país no cuentan con este servicio de verificación; y la futura inmediata implementación busca apoyar con este tipo de pruebas al sistema de producción de vidrios de seguridad a las pequeñas y grandes empresas que garantizara un producto de calidad certificado.

### **1.3       Objetivos**

**1.3.1**       *Objetivo general.* Desarrollo de los equipos de prueba para la implementación de ensayos de resistencia a factores físicos aplicados a vidrios de seguridad según las normas NTE INEN 1722, 1724, 1726 y 1731.

**1.3.2**       *Objetivos específicos:*

- Construir los equipos para la realización de los ensayos de fragmentación, impacto simulado de la cabeza (ensayo de maniquí), resistencia a alta temperatura y resistencia a la humedad.
- Realizar las respectivas pruebas con el fin de establecer el correcto funcionamiento de los mismos equipos.
- Establecer los procedimientos de ensayo y el sistema documental requerido para las pruebas de verificación en vidrios de seguridad automotriz laminados y templados conforme a la norma correspondiente.
- Realizar los ensayos respectivos para verificar si los vidrios de seguridad automotriz cumplen los requisitos que establece las normas NTE INEN 1722, 1724, 1726 y 1731.

## CAPÍTULO II

### 2. EL VIDRIO DE SEGURIDAD

Un vidrio de seguridad es aquel que en caso de rotura no presenta potencial para causar heridas de consideración a las personas, un concepto adicional y complementario al de la seguridad es el concepto de protección que, en general, está ligado con las propiedades de aquellos vidrios difíciles de ser traspasados por el impacto de personas u objetos.

Los vidrios de seguridad usados en la industria automotriz y del transporte público son: el vidrio de seguridad templado y el vidrio de seguridad laminado.

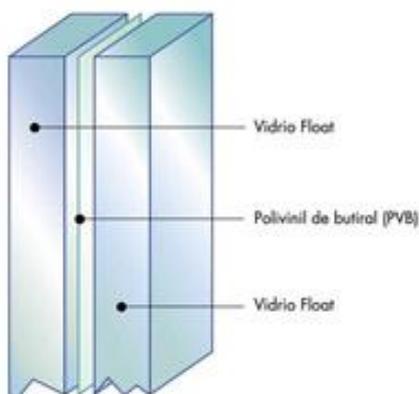
#### 2.1. Vidrio de seguridad templado

Vidrio que posee una resistencia de cuatro o cinco veces superior a la del vidrio ordinario, al ser recocido a una temperatura cercana a la de su fusión y enfriada bruscamente que provoca la aparición de tensiones de compresión en su superficie y cantos.

#### 2.2. Vidrio de seguridad laminado

El vidrio de seguridad laminado se compone de dos o más hojas de vidrio monolítico unidas entre ellas gracias a una o más láminas de un polímero plástico (Butiral de polivinilo); al romperse, los pedazos permanecen adheridos a la mencionada lámina, sin desprenderse y evitando así el riesgo de producir lesiones (VITRALBA CRISTALERÍA).

Figura 1. Vidrio de seguridad laminado



Fuente: <http://www.vitralba.com/vidrio-seguridad.php>

### **2.3. Requerimientos de la norma NTE INEN 1669**

En el año 2002 no existía una norma técnica ecuatoriana para la verificación del vidrio de seguridad en los automotores para el cumplimiento de la seguridad a nivel nacional estos vidrios no cumplían con la seguridad necesaria para los automotores, a partir del 2002 el Instituto Ecuatoriano puso en vigencia la norma técnica NTE INEN 1669 que regula los vidrios de seguridad de los medios de transporte.

Por esta razón el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) con resolución 314-2010 (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO, 2010) En ejercicio de las facultades que le concede la Ley resuelve:

Aprobar y oficializar con el carácter de obligatorio la tercera revisión del siguiente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 034 (3R) concerniente a “elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores”

El presente reglamento técnico establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los vehículos automotores que circulen en el territorio ecuatoriano, con la finalidad de proteger la vida e integridad de las personas; así como el fomentar mejores prácticas al conductor, pasajero y peatón para mejorar la seguridad de los ocupantes de estos medios de transporte.

En los requisitos del producto del Reglamento Técnico Ecuatoriano en el numeral 4.11 establece que los vidrios que se utilicen en los vehículos deben ser vidrios de seguridad para automotores y deben cumplir con los requisitos establecidos en:

Reglamento Técnico Ecuatoriano 084 “Vidrios de seguridad para automotores” cuya norma técnica de referencia es la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1669 “Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos”, o; Reglamentación Técnica No 43 de la ONU “Disposiciones uniformes concernientes a la aprobación de materiales de cristales de seguridad y su instalación en vehículos” –“UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF SAFETY GLAZING MATERIALS AND THEIR INSTALLATION ON VEHICLES” vigente para el cual fue homologado el modelo en el ó los laboratorios acreditados para certificar el reglamento técnico ONU mencionado.

Los importadores, fabricantes, ensambladores nacionales de vehículos automotores y carroceros de autobuses para pasajeros, deben cumplir con el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano

La Agencia Nacional de Regulación y Control de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (ANRCTTTSV), como institución encargada de la regulación y control del transporte terrestre a nivel nacional, es la autoridad competente para otorgar el certificado único de homologación vehicular, documento para certificar el cumplimiento del presente reglamento y que se presentará previo a la importación de vehículos automotores sujetos al mismo; efectuará además las labores de vigilancia y control del cumplimiento con el presente reglamento.

En la ESPOCH facultad de mecánica con este proyecto se implementarán los equipos para realizar las pruebas de los vidrios de seguridad de los vehículos según las normas NTE INEN 1722, 1724, 1726 y 1731. Que forman parte de una serie de ensayos a realizarse según la norma NTE INEN 1669 que se refiere a “Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos.” (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO, 2010).

**2.1.1** *Definiciones sobre acristalamiento.* Según la norma NTE INEN 1669 se establece las siguientes definiciones: (Anexo A)

Vidrio de seguridad. Es aquel vidrio que ha sido procesado o combinado con otros materiales, de tal manera que, si se rompe sea mínima la probabilidad de causar heridas o cortaduras.

Figura 2. Vidrio de seguridad laminado



Fuente: [http://danieladuguet.blogspot.com/2014\\_05\\_01\\_archive.html](http://danieladuguet.blogspot.com/2014_05_01_archive.html)

Vidrio de seguridad laminado. Consiste en dos o más láminas de vidrio, unidas firmemente entre sí, por una o varias capas plásticas transparentes y que al romperse, las piezas de vidrio se mantienen unidas al material plástico y conservan su forma y posición originales.

Figura 3. Vidrio de seguridad templado



Fuente: <http://vidrioautogomez.es/contenidos/servicios.html>

Vidrio de seguridad templado. Es aquel vidrio de seguridad que consta de una sola lámina de vidrio, tratada térmicamente, de manera que al romperse en cualquier punto, la pieza entera se desintegra en fragmentos pequeños (pedazos granulares no cortantes). El vidrio de seguridad templado, no puede cortarse o perforarse después de tratado.

Parabrisas. Es el vidrio de seguridad laminado que va en la parte frontal del vehículo que permite visibilidad, obtener aerodinámica y protege la vida de los ocupantes del viento, lluvia, polvo, insectos, etc.

Luneta. Es el vidrio de seguridad laminado o templado que va en la parte posterior del vehículo en un plano paralelo al parabrisas.

Vidrio lateral. Vidrio de seguridad laminado o templado que se ubica a los costados del vehículo.

Vidrio de techo. Vidrio de seguridad laminado o templado, que se coloca en la parte superior del vehículo.

Red desempañante. Líneas metálicas que van en el vidrio para que no se empañen.

Vidrio lateral delantero. Vidrio de seguridad laminado o templado que se ubica a los costados del vehículo.

Vidrio lateral posterior. Es todo aquel vidrio lateral que está colocado por detrás del respaldar del asiento delantero del conductor a los costados del vehículo.

**2.1.2** *Clasificación y ubicación de los vidrios de seguridad para automotores según norma NTE INEN 1669.* Los vidrios de seguridad para automotores, de acuerdo con el proceso de fabricación, se clasifican en los siguientes tipos: Laminados y templados, y de acuerdo con su ubicación se clasifican en parabrisas, lunetas, lateral, de techo.

#### **2.4. Requisitos de la norma NTE INEN 1669**

Para garantizar la seguridad de los usuarios en las carreteras se debe minimizar al máximo posible las lesiones físicas provocadas por cardaduras de vidrios, la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1669, que es obligatoria para la certificación de vidrios de seguridad, esta norma establece los requisitos que deben cumplir los vidrios de seguridad para automotores terrestres (parabrisas, lunetas, ventanas laterales fijas y móviles), que se fabriquen y/o comercialicen en el país, (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2011).

Los vidrios de seguridad para automotores deben cumplir con los requisitos de la tabla 1. Y además los vidrios de seguridad deben cumplir las siguientes disposiciones:

Los vidrios de seguridad deben ser transparentes y no deben causar ningún tipo de distorsión en los objetos vistos a través de ellos. No deben causar ningún tipo de confusión entre los colores de señalización usados en el tránsito vehicular.

Todos los vidrios de seguridad deben ser de tal naturaleza, que al momento de una eventual fragmentación, el peligro de causar heridas a los ocupantes del vehículo se reduzca al mínimo, y deben ser capaces de soportar el tratamiento normal en el servicio para el cual fueron diseñados.

El material plástico para vidrio laminado será Polivinil Butiral (PVB) u otro material que le confiera al vidrio las propiedades específicas que exige esta norma.

No deben ser destinados como parabrisas los vidrios de seguridad de tipo templado.

El trabajo se basa en 4 ensayos de la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1669. Vidrios de seguridad. Requisitos, los siguientes ensayos vamos a describir a continuación. NTE INEN 1722: Vidrios de seguridad. Determinación de la fragmentación, NTE INEN 1724: Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (Ensayo del maniquí), NTE INEN 1726: Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a alta temperatura, NTE INEN 1731: Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a la humedad. (Anexo B)

Tabla 1. Requisitos para vidrios de seguridad

Requisitos	Laminado	Templado	Método de ensayo
Fragmentación		X	NTE INEN 1722*
Impacto con esfera de acero	X	X	NTE INEN 1723*
Impacto de la cabeza ensayo de maniquí (1)	X		NTE INEN 1724*
Impacto con dardo	X		NTE INEN 1725*
Resistencia a alta temperatura	X		NTE INEN 1726*
Transmisión luminosa	X	X	NTE INEN 1727**
Estabilidad luminosa	X	X	NTE INEN 1728**
Resistencia a la abrasión	X	X	NTE INEN 1730*
Resistencia a la humedad	X		NTE INEN 1731**
Distorsión óptica	X	X	NTE INEN 1729**
Defectos visuales	X	X	Numeral 5.12.1**
Dimensionales	X	X	Numeral 5.12.2**
(1) Opcional se aplica a parabrisas, y puede efectuarse si el cliente lo solicita. (2) No aplica para vidrios de techo (3) Solo aplica para materia prima (4) Solo para lunetas * Ensayo destructivo ED ** Ensayo no destructivo END			

Fuente: NTE INEN 1669

**2.1.3** Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1722. Vidrios de seguridad, Determinación de la fragmentación. Este ensayo nos darán la resistencia a la fragmentación que presentan los vidrios de seguridad templados según los estándares establecidos en la norma técnica NTE INEN 1669

**2.1.3.1** Objeto. Establecer el método para determinar la fragmentación en vidrios de seguridad para automotores.

**2.1.3.2 Alcance.** Este ensayo se aplica únicamente a vidrios de seguridad templados.

**2.1.3.3 Resumen.** Consiste en romper las muestras a ensayar con un dispositivo (martillo o punzón) en el punto prescrito para el impacto y proceder al conteo de partículas o pesaje de la más grande.

**2.1.3.4 Instrumental.**

- Mesa
- Martillo de aproximadamente 75 g con radio de curvatura en la punta de  $0,2 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ , o punzón.
- Balanza con apreciación de 0,01 g.
- Cronómetro

**2.1.3.5 Preparación de la muestra.** El material que va a ensayarse consiste en seis probetas de 300 x 300 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción, y puede ser hasta un vidrio de seguridad completo, por punto a ensayarse. Inmediatamente antes del ensayo las muestras deben ser acondicionadas como mínimo durante 4 horas a  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $60\% \pm 20\%$ .

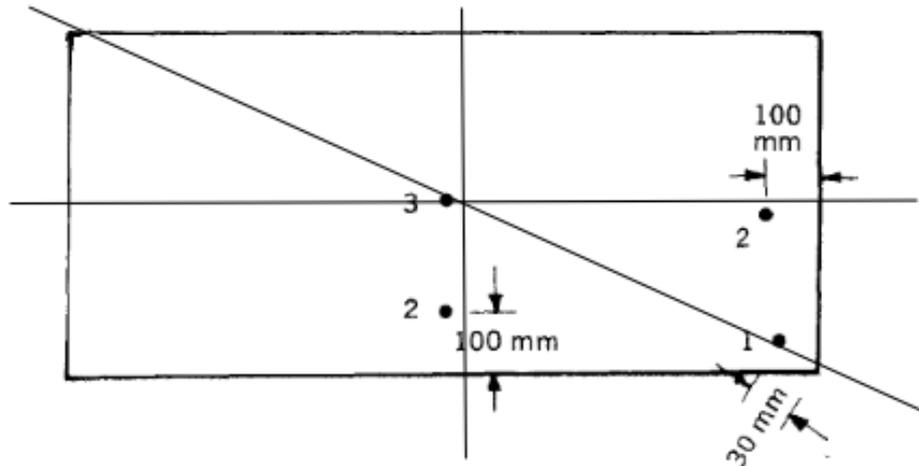
**2.1.3.6 Procedimiento.** Las muestras a ensayar deben seleccionarse del rango de materiales de vidrios de seguridad templados que un fabricante produce, considerando los siguientes factores: Espesor, Color, Red desempañante. Los puntos de impacto seleccionados serán como se indican a continuación en las figuras 4, 5 y 6.

Punto 1: Considerar 30 mm desde los bordes del vidrio, en la parte donde el radio de curvatura del contorno es más pequeño.

Punto 2: Considerar 100 mm desde el borde de una de las medianas, seleccionando el lado del vidrio que lleve las marcas de tenazas si hay alguna.

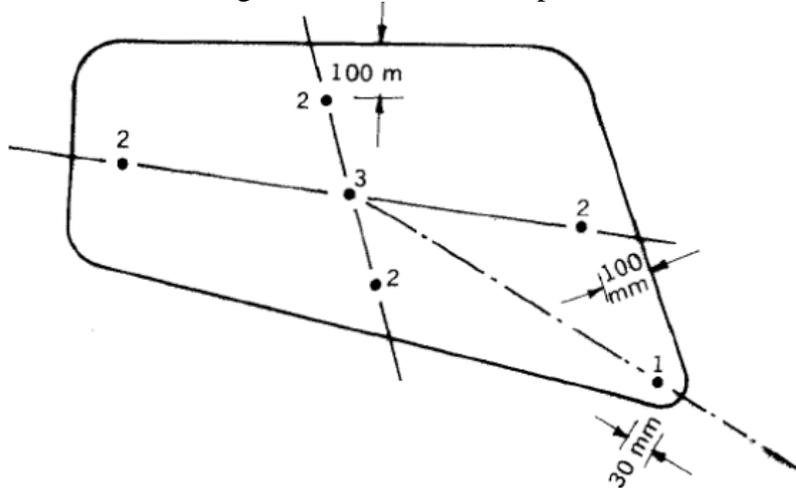
Punto 3: En el centro geométrico del vidrio.

Figura 4. Panel de vidrio plano



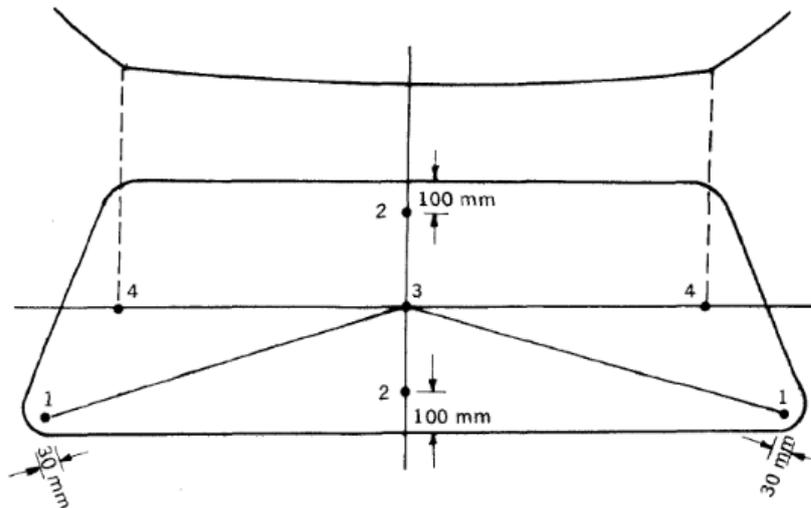
Fuente: NTE INEN 1722.

Figura 5. Panel de vidrio plano



Fuente: NTE INEN 1722.

Figura 6. Panel de vidrio curvado



Fuente: NTE INEN 1722.

Luego de la fragmentación se deja en reposo durante tres minutos previo a realizar el conteo y se procede a establecer el resultado de ensayo de conformidad con lo enunciado en el literal de la NTE INEN 1669.

**2.1.3.7** *Informe de resultados.* El informe de resultados debe contener lo siguiente:

- Tipo y número de muestra o cualquier otra identificación,
- Ensayo efectuado y método empleado,
- Resultado de ensayo,
- Condiciones de temperatura y humedad relativa para la preparación de la muestra,
- Fecha de ensayo,
- Nombre de la persona que realizó el ensayo
- Nombre del laboratorio de ensayos (INEN, 2011).

**2.1.4** *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1724.* Vidrios de seguridad, determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (ensayo del maniquí). Este ensayo simula el impacto con la cabeza sobre el vidrio para alcanzar una resistencia donde el vidrio sea apto para el uso en parabrisas sin causar mayor daño de lo que causa por el impacto.

**2.1.4.1** *Objetivo.* Establecer el método para determinar la resistencia mecánica en vidrios de seguridad para automotores bajo el impacto simulado de la cabeza.

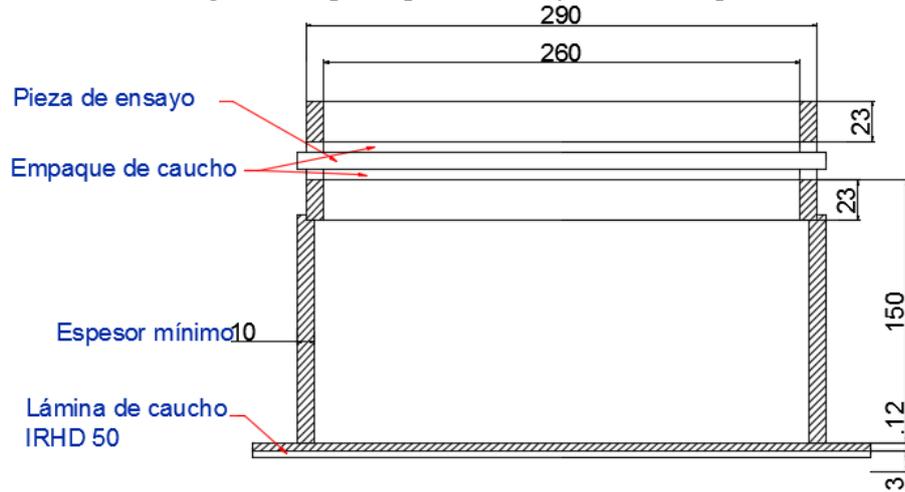
**2.1.4.2** *Alcance.* Esta norma se aplica solo a los vidrios de seguridad laminados.

**2.1.4.3** *Resumen.* Consiste en dejar caer de cabeza un maniquí, desde una altura determinada, sin que se dé ningún impulso, dentro de un círculo de 25 mm de radio, medidos desde el centro de la probeta o muestra de ensayo.

**2.1.4.4** *Instrumental.*

Soporte. El soporte es el mismo que se utiliza para el impacto con esfera indicado en la NTE INEN 1723 y estará arreglado de tal forma que el maniquí golpee el centro de la probeta del vidrio laminado.

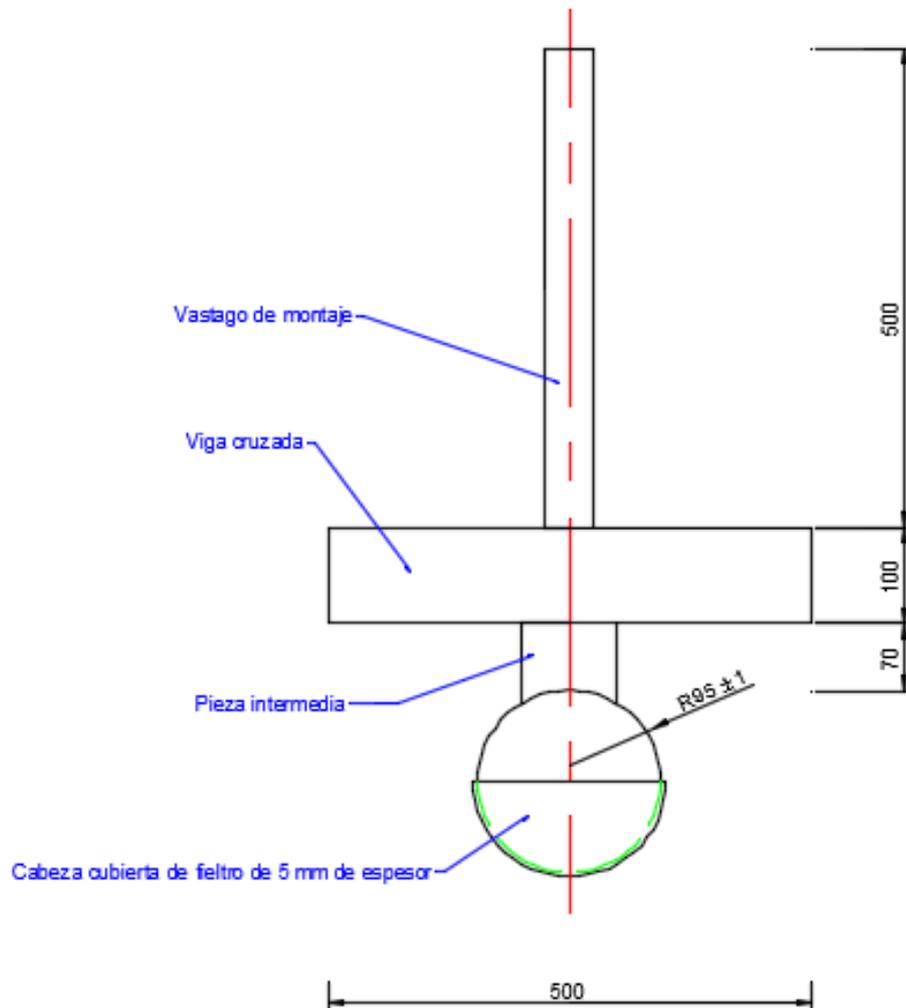
Figura 7. Soporte para el ensayo del maniquí



Fuente: NTE INEN 1723.

Maniquí. Está compuesto de los siguientes elementos:

Figura 8. Maniquí (Dimensiones en mm).



Fuente: NTE INEN 1724.

Una cabeza esférica sólida hecha de madera dura de un diámetro de  $190 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ . El hemisferio inferior de la cabeza estará recubierto con un fieltro de aproximadamente 5 mm de espesor.

Un vástago de montaje entre 500 mm y 1000 mm de largo y con una masa menor a 0,5kg.

Un cuello cilíndrico (pieza intermedia) rígido de madera dura de 70 mm de alto y 100 mm de diámetro.

Una viga cruzada de madera que representa los hombros, de 500 mm de largo y 100 mm de ancho, aproximadamente. El espesor de esta parte será tal que la masa total del maniquí tenga  $10 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$ .

**2.1.4.5** *Preparación de la muestra.* El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 300 x 300 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción e inmediatamente antes del ensayo las muestras deben ser acondicionadas como mínimo durante 4 horas a  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $60\% \pm 2\%$ .

**2.1.4.6** *Procedimiento.*

- Colocar la muestra de tal manera que descansa libremente sobre el soporte de ensayo según la figura 6, como se indica en 4.3 de la NTE INEN 1723.
- Dejar caer, sin que se le dé ningún impulso (caída libre), el maniquí desde una altura de  $1,5 \text{ m} \pm 5 \text{ mm}$ .
- Se procede a establecer el resultado del ensayo de conformidad con lo enunciado en el numeral 5.1.1.3 de la NTE INEN 1669.

**2.1.4.7** *Informe de resultados.* El informe de resultados debe contener lo siguiente:

- Tipo y número de muestra o cualquier otra identificación.
- Ensayo efectuado y método aplicado.
- Resultado del ensayo.
- Condiciones de temperatura y humedad relativa para la preparación de la muestra.

- Fecha de ensayo.
- Nombre de la persona que realizó el ensayo.
- Nombre del laboratorio de ensayos (INEN, 2011).

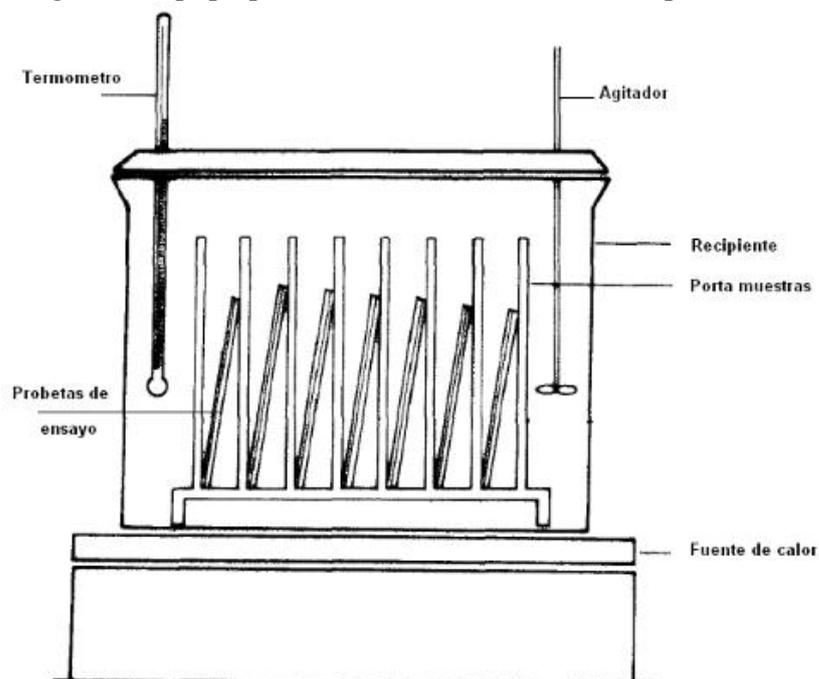
**2.1.5 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1726:** Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a alta temperatura. En este ensayo se realizará el cálculo de la resistencia a la alta temperatura de los vidrios de seguridad laminados para los vehículos, esta normativa es voluntaria por lo que se puede o no hacer.

**2.1.5.1 Objeto.** Esta norma establece el método para determinar la resistencia a alta temperatura en vidrios de seguridad para automotores.

**2.1.5.2 Alcance** Esta norma se aplica únicamente a los vidrios de seguridad laminados.

**2.1.5.3 Resumen.** Consiste en sumergir las probetas verticalmente por 3 minutos en agua a  $66\text{ }^{\circ}\text{C}$  (la primera inmersión tiene por objeto reducir la posibilidad de ruptura por choque térmico y se considera opcional) e inmediatamente llevar el agua a ebullición durante 2 horas y verificar los cambios.

Figura 9. Equipo para medir resistencia a alta temperatura.



Fuente: NTE INEN 1726

**2.1.5.4 Instrumental.** El equipo para medir la resistencia a alta temperatura en vidrios de seguridad, está compuesto de: Termómetro, recipiente, porta muestras, fuente de calor y agitador. La fuente de calor es de combustible en este caso gas para llevar el agua a la temperatura especificada en la norma.

**2.1.5.5 Preparación de la muestra.** El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 100 mm X 100 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción, o probetas de ensayo cortadas de manera que uno de los lados esté limitado por cualquiera de los bordes del producto terminado e inmediatamente antes del ensayo las muestras deben ser acondicionadas como mínimo durante 4 horas a  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $60\% \pm 2\%$ .

**2.1.5.6 Procedimiento.**

- Las probetas o muestras de ensayo se sumerge en el porta muestras por 3 minutos en agua a  $66^{\circ}\text{C}$
- Inmediatamente después, llevar el agua a ebullición y mantener las probetas en estas condiciones por el tiempo de 2 horas.
- Retirar las probetas o muestras y establecer el resultado del ensayo en conformidad con lo indicado en el numeral 5.1.1.5 de la NTE INEN 1669.

**2.1.5.7 Informe de resultados.** El informe de resultados debe contener lo siguiente:

- Tipo y número de muestra o cualquier otra identificación,
- Ensayo efectuado y método aplicado,
- Resultado del ensayo, (cuadro comparativo de cómo estaba el vidrio antes del ensayo y como queda después),
- Condiciones de temperatura y humedad relativa para la preparación de la muestra,
- Fecha de ensayo,

- Nombre de la persona que realizó el ensayo,
- Nombre del laboratorio de ensayos, (INEN, 2011).

**2.1.6 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1731.** Vidrios de seguridad. determinación de la resistencia a la humedad. Este ensayo medirá el grado de resistencia a la humedad del vidrio laminado en condiciones prolongadas de humedad para garantizar que el vidrio está en condiciones de soportar condiciones extremas.

**2.1.6.1 Objeto.** Esta norma establece el método para determinar en vidrios de seguridad su resistencia a los efectos de la humedad atmosférica por un período prolongado.

**2.1.6.2 Alcance.** Esta norma se aplica únicamente a vidrios de seguridad laminados.

**2.1.6.3 Resumen.** Consiste en mantener las muestras de vidrio en un recipiente cerrado con agua durante dos semanas a una temperatura y humedad relativa predeterminadas.

**2.1.6.4 Instrumental.** Un recipiente capaz de mantener la temperatura entre 49°C y 54°C, condición que proporciona una humedad relativa de aproximadamente 100%.

**2.1.6.5 Preparación de la muestra.** La muestra a ensayar consiste en tres probetas planas de aproximadamente 300 x 300 mm de un vidrio de seguridad laminado, si las probetas de ensayo se cortan de parabrisas, uno de los bordes de la probeta debe ser parte del borde del parabrisas.

**2.1.6.6 Procedimiento.** Se coloca la probeta a ensayar en agua, en el recipiente cerrado durante dos semanas, manteniendo la temperatura ambiente dentro del recipiente entre 49°C y 54°C. y luego se procede a establecer el resultado del ensayo, de conformidad con lo enunciado en el numeral de la NTE INEN 1669.

**2.1.6.7 Informe de resultados.** Como resultado final debe indicarse lo siguiente:

- Tipo y número de muestra o cualquier otra identificación,

- Ensayo efectuado,
- Resultado del ensayo,
- Condiciones de temperatura y humedad relativa para la preparación de la muestra,
- Fecha de ensayo,
- Nombre de la persona que realizó el ensayo,
- Nombre del laboratorio de ensayo, (INEN, 2011).n

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS

#### 3.1 Selección de elementos según norma NTE INEN 1722

**3.1.1** *Parámetros de diseño.* La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1722. Vidrios de Seguridad. Determinación de la Fragmentación no especifica ningún equipo para la construcción y el diseño, lo único que señala es que se necesita una mesa, un partillo o punzón y una balanza que tenga una precisión de 0,01. El martillo o punzón necesita una fuerza muy pequeña que es la del brazo humano para fragmentar el vidrio de seguridad.

**3.1.2** *Parámetros geométricos del martillo.* El martillo es de aproximadamente 75 g con radio de curvatura en la punta de  $0,2 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ . El punzón tiene una punta similar a la del martillo. La mesa se puede seleccionar o también se puede utilizar cualquier superficie plana y limpia para este ensayo ya que no necesariamente necesita de agarre al momento del impacto.

Figura 10. Martillo para el ensayo de fragmentación.



Fuente: Autores.

**3.1.3** *Dimensiones del martillo.* El martillo ya viene con sus dimensiones respectivas y su peso debido a que se realiza una producción en serie de este tipo de martillo de seguridad para automotores.

**3.1.4** *Parámetros geométricos de la mesa.* Esta norma no establece ningún diseño de la mesa en especial para realizar este ensayo.

**3.1.5** *Dimensiones de la mesa.* La mesa tiene dimensiones de 2,3 x 1,1 x 0,8 m, y una tabla de madera prensada de 2,4 x 1,2 x 0,2 m. con estas dimensiones contamos con un área suficiente para la realización de este ensayo.

Figura 11. Mesa para el ensayo de fragmentación.



Fuente: Autores.

## **3.2** *Diseño de elementos según norma NTE INEN 1724*

**3.2.1** *Parámetros de diseño.* En la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1724. Vidrios de Seguridad. Determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (ensayo del maniquí), tiene dimensiones fijas en el maniquí y el porta muestras pero no dimensiona ningún tipo de elevación por lo que dimensionaremos según las necesidades de la norma.

**3.2.2** *Parámetros geométricos.* La geometría del maniquí y el porta muestras están dadas en la misma norma por lo que se procede a calcular los pesos de los elementos y definamos espesores y volúmenes para lo cual emplearemos las ecuaciones de masa según las características geométricas de los elementos.

$$m = \rho \cdot V \quad (1)$$

**3.1.5.1** *Cálculo de la masa de la esfera.* La cabeza esférica sólida está hecha de madera dura (Laurel) de un diámetro de 0,190 m El hemisferio inferior de la cabeza estará recubierto con un fieltro de aproximadamente 5 mm de espesor. La densidad del laurel es:  $\rho = 0,45 \text{ [g/cm}^3\text{]}$  (Anexo C)

Tomando la ecuación 1 y el volumen de una esfera para sacar la masa de la esfera del maniquí.

$$m_e = \frac{4 \pi \rho r_e^3}{3}$$

Donde:

$m_e$  = Masa [kg]

$\rho$  = Densidad = 450 kg/m<sup>3</sup>

$r_e$  = Radio de la esfera = 0,095 m

$$m_e = \frac{4 \pi \rho r_e^3}{3}$$

$$m_e = \frac{4\pi * 450 \frac{kg}{m^3} * 0,095^3 m^3}{3}$$

$$m_e = 1,616 kg$$

**3.1.5.2** *Calculo de la masa del cuello cilíndrico.* El cuello cilíndrico es una pieza rígida intermedia de madera dura (Laurel) de 0.07 m de alto y 0,1 m de diámetro. Con lo que podemos encontrar la masa del cilindro con la ecuación 1, la densidad del laurel y el volumen del cilindro.

$$m_c = \pi * h * r_c^2 * \rho$$

Donde:

$m_c$  = Masa del cilindro [kg]

$h$  = Altura del cilindro = 0,07 m

$r_c$  = Radio del cilindro = 0,05 m

$\rho$  = Densidad = 450 kg/m<sup>3</sup>

$$m_c = \pi * h * r_c^2 * \rho$$

$$m_c = \pi * 0,07m * (0,05m)^2 * 450 \frac{kg}{m^3}$$

$$m_c = 0,247 kg$$

**3.1.5.3** *Cálculo de la masa del vástago.* Con la densidad del material (Laurel), la altura y la masa del vástago admitida por la norma, calculamos el diámetro del vástago para el montaje del maniquí. El vástago de montaje debe estar entre 0.5 m y 1 m de largo y con una masa menor a 0,5 kg.

$$r_v = \sqrt{\frac{m_v}{\rho * \pi * h}}$$

Donde:

$r_v$  = radio del vástago [m]

$m_v$  = masa admitida del vástago = 0,5 kg

$\rho$  = Densidad = 450 kg/m<sup>3</sup>

$h$  = altura del vástago = 0,5 m

$$r_v = \sqrt{\frac{m_v}{\rho * \pi * h}}$$

$$r_v = \sqrt{\frac{0,5 \text{ kg}}{450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \pi * 0,5 \text{ m}}}$$

$$r_v = 0,0266 \text{ m}$$

Realizamos el recalcu de la masa del vástago con un radio de 0,025 m en la construcción para tener una masa menor a 0,5 kg. Y así no sobrepase el peso establecido de acuerdo a la norma.

$$m_v = \pi * r^2 * \rho * h$$

$$m_v = \pi * (0,025\text{m})^2 * 450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,5\text{m}$$

$$m_v = 0,442 \text{ kg}$$

**3.1.5.4** *Calculo del espesor de la viga cruzada.* La viga cruzada de madera que representa los hombros, de 0,5 m de base y 0,1 m de altura, aproximadamente. El espesor

de esta parte será tal que la masa total del maniquí tenga 10 kg. Según establece la norma técnica ecuatoriana para la construcción del maniquí.

$$e = \frac{10 \text{ kg} - (m_e + m_c + m_v)}{\rho * b * h}$$

Donde:

e = Espesor [m]

$m_e$  = Masa de la esfera = 1,616 kg

$m_c$  = Masa del cilindro = 0,247 kg

$m_v$  = Masa de la viga cruzada = 0,442 kg

$\rho$  = Densidad = 450 kg/m<sup>3</sup>

b = Base = 0,5 m

h = altura = 0,1 m

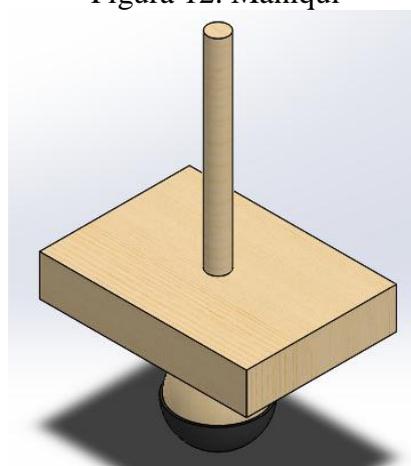
$$e = \frac{10 \text{ kg} - (m_e + m_c + m_v)}{\rho * b * h}$$

$$e = \frac{10 \text{ kg} - (1,616 \text{ kg} + 0,247 \text{ kg} + 0,442 \text{ kg})}{450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,5 \text{ m} * 0,1 \text{ m}}$$

$$e = 0,342 \text{ m}$$

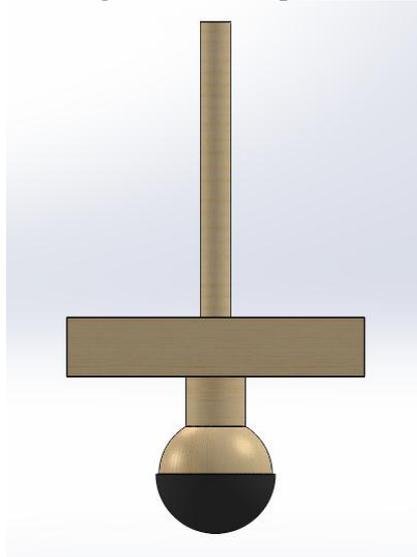
Con estos datos se procede a la construcción de nuestro maniquí para el ensayo (BEER, y otros, 2007).

Figura 12. Maniquí



Fuente: autores.

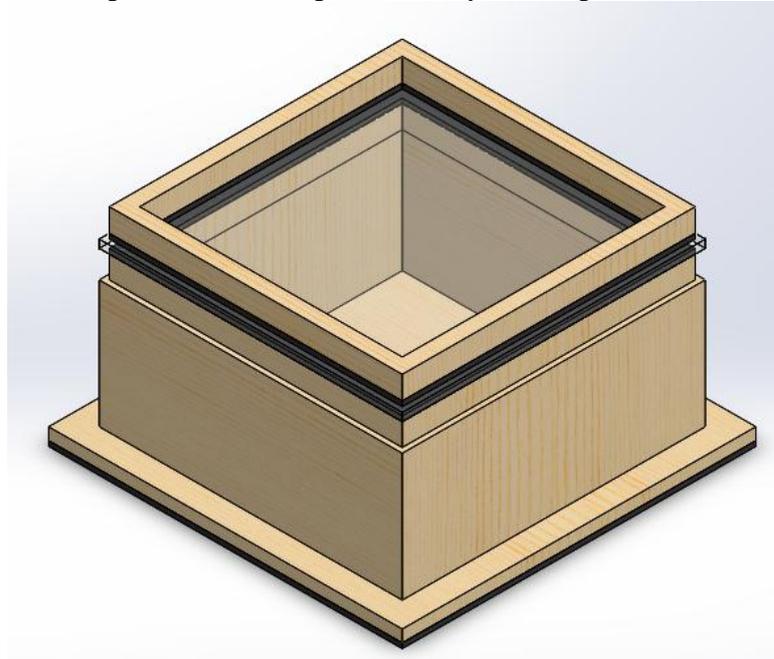
Figura 13. Maniquí 2D



Fuente: autores

También se necesita una bandeja contenedora de la probeta que se da a conocer las medidas en la norma. NTE NORMA 1723. Para la construcción de esta se establece de acero al carbono.

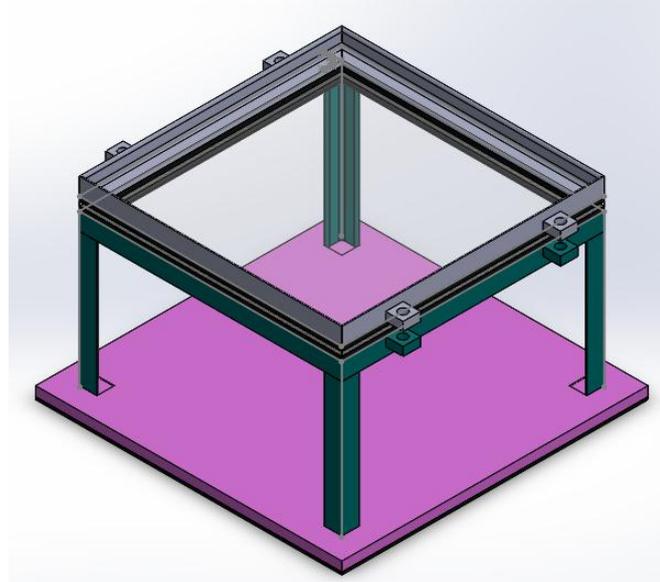
Figura 14. Soporte del vidrio para el ensayo de impacto con el maniquí



Fuente: Autores

El diseño de la figura 14 es según la norma NTE NORMA 1723 pero se realiza una modificación y la construcción se realiza en acero A 36 tomando en cuenta las medidas de la norma y del porta probetas nos queda:

Figura 15. Soporte del vidrio para el ensayo de impacto con el maniquí construido.



Fuente: Autores

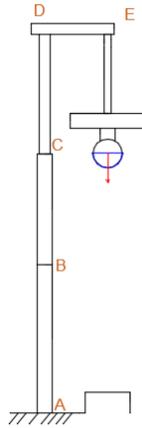
**3.1.5.5** *Diseño del mecanismo para elevación del maniquí.* Una vez diseñado el maniquí se procede a establecer los parámetros de diseño del mecanismo de elevación del mismo, para lo cual necesitaremos de los elementos esenciales de la ingeniería tales como todas las teorías aplicadas para el cálculo de resistencia, rigidez, y sobretodo que el mecanismo trabaje con la mayor eficacia posible, también se necesitara de catálogos de diseño en los cuales nos basaremos para las diferentes partes del mecanismo a construirse (*BUDYNAS, y otros, 2012*), (*MOTT, 2006*).

El mecanismo de elevación está basado en una torre telescópica mecánica que consta de 2 partes, la base y la parte móvil que nos permitirá levantar el maniquí 1.5 metros del nivel de la caja contenedora de la probeta sobre la cual dejaremos caer el maniquí que romperá la probeta para posteriormente realizar las respectivas mediciones y comparaciones con lo establecido en la misma norma.

El mecanismo de sujeción del maniquí es un gancho apretado con un resorte el mismo que al alar desconecta el maniquí de la torre dejando en caída libre sobre la probeta provocando que esta se fracture para luego caracterizar según lo estipulado en esta norma correspondiente.

A continuación se presenta un diagrama de cómo está constituido nuestra torre telescópica con el porta muestras y el maniquí que está colgado en el brazo de la torre.

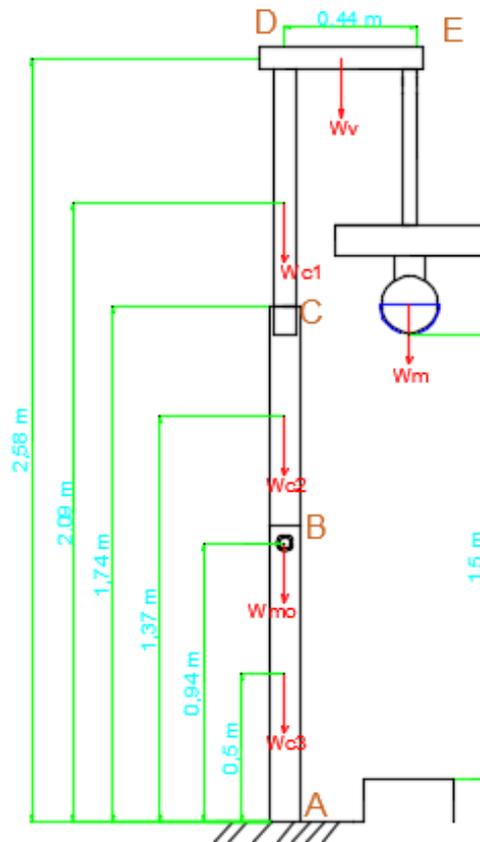
Figura 16. Sistema de elevación telescópica



Fuente: Autores

Tomando en cuenta las dimensiones del maniquí asumimos el largo del brazo sujetador de 44 cm para que al momento de la caída libre tenga el espacio suficiente y no choque en los perfiles de la torre. La carga a levantarse es de 10 kg, peso total del maniquí según la norma NTE NORMA 1724 y para nuestro diseño asumimos una carga de 50 kg para garantizar el buen funcionamiento de la torre de elevación mecánica.

Figura 17. Diagrama de cuerpo libre con el maniquí



Fuente: Autores

**3.1.5.6** *Cálculo de la torre de elevación mecánica.* Según el diagrama de la torre telescópica tenemos los siguientes datos son tomados cuando la torre está en sus puntos más críticos para la construcción.

Datos

$$h = 2,60 \text{ m}$$

$$L = 0,44 \text{ m}$$

$$W_m = 490,5 \text{ N}$$

$$W_{mo} = 49,05 \text{ N}$$

- *Cálculo de los pesos de los tubos.* Parte AB, BC, CD, Y DE

$$W_{AB} = \frac{1 \text{ m} * 6,17 \text{ kg}}{1 \text{ m}} * \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 60,528 \text{ N}$$

$$W_{BC} = \frac{0,74 \text{ m} * 6,17 \text{ kg}}{1 \text{ m}} * \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 44,792 \text{ N}$$

$$W_{CD} = \frac{0,9 \text{ m} * 4,52 \text{ kg}}{1 \text{ m}} * \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 39,907 \text{ N}$$

$$W_{DE} = \frac{0,55 \text{ m} * 4,52 \text{ kg}}{1 \text{ m}} * \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 24,388 \text{ N}$$

- *Cálculo de reacciones y momentos para el tramo AB.* El tramo AB está sometido a esfuerzos de flexión y compresión por la carga suspendida del maniquí y el peso de la misma torre telescópica, este tramo consta de un tubo estructural cuadrado 100 x 2 mm por 1m de altura el mismo que esta empotrado en la base.

- *Propiedades mecánicas del acero estructural ASTM A – 36*

$$S_y = 250 \text{ MPa}$$

$$E = 200 \text{ GPa}$$

Tabla 2. Características del tubo estructural 100 x 2 mm.

Dimensiones			Área	Ejes (x - x) e (y - y).		
A [mm]	Espesor [mm]	Peso [Kg/m]	Área [cm <sup>2</sup> ]	I [cm <sup>4</sup> ]	W [cm <sup>3</sup> ]	i [cm]
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99

Fuente: Catálogo DIPAC

Donde:

A = Lado de la sección

I = Momento de inercia de la sección

W = Módulo resistente de la sección

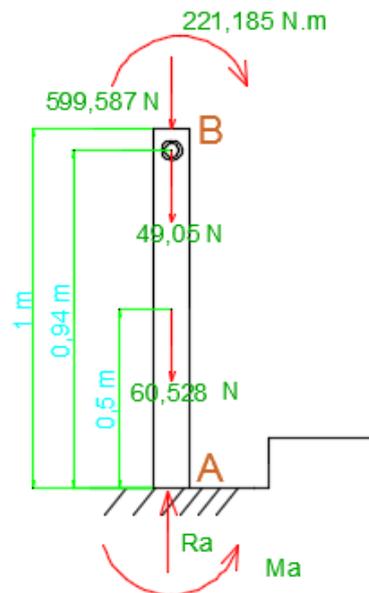
i = Radio de giro de la sección

En el tramo AB se acumulan todos los pesos por lo que realizamos el análisis estático en este tramo para encontrar las reacciones y momentos en el punto A. las ecuaciones que se van a utilizar para el análisis son: (MOTT, 2006).

$$\Sigma F_A = 0 \quad (2)$$

$$\Sigma M_o = 0 \quad (3)$$

Figura 18. Diagrama de cuerpo libre del tramo AB.



Fuente: Autores

Con la ecuación 2 realizamos el análisis de fuerzas en el punto A para encontrar la reacción y con esta los esfuerzos debido a las fuerzas que actúan en este punto.

$$\Sigma F_A = 0$$

$$R_A - 490,5 \text{ N} - W_{AB} - W_{BC} - W_{CD} - W_{DE} = 0$$

$$R_A - 490,5 \text{ N} - 24,388 \text{ N} - 39,907 \text{ N} - 44,792 \text{ N} - 49,05 \text{ N} - 60,528 \text{ N} = 0$$

$$R_A = 709,165 \text{ N}$$

De igual forma con la ecuación 3 realizamos el cálculo del momento flector en el punto A para encontrar los esfuerzos de flexión que actúan en este punto.

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0 \\ M_A - M_{B1} - M_B &= 0 \\ M_A &= 215,82 \text{ N.m} + 5,365 \text{ N.m} \\ M_A &= 221,185 \text{ N.m}\end{aligned}$$

- *Cálculos de esfuerzos del tramo AB.*

Esfuerzos de flexión. El esfuerzo de flexión es constante por lo que no hay fluctuación y calculamos con la ecuación (MOTT, 2006).

$$\sigma_{flexión} = \frac{M * c}{I} \quad (4)$$

Donde:

M = Momento máximo = 221,185 N.m

c = Radio de giro del perfil = 0,0399 m

I = Momento de inercia del perfil =  $1,223 \times 10^{-6} \text{ m}^4$

$$\begin{aligned}\sigma_{flexión} &= \frac{M * c}{I} \\ \sigma_{flexión} &= \frac{221,185 \text{ N.m} * 0,0399 \text{ m}}{1,223 \times 10^{-6} \text{ m}^4} = 7,216 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Esfuerzo de compresión: Este esfuerzo al igual que el de flexión es constante ya que no realiza ninguna fluctuación (MOTT, 2006).

$$\sigma_{axial} = \frac{F}{A} \quad (5)$$

Donde:

F = Fuerza máxima ejercida sobre el perfil = 709,165 N

A = Área transversal del perfil =  $7,74 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Con la ecuación 5 calculamos el esfuerzo de compresión para el tubo cuadrado y comprobamos su resistencia.

$$\sigma_{axial} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{axial} = \frac{709,165 \text{ N}}{7,74 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 916,234 \text{ kPa}$$

Una vez obtenido los esfuerzos calculamos el coeficiente de seguridad con la teoría de la distorsión para materiales dúctiles (MOTT, 2006).

$$\sqrt{\sigma_y^2 + 3\tau_{yx}^2} = \frac{S_y}{n} \quad (6)$$

Reemplazando en la fórmula se tiene que no existen esfuerzos de torsión y corte por lo que  $\tau = 0$  y nos queda:

$$\sqrt{\sigma_{axial}^2 + \sigma_{flexión}^2} = \sqrt{916,234^2 + 7,216^2} = 7,274 \text{ MPa}$$

$$7,274 \text{ MPa} = \frac{S_y}{n}$$

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{7,274 \text{ MPa}}$$

$$n = 34,37$$

Con este resultado podemos decir que el perfil seleccionado trabaja correctamente con un coeficiente de seguridad de 34,37; garantizando el funcionamiento del equipo por lo que solamente eleva una carga de 10 kg y el diseño se lo realizó para 50 kg además de su propio peso.

- *Cálculo de reacciones y momentos para el tramo BC.*

Para este tramo se seleccionó el tubo 100 x 2 mm y 75 cm de largo, que está empotrado con tornillos sujetos a la placa que contiene los engranajes y el tornillo de potencia el cual va a elevar el maniquí hasta la posición requerida para dejar en caída libre al maniquí que romperá la probeta para la caracterización. Este tramo esta enzima de la caja que da todo el momento a la torre.

Tabla 3. Características del tubo estructural 100 x 2 mm.

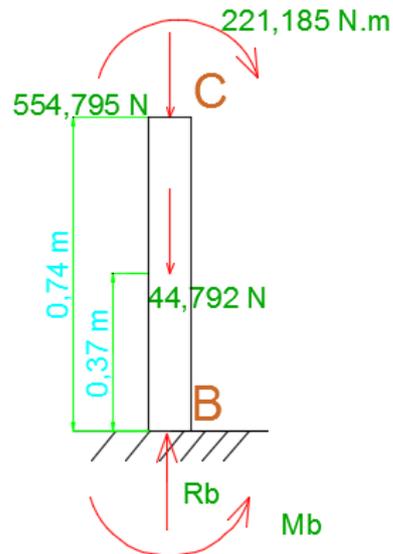
Dimensiones			Área	Ejes (x - x) e (y - y).		
A [mm]	Espesor [mm]	Peso [Kg/m]	Área [cm <sup>2</sup> ]	I [cm <sup>4</sup> ]	W [cm <sup>3</sup> ]	i [cm]
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99

Fuente: Catálogo DIPAC

Este tramo está sometido a los esfuerzos de compresión y flexión, el análisis se realiza como una viga empotrada y está constituido de un perfil estructural cuadrado de 100 x 2 mm, que no fluctúan por lo que se realiza un análisis estático encontrando las fuerzas actuantes en este tramo.

Con la ecuación 2 realizamos la sumatoria de fuerzas en punto B.

Figura 19. Diagrama de cuerpo libre del tramo BC.



Fuente: Autores

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_B - 554,795 \text{ N} - 44,792 \text{ N} = 0$$

$$R_B = 599,587 \text{ N}$$

Obtenemos el momento máximo en el mismo punto B realizando la sumatoria de momentos en ese punto con la ecuación 3.

$$\Sigma M_B = 0$$

$$M_B - M_C = 0$$

$$M_B = 221,185 \text{ N.m}$$

- *Cálculos de esfuerzos en el tramo BC.*

Esfuerzos de flexión. El esfuerzo de flexión es constante por lo que no hay fluctuación y calculamos con la ecuación 4.

$$\sigma_{flexión} = \frac{M * c}{I}$$

$$\sigma_{flexión} = \frac{221,185 \text{ N} \cdot \text{m} * 0.0399 \text{ m}}{1,223 \times 10^{-6} \text{ m}^4} = 7,216 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de compresión: Este esfuerzo al igual que el de flexión es constante ya que no realiza ninguna fluctuación, calculamos con la ecuación 5.

$$\sigma_{axial} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{axial} = \frac{599,587 \text{ N}}{7,74 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,775 \text{ MPa}$$

Una vez obtenido los esfuerzos calculamos el coeficiente de seguridad con la teoría de la distorsión para materiales dúctiles (Ecuación 6). Se tiene que no existe esfuerzos de torsión y corte por lo que  $\tau = 0$ .

$$\sqrt{\sigma_y^2 + 3\tau_{yx}^2} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sqrt{\sigma_{axial}^2 + \sigma_{flexión}^2} = \sqrt{7,216^2 + 0,775^2} = 7,257 \text{ MPa}$$

$$7,257 \text{ MPa} = \frac{S_y}{n}$$

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{7,257 \text{ MPa}}$$

$$n = 34,449$$

Con este resultado se obtiene que el perfil seleccionado trabaja correctamente con un coeficiente de seguridad de 34,449, estamos seguros del funcionamiento del equipo por lo que elevaremos una carga de 10 kg y el diseño se realizó para 50 kg. El coeficiente de seguridad muestra un sobredimensionamiento porque las fuerzas son pequeñas.

- *Cálculo de reacciones y momentos para el tramo CD.*

Para este tramo se selecciona el tubo 75 x 2 mm y 0,75 m de largo para el cual tendremos empotrado en el punto C el mismo que está sometido a fuerzas de flexión y compresión.

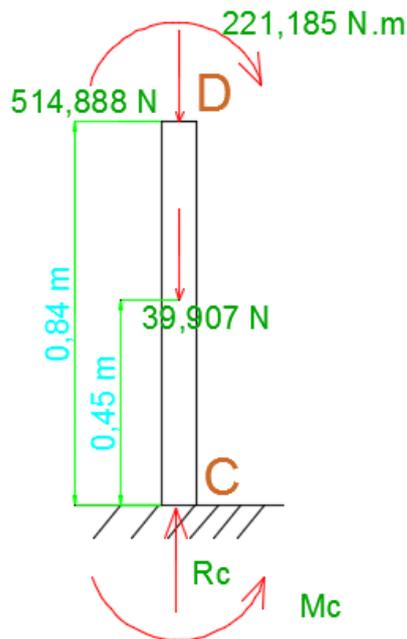
Tabla 4. Características del tubo estructural 75 x 2 mm.

Dimensiones			Área	Ejes (x - x) e (y - y).		
A [mm]	Espesor [mm]	Peso [Kg/m]	Área [cm <sup>2</sup> ]	I [cm <sup>4</sup> ]	W [cm <sup>3</sup> ]	i [cm]
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97

Fuente: Catálogo DIPAC

Este tramo está sometido a los esfuerzos de compresión y flexión, el análisis estático se realiza como una viga empotrada y está constituido de un perfil cuadrado estructural de 75 x 2 mm

Figura 20. Diagrama de cuerpo libre del tramo CD.



Fuente: Autores

Se realiza la sumatoria de fuerzas y se encontrar la reacción en punto C. (ecuación 2)

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_B - 490,5 N - 39,907 N = 0$$

$$R_A = 554,795 N$$

Luego obtenemos el momento máximo en el mismo punto C, (ecuación 3).

$$\begin{aligned}\Sigma M_C &= 0 \\ M_C - M_D &= 0 \\ M_C &= 221,185 \text{ N.m}\end{aligned}$$

- *Cálculos de esfuerzos:*

Esfuerzos de flexión. El esfuerzo de flexión es constante por lo que no hay fluctuación y utilizamos la ecuación 4.

$$\begin{aligned}\sigma_{flexión} &= \frac{M * c}{I} \\ \sigma_{flexión} &= \frac{221,185 \text{ N.m} * 0,0297 \text{ m}}{5,047 \times 10^{-7} \text{ m}^4} = 13,016 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Esfuerzo de compresión: Este esfuerzo de compresión al igual que el de flexión es constante ya que no realiza ninguna fluctuación, las fuerzas solamente actúan estáticamente, calculamos con la ecuación 5.

$$\begin{aligned}\sigma_{axial} &= \frac{F}{A} \\ \sigma_{axial} &= \frac{554,795 \text{ N}}{5,74 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,966 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Una vez obtenido los esfuerzos calculamos el coeficiente de seguridad con la teoría de la distorsión para materiales dúctiles. Se tiene que no existen esfuerzos de torsión y corte por lo que  $\tau = 0$  para este caso. (Ecuación 6) Utilizamos la para el análisis de nuestro perfil seleccionado.

$$\begin{aligned}\sqrt{\sigma_y^2 + 3\tau_{yx}^2} &= \frac{S_y}{n} \\ \sqrt{\sigma_{axial}^2 + \sigma_{flexión}^2} &= \sqrt{0,966^2 + 13,016^2} = 13,052 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$13,052 \text{ MPa} = \frac{S_y}{n}$$

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{13,052 \text{ MPa}}$$

$$n = 19,154$$

Con este resultado se tiene que el perfil seleccionado trabajara correctamente con un coeficiente de seguridad de 19,154 estamos seguros del correcto funcionamiento del equipo por lo que solamente elevaremos una carga de 10 kg y el diseño se realizó para 50 kg. Además de su propio peso.

- *Cálculo de reacciones y momentos para el tramo DE.*

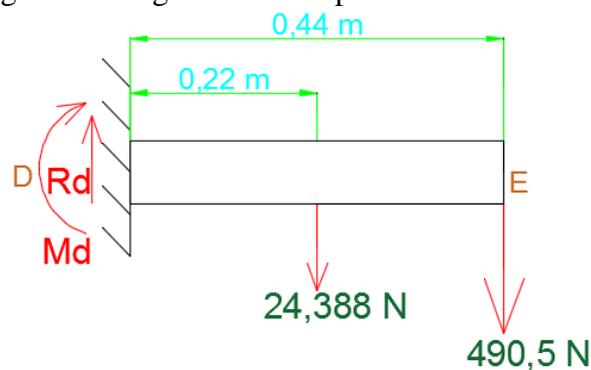
Para este tramo se seleccionó el tubo 75 x 2 mm y 40 cm de largo para el cual tomamos como una viga empotrada que está sometida a los esfuerzos de flexión debido a la carga del maniquí y a la de su propio peso, estas cargas están analizadas estáticamente debido a que no hay fluctuación.

Tabla 5. Características del tubo estructural 75 x 2 mm.

Dimensiones			Área	Ejes (x - x) e (y - y).		
A [mm]	Espesor [mm]	Peso [Kg/m]	Área [cm <sup>2</sup> ]	I [cm <sup>4</sup> ]	W [cm <sup>3</sup> ]	i [cm]
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97

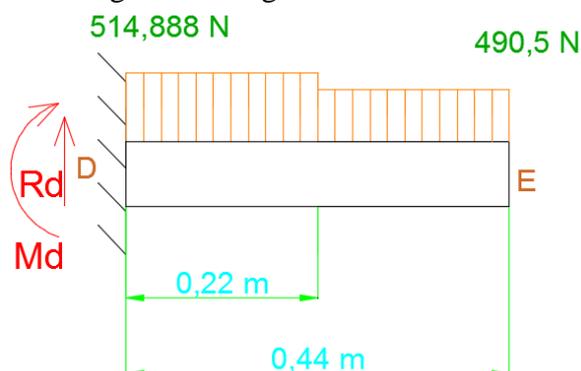
Fuente: Catálogo DIPAC

Figura 21. Diagrama de cuerpo libre del tramo BC.



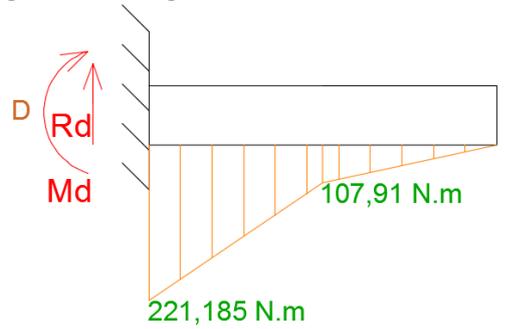
Fuente: Autores

Figura 22. Diagrama de cortante.



Fuente: Autores

Figura 23. Diagrama de momento flector.



Fuente: Autores

Se determina la reacción y el momento en D en el diagrama de cortante y momento flector para encontrar los esfuerzos de la viga.

$$R_D = 514,685 \text{ N}$$

$$M_D = 221,185 \text{ N.m}$$

- *Cálculos de esfuerzos de la viga.*

Esfuerzos de flexión. El esfuerzo de flexión es constante por lo que no hay fluctuación y calculamos con la ecuación 4.

$$\sigma_{flexión} = \frac{M * c}{I}$$

$$\sigma_{flexión} = \frac{221,185 \text{ N.m} * 0,0297 \text{ m}}{5,047 \times 10^{-7} \text{ m}^4} = 13,016 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de corte: Este esfuerzo al igual que el de flexión es constante ya que no realiza ninguna fluctuación, calculamos con la ecuación del corte, (MOTT, 2006).

$$\tau_{Corte} = \frac{v}{A} \tag{7}$$

Donde:

$v$  = Fuerza cortante = 514,888 N

$A$  = Área de la sección transversal =  $5,74 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\tau_{Corte} = \frac{v}{A}$$

$$\tau_{Corte} = \frac{514,888 N}{5,74 \times 10^{-4} m^2} = 0,897 MPa$$

Una vez obtenido los esfuerzos calculamos el coeficiente de seguridad con la teoría de la distorsión para materiales dúctiles. Ecuación 6

$$\sqrt{\sigma_y^2 + 3\tau_{yx}^2} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sqrt{\sigma_{flexión}^2 + 3\tau_{yx}^2} = \sqrt{13,016^2 + 3 * (0,879^2)} = 13,105 MPa$$

$$113,105 MPa = \frac{S_y}{n}$$

$$n = \frac{250 MPa}{13,105 MPa}$$

$$n = 19,077$$

Con este resultado podemos decir que la viga trabaja correctamente con un coeficiente de seguridad de 19,077, estamos seguros del correcto funcionamiento del equipo por lo que solamente elevaremos una carga de 10 kg y el diseño se lo realizó para 50 kg. Además de su propio peso.

Los perfiles seleccionados están sobredimensionados por la caja que sostiene a los engranajes que dan el movimiento para que suba el maniquí a la altura especificada en la norma. Esta caja es de 100 x 100 mm y contiene el espacio necesario para el momento de los engranes.

- *Diseño del tornillo de potencia.*

El tornillo de potencia está sometido a cargas de compresión y flexión que soporta junto con el mástil CD, por lo que dividimos las cargas a la mitad para el cálculo con la ecuación 6 de la teoría de la distorsión para materiales dúctiles, despreciando la carga axial por su poca influencia y un coeficiente de seguridad de 2 hallamos el diámetro del eje exterior del tornillo de potencia.

$$\sigma_{flexión} = \frac{M * c}{I} = \frac{S_y}{n}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * M * n}{\pi * S_y}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * 110,593 * 2}{\pi * 250000000}}$$

$$d = 0,02081 \text{ m} \approx 20 \text{ mm}$$

Tomando el diámetro calculado de 20 mm, asumiendo un paso de 0,003 m con una carga a elevar de 554,795 N y los coeficientes de fricción del acero de 0,16 del tornillo y del collarín calculamos los parámetros del tornillo de potencia con ecuaciones para tornillos de potencia (MOTT, 2006).

$$dm = de - \frac{p}{2} \quad (8)$$

Donde:

dm = Diámetro medio [m]

de = Diámetro exterior = 0,02 m

p = Paso = 0,003 m

$$dm = de - \frac{p}{2}$$

$$dm = 0,02 - \frac{0,003}{2}$$

$$dm = 0,0185 \text{ m}$$

Angulo de la hélice del tornillo de potencia.

$$\tan \lambda = \frac{p}{\pi dm} \quad (9)$$

Donde:

$\lambda$  = Angulo de la hélice [°]

dm = Diámetro medio = 0,0185 m

p = Paso = 0,003 m

$$\tan \lambda = \frac{p}{\pi dm}$$

$$\tan \lambda = \frac{0,003 m}{\pi * 0,0185 m}$$

$$\lambda = 2,955^\circ$$

Diámetro del núcleo del tornillo de potencia

$$dn = dm - \frac{p}{2} \quad (10)$$

$$dn = 0,0185 m - \frac{0,003 m}{2}$$

$$dn = 0,017 m$$

Diámetro de tracción del tornillo de potencia

$$dt = dm - \frac{p}{4} \quad (11)$$

$$dt = 0,0185 m - \frac{0,003 m}{4}$$

$$dt = 0,01775 m$$

Avance del tornillo de potencia

$$Av = p * \#hileras \quad (12)$$

$$Av = 0,003 m * 1$$

$$Av = 0,003 m$$

Torque de subida

$$Ts = \frac{F * dm}{2} \left( \frac{U \pi dm + p}{\pi dm - U p} \right) + \frac{F d e U e}{2} \quad (13)$$

Donde:

Ts = Torque de subida [N.m]

F = Fuerza = 554,795 N

U = Coeficiente de fricción = 0,16

$$T_s = \frac{F * dm}{2} \left( \frac{U\pi dm + p}{\pi dm - Up} \right) + \frac{FdeUe}{2}$$

$$T_s = \frac{554,795 \text{ N} * 0,0185 \text{ m}}{2} \left( \frac{(0,16 * \pi * 0,0185 \text{ m}) + 0,003 \text{ m}}{(\pi * 0,0185 \text{ m}) - (0,16 * 0,003 \text{ m})} \right)$$

$$+ \frac{554,795 \text{ N} * 0,02 \text{ m} * 0,16}{2}$$

$$T_s = 1,983 \text{ N.m}$$

Torque de bajada

$$T_b = \frac{F * dm}{2} \left( \frac{U\pi dm - p}{\pi dm + Up} \right) + \frac{FdeUe}{2} \quad (14)$$

$$T_b = \frac{554,795 \text{ N} * 0,0185 \text{ m}}{2} \left( \frac{(\pi * 0,16 * 0,0185 \text{ m}) - 0,003 \text{ m}}{(\pi * 0,0185 \text{ m}) + (0,16 * 0,003 \text{ m})} \right)$$

$$+ \frac{554,795 \text{ N} * 0,02 \text{ m} * 0,16}{2}$$

$$T_b = 1,439 \text{ N.m}$$

Torque requerido

$$T^* = \frac{F * p}{2 \pi} \quad (15)$$

$$T^* = \frac{554,795 \text{ N} * 0,003 \text{ m}}{2 \pi}$$

$$T^* = 0,265 \text{ N.m}$$

Eficiencia

$$e = \frac{T^*}{T_s} \quad (16)$$

$$e = \frac{0,265 \text{ N.m}}{1,983 \text{ N.m}}$$

$$e = 0,134$$

La eficiencia del tornillo es de 13,4 %

Analizamos estáticamente si el tornillo resiste los esfuerzos axiales y esfuerzos cortantes a los que se encuentran al momento de subir el maniquí.

Esfuerzo axial del tornillo de potencia. Estos esfuerzos se calculan con las ecuaciones propias del tornillo de potencia tomadas del libro de Mott.

$$\sigma_x = \frac{4F}{\pi d m^2} \quad (17)$$

$$\sigma_x = \frac{4 * 554,795 \text{ N}}{\pi * (0,02 \text{ m})^2}$$

$$\sigma_x = 1,766 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante del tornillo de potencia

$$\tau = \frac{16 Ts}{\pi d n^3} \quad (18)$$

$$\tau = \frac{16 * 1,983 \text{ N.m}}{\pi * (0,017 \text{ m})^3}$$

$$\tau = 2,056 \text{ MPa}$$

Encontramos el esfuerzo equivalente aplicando la teoría de la distorsión para materiales dúctiles. (Ecuación 6).

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{1,766^2 + 3 * (2,056)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 3,975 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad del tornillo de potencia

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}}$$

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{3,975 \text{ MPa}}$$

$$n = 62,893$$

El tornillo está sobredimensionado para estos esfuerzos por lo que realizamos una comprobación a pandeo para esto tenemos un radio de giro de:

$$r_g = \frac{d}{4} \quad (19)$$

$$r_g = \frac{0,02 \text{ m}}{4} = 0,005 \text{ m}$$

La longitud de pandeo es igual a  $L_p = 0,5 L_r$  Por estar empotrado en los dos extremos.

Donde:

$L_p$  = Longitud de pandeo [m]

$L_r$  = Longitud real = 0,9 m

$$\begin{aligned} L_p &= 0,5 L_r & (20) \\ L_p &= 0,5 * 0,90 \text{ m} \\ L_p &= 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Relación de esbeltez no debe exceder los 200 °

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{L_p}{r_g} & (21) \\ \lambda_1 &= \frac{0,45 \text{ m}}{0,005 \text{ m}} \\ \lambda_1 &= 90^\circ \end{aligned}$$

Ecuación de Euler en columnas para encontrar la fuerza admitida que se puede aplicar al tornillo de potencia para que no pandee (BUDYNAS, y otros, 2012). Este análisis se realiza por la longitud del tornillo.

$$F_{ad} = \frac{\pi E A}{\lambda_1^2} \quad (22)$$

Donde:

$F_{ad}$  = Fuerza admitida [N]

$A$  = Área =  $\pi r^2$  [m<sup>2</sup>]

$E$  = Limite elástico = 200 GPa

$\lambda_1$  = Relación de esbeltez = 90 °

$$F_{ad} = \frac{\pi E A}{\lambda_1^2}$$

$$F_{ad} = \frac{\pi * 200 \text{ GPa} * \pi * (0,002 \text{ m})^2}{4 * 90^2}$$

$$F_{ad} = 24,369 \text{ kN}$$

Coefficiente de seguridad. Una vez encontrado la fuerza admitida que va a soportar el tornillo de potencia y con la fuerza que tiene que levantar encontramos nuestro coeficiente de seguridad.

$$n = \frac{F_{ad}}{F}$$

$$n = \frac{24,369 \text{ kN}}{0,554 \text{ kN}}$$

$$n = 43,98$$

El tornillo de potencia trabaja correctamente por que la carga es muy pequeña que va a levantar en este ensayo.

- *Cálculo de la tuerca para el tornillo.* Como ya conocemos los parámetros del tornillo realizamos directamente los cálculos de la tuerca que está sometida a esfuerzo de aplastamiento, corte y flexión, y se diseña con el esfuerzo máximo a la que la tuerca está sometida. Para esto utilizamos ecuaciones del libro de Mott. Y comprobaremos si resiste.

Comprobación a esfuerzo de corte de la tuerca para el tornillo de potencia

$$\tau = \frac{2F}{\pi d_m H} = \frac{S_{sy}}{n} \quad (23)$$

Donde:

F = Fuerza = 554,795 N

d<sub>m</sub> = Diámetro medio = 0.0185 m

H = Si el material es el mismo para el tornillo y la tuerca es 0,5 m

S<sub>sy</sub> = Resistencia al corte de la tuerca = 0,577 S<sub>y</sub>

S<sub>y</sub> = 250 GPa

n = Coeficiente de seguridad de trabajo de la tuerca

$$S_{sy} = 0,577 S_y$$

$$S_{sy} = 0,577 * 250 \text{ MPa}$$

$$S_{sy} = 144,25 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{2F}{\pi d_m H} \quad (24)$$

$$\tau = \frac{2 * 554,795 \text{ N}}{\pi * 0,0185 \text{ m} * 0,5 \text{ m}}$$

$$\tau = 38,183 \text{ KPa}$$

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

$$n = \frac{144,25 \text{ MPa}}{38,183 \text{ KPa}}$$

$$n = 3777,859$$

Comprobación a esfuerzo de aplastamiento de la tuerca para el tornillo de potencia

$$\tau = \frac{4 F p}{\pi d_e^2 - d_r^2} = \frac{S_{sy}}{n} \quad (25)$$

Donde:

F = Fuerza = 554,795 N

p = Paso = 0,003 m

d<sub>e</sub> = Diámetro exterior = 0,02 m

d<sub>r</sub> = Diámetro de raíz = 0,017 m

S<sub>sy</sub> = Resistencia al corte de la tuerca = 0,577 S<sub>y</sub> [MPa]

n = Coeficiente de seguridad de trabajo de la tuerca

$$\tau = \frac{4 F p}{\pi (d_e^2 - d_r^2)}$$

$$\tau = \frac{4 * 554,795 \text{ N} * 0,003}{\pi (0,02^2 - 0,017^2) \text{ m}^2}$$

$$\tau = 19,091 \text{ KPa}$$

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

$$n = \frac{144,25 \text{ MPa}}{19,091 \text{ kPa}}$$

$$n = 7555,91$$

La tuerca soporta las fuerzas de aplastamiento y trabaja correctamente al aplicarlas ya que son pequeñas y la resistencia es sobredimensionada.

Comprobación a esfuerzo de flexión de la tuerca para el tornillo de potencia

$$\sigma_f = \frac{6 F}{\pi d_m H} = \frac{S_{sy}}{n}$$

$$\sigma_f = \frac{6 * 554,795 \text{ N}}{\pi * 0,0185 \text{ m} * 0,5 \text{ m}}$$

$$\sigma_f = 114,549 \text{ kPa}$$

$$n = \frac{S_{sy}}{\sigma_f}$$

$$n = \frac{144,25 \text{ MPa}}{114,549 \text{ kPa}}$$

$$n = 1259,286$$

La tuerca resiste a las fuerzas de fluencia sin mayor esfuerzo por lo que nos garantiza que la tuerca va a resistir a todos los esfuerzos expuestos en el diseño.

- *Diseño de los engranajes cónicos que dan el movimiento al equipo.* Para este diseño necesitamos todos los parámetros del par de engranajes cónicos los mismos que realizaran la transmisión para que el tornillo de potencia eleve la carga del maniquí.

Calculo de la relación de transmisión de los engranes

Se asume el número de dientes de la corona es de  $Z_c = 36$  y del piñón es de  $Z_p = 18$  con estos parámetros podemos encontrar la relación de transmisión de los engranes con la ecuación del libro de Shigley (BUDYNAS, y otros, 2010).

$$i = \frac{Z_c}{Z_p} = \frac{36}{18} = 2 \quad (26)$$

Calculo de potencia de los engranajes.

$$P = T \omega \quad (27)$$

Donde:

P = Potencia [W]

T = Torque 1,983 N.m

w = Velocidad angular = 3 rev/s

$$P = T \omega$$

$$P = 1,983 \text{ N.m} * 3 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

$$P = 5,949 \text{ W}$$

Con los valores encontrados de potencia, relación de transmisión, número de dientes de la corona y del piñón se determina las características del par de engranajes que dan el movimiento para levantar el maniquí hasta la altura de 1,5 m desde la base del vidrio de prueba que esta sobre el porta muestras. Para realizar la construcción de los mismos se utiliza acero de transmisión realizando las operaciones de fresado y torneado del acero hasta dar la forma adecuada y según los datos obtenidos para que tenga un mejor rendimiento nuestro equipo.

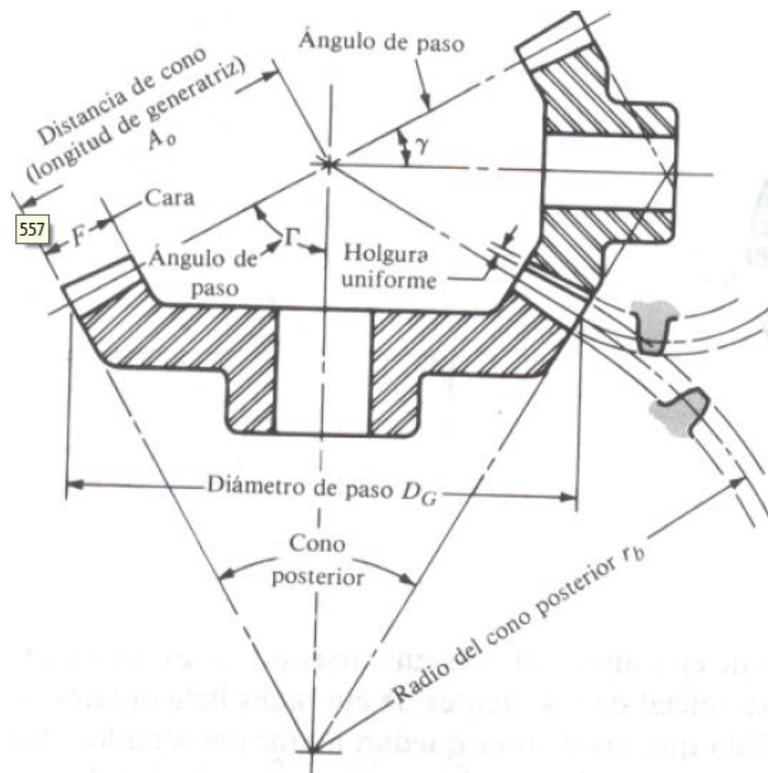
Tabla 6. Características de los engranes

Corona		Piñón		Designación
Z <sub>c</sub>	36 dientes	Z <sub>p</sub>	18 dientes	# de dientes
D	7 cm	d	3,5 cm	Diámetro primitivo
Υ	26,56°	Υ	26,56°	Ángulo de paso
Γ	63,43°	Γ	63,43°	Ángulo de paso
A <sub>o</sub>	3,92 cm	A <sub>o</sub>	3,92 cm	Distancia de cono
F <sub>nom</sub>	1,18 cm	F <sub>nom</sub>	1,18 cm	Cara del dente
A <sub>m</sub>	3,13 cm	A <sub>m</sub>	3,13 cm	Distancia principal del cono
P <sub>m</sub>	0,48 cm	P <sub>m</sub>	0,48 cm	Paso circular primitivo
h	0,31 cm	h	0,31 cm	Altura
C	0,04 cm	C	0,04 cm	Clearance
h <sub>m</sub>	0,35 cm	h <sub>m</sub>	0,35 cm	Profundidad agujero principal
C <sub>1</sub>	0,22 cm	C <sub>1</sub>	0,22 cm	Factor de addendum

$a_G$	0,07 cm	$a_p$	0,24 cm	Adendo
$b_G$	0,28 cm	$b_p$	0,11cm	Dedendo
$\delta_G$	5,14°	$\delta_p$	1,98°	Ángulo de dedendo
$a_{oG}$	0,068 cm	$a_{op}$	0,24 cm	Adendo exterior
$D_o$	7,06 cm	$d_o$	18,43 cm	Diámetros exteriores
$e$	3 cm	$e$	3 cm	Espesor
<b>Ancho del engrane <math>F=b</math></b>				
1,30	<	1,56	<	1,94 (cm)
<b>Potencia y fuerzas</b>			<b>Designación</b>	
T	1,983	N.m	Torque	
$r_{mp}$	0,012	m	Radio primitivo	
$W_t$	165,25	N	Fuerza tangencial	
$W_r$	16,706	N	Fuerza radial	
$W_a$	33,413	N	Fuerza axial	

Fuente: autores

Figura 24. Engranajes cónicos



Fuente: Autores

### Comprobación a flexión de los engranajes cónicos.

Se calcula el esfuerzo que soporta el piñón debido a las fuerzas de flexión y comparamos con el esfuerzo admitido para encontrar el factor de seguridad con el que nuestro piñón

va a trabajar subiendo y bajando el mecanismo de sujeción del maniquí para esto encontramos todos los factores necesarios (BUDYNAS, y otros, 2012).

$$\sigma_f = \frac{2 T_p P_d K_a K_m K_s K_b}{D_p F J K_v} \quad (28)$$

Donde:

$\sigma_f$  = Esfuerzo de trabajo por flexión en los dientes [MPa]

$T_p$  = Torque del piñón = 1,983 N.m

$P_d$  = Diametral Pich = 5,14

$D_p$  = Diámetro del piñón = 0,035 m

$K_a$  = Factor de aplicación = 1,25

$K_m$  = Factor de forma y determinación de carga = 1,44

$K_s$  = Factor de tamaño = 1

$K_v$  = Factor dinámico = 0,725

$K_b$  = Factor de espesor del rim = 1

$J$  = Factor geométrico = 0,23

$F$  = Ancho del engrane = 0,018 m

$$\sigma_f = \frac{2 T_p P_d K_a K_m K_s K_b}{D_p F J K_v}$$

$$\sigma_f = \frac{2 * 1,983 \text{ N.m} * 5,14 \text{ m} * 1,25 * 1,44 * 1}{0,035 \text{ m} * 0,018 * 0,23 \text{ m}^3 * 0,725}$$

$$\sigma_f = 0,349 \text{ MPa}$$

Esfuerzo admisible es el esfuerzo máximo que puede soportar un engrane a flexión.

$$(\sigma_f)_{adm} = \frac{K_L * S_t}{K_T K_R} \quad (29)$$

Dónde:

$(\sigma_f)_{adm}$  = Esfuerzo de flexión admisible [MPa]

$K_L$  = Factor de duración o vida = 1

$K_T$  = Factor de temperatura = 1

$K_R$  = Factor de confiabilidad = 1

$S_t$  = Número de esfuerzo admisible de la AGMA (resistencia última) = 400 MPa

$$(\sigma_f)_{adm} = \frac{K_L * S_t}{K_T K_R}$$
$$(\sigma_f)_{adm} = \frac{1 * 400 \text{ MPa}}{1 * 1} = 400 \text{ MPa}$$

Coefficiente de seguridad del piñón

$$n = \frac{(\sigma_f)_{adm}}{\sigma_f}$$
$$n = \frac{400 \text{ MPa}}{0,349 \text{ MPa}}$$
$$n = 1146,13$$

El coeficiente de seguridad del piñón nos garantiza que nuestro equipo funciona correctamente y tiene una sobre dimensión debido a que la fuerza que va a levantar es muy pequeña.

*Comprobación a contacto de los engranajes cónicos.*

Encontramos el esfuerzo que soporta el piñón debido a las fuerzas de contacto y comparamos con el esfuerzo de contacto admitido para encontrar el factor de seguridad con el que nuestro piñón va a trabajar subiendo y bajando el mecanismo de sujeción del maniquí para esto encontramos todos los factores necesarios. (BUDYNAS, y otros, 2012)

$$\sigma_c = C_p \left( \frac{W_t}{D_p F J} \frac{C_a C_m C_s C_f}{C_v} \right) \quad (30)$$

Dónde:

$\sigma_c$  = Esfuerzo por contacto superficial [MPa]

$C_p$  = Coeficiente elástico = 232

$W_t$  = Fuerza tangencial = 165,25 N

$D_p$  = Diámetro del piñón = 0,035 m

$C_a$  = Factor de aplicación = 1

$C_m$  = Factor de forma y determinación de carga = 1,44

$C_s$  = Factor de tamaño = 1

$C_v$  = Factor dinámico = 1

$C_f$  = Factor de espesor del rim = 1

J = Factor geométrico = 0,23

F = Ancho del engrane = 0,018 m

$$\sigma_c = C_p \left( \frac{W_t}{D_p F J} \frac{C_a C_m C_s C_f}{C_v} \right)$$
$$\sigma_c = 232 \left( \frac{165,25 \text{ N}}{0,035 \text{ m} * 0,018 \text{ m} * 0,23} * \frac{1 * 1,44 * 1 * 1}{1} \right)$$
$$\sigma_c = 380 \text{ MPa}$$

Esfuerzo permisible es el esfuerzo máximo que puede soportar un engrane debido al contacto entre ellos.

$$(\sigma_c)_{adm} = \frac{C_L C_H}{C_T C_R} * S_C \quad (31)$$

Dónde:

$(\sigma_c)_{adm}$  = Esfuerzo admisible a la durabilidad artificial = [MPa]

$C_L$  = Factor de duración o vida = 1,3

$C_H$  = Factor de relación de dureza = 1

$C_T$  = Factor de temperatura = 1

$C_R$  = Factor de confiabilidad = 1

$S_C$  = Numero de esfuerzo admisible a la durabilidad. = 400 Mpa

$$(\sigma_c)_{adm} = \frac{C_L C_H}{C_T C_R} * S_C$$
$$(\sigma_c)_{adm} = \frac{1,3 * 1}{1 * 1} * 400 \text{ MPa} = 520 \text{ MPa}$$

Una vez encontrado los esfuerzos de contacto tanto de trabajo como el admisible se procede a calcular el coeficiente de seguridad del piñón y la rueda cuando actúan las fuerzas cortantes en el movimiento.

$$n = \frac{(\sigma_c)_{adm}}{\sigma_c}$$

$$n = \frac{520 \text{ MPa}}{380 \text{ MPa}}$$

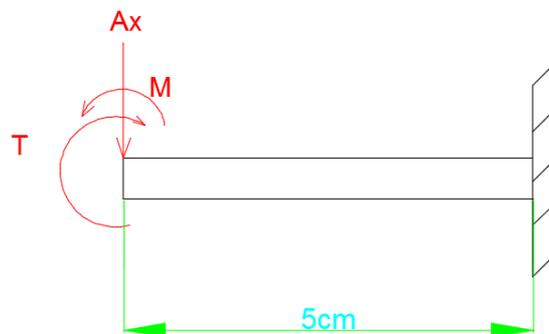
$$n = 1,36$$

El coeficiente de seguridad del piñón nos garantiza que nuestro equipo funciona correctamente.

- *Diseño del eje que mueve los engranes.*

Es el que transmite el movimiento desde la manivela hacia el engrane mayor o corona que hará subir y bajar el mecanismo telescópico. Con las fuerzas encontradas en los engranes realizamos el análisis estático y con la teoría de la distorsión para materiales dúctiles encontramos el diámetro necesario que va a soportar a los engranes, de acuerdo a la distancia necesaria asumimos una longitud del eje de 5 cm.

Figura 25. Diagrama de fuerzas del eje.



Fuente: Autores

La fuerza  $W_t$  es la que produce el torque, la  $W_a$  produce el momento y la  $W_r$  es la fuerza radial por lo que calculamos las reacciones para los esfuerzos y encontrar la fuerza necesaria para mover la torre telescópica.

$$W_t = 165,25 \text{ N}$$

$$W_a = 33,413 \text{ N}$$

$$W_r = 16,706 \text{ N}$$

El radio medio del engrane es de 0,07 m por lo que tenemos

$$T = Wt * r$$

$$T = 165,25 \text{ N} * 0,035 \text{ m}$$

$$T = 5,784 \text{ N.m}$$

$$M = Wa * r$$

$$M = 33,413 \text{ N} * 0,035 \text{ m}$$

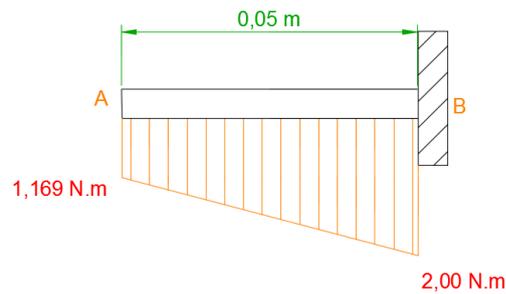
$$M = 1,169 \text{ N.m}$$

$$Ax = Wr$$

$$Ax = 16,706 \text{ N}$$

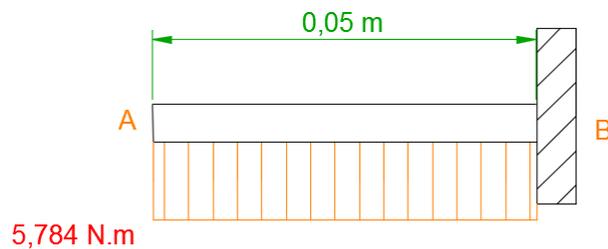
Después de un análisis de fuerzas tenemos que las reacciones están en el punto B donde se encuentran los mayores esfuerzos, con los diagramas de momentos y cortante realizamos el cálculo del diámetro del eje.

Figura 26. Diagrama de fuerzas del eje.



Fuente: Autores

Figura 27. Diagrama de torque del eje.



Fuente: Autores

$$\sigma_{flexión} = \frac{M * c}{I} = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32 * 2}{\pi d^3} = \frac{20,371}{d^3}$$

$$\tau_{Torsión} = \frac{T * c}{J} = \frac{16 T}{\pi d^3} = \frac{16 * 5,784}{\pi d^3} = \frac{29,458}{d^3}$$

$$\sqrt{\sigma_y^2 + 3\tau_{yx}^2} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sqrt{\left(\frac{20,371}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{29,458}{d^3}\right)^2} = \frac{S_y}{n}$$

$$\frac{54,939}{d^3} = \frac{S_y}{n}$$

$$d = 7,6 \times 10^{-3} \text{ m} \approx 8 \text{ mm}$$

De acuerdo al análisis estático encontramos un diámetro de 7,6 mm pero la construcción realizamos con el diámetro de 8 mm aumentando la resistencia de nuestro eje.

Con las fuerzas del eje hallamos los valores de las fuerzas ejercidas en la manivela para levantar el maniquí en el mecanismo telescópico. La manivela tiene una distancia de 0,1 m donde se calcula las fuerzas que se ejerce manualmente para levantar el maniquí en nuestro equipo.

$$T = 5,784 \text{ N.m}$$

$$M = 1,169 \text{ N.m}$$

$$Ax = 16,706 \text{ N}$$

$$Ay = \frac{M}{L} = \frac{1,169 \text{ N.m}}{0,1 \text{ m}} = 11,69 \text{ N}$$

$$Az = \frac{T}{L} = \frac{5,784 \text{ N.m}}{0,1 \text{ m}} = 57,84 \text{ N}$$

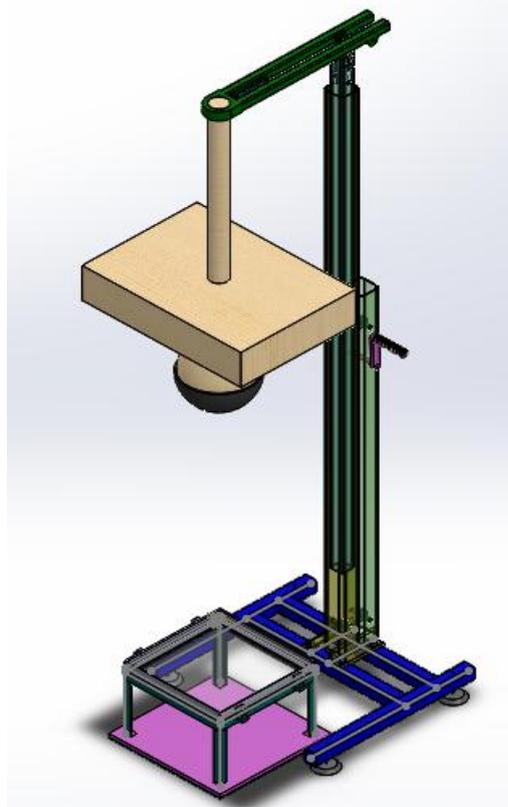
$$Fr = \sqrt{Ax^2 + Ay^2 + Az^2}$$

$$Fr = \sqrt{16,706^2 + 11,69^2 + 57,84^2}$$

$$Fr = 61,329 \text{ N}$$

La fuerza que se debe ejercer en la manivela es de 61,329 N (6,251kgf) para levantar el maniquí hasta la posición deseada para luego dejar caer en caída libre sobre la probeta. Esta fuerza se ejecutara manualmente.

Figura 28. Equipo para ensayo de resistencia al impacto.



Fuente: Autores

**3.1.5.7** *Cálculo del recipiente para el ensayo de temperatura.* Este recipiente debe soportar el agua a ebullición, durante dos horas.

- *Parámetros de diseño*

La norma NTE INEN 1726 Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a alta temperatura debe constar de los siguientes instrumentos.

*Termómetro.* Nos indica la temperatura a la que se sumerge el vidrio.

*Recipiente.* Con un volumen adecuado para que el agua cubra completamente las probetas de prueba.

*Porta muestras.* Donde se colocan las muestras verticalmente para el ensayo.

*Fuente de calor.* Calentará el agua y mantendrá constante su temperatura.

*Agitador.* Mantendrá el agua a la misma temperatura en todas partes del recipiente.

El ensayo consiste en sumergir las probetas dentro del recipiente a 60 °C durante tres minutos para probar la resistencia del vidrio al choque térmico, luego inmediatamente llevar el agua a ebullición durante dos horas y comprobar los resultados antes y después del ensayo.

- *Cálculo del volumen del recipiente.* Las dimensiones del recipiente se establecen en base a: El tamaño de las probetas (100 x 100 mm) según la NORMA NTE INEN 1726, el espacio necesario para el porta muestras, el termómetro y el agitador. (BEER, y otros, 2007)

$$V = b \times h \times l \quad (32)$$

Donde:

b = Base = 0,2 m

h = Altura = 0,2 m

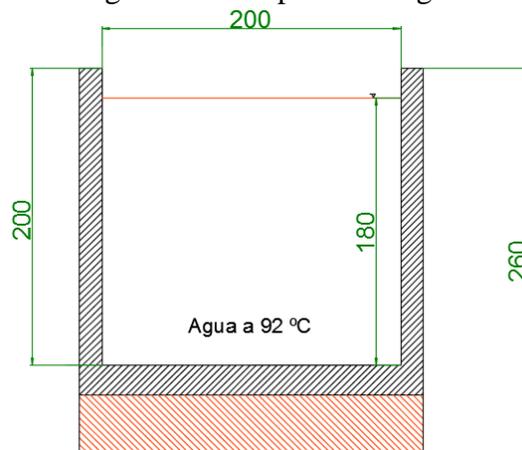
l = Ancho = 0,2 m

$$V = b \times h \times l$$

$$V = 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{agua}} = 0,18 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 7,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Figura 29. Recipiente de agua.



Fuente: Autores

Calculado el volumen del recipiente y el volumen del agua seguimos con el cálculo de la temperatura a la que hierve el agua la ciudad de Riobamba debido a la presión, para esto

utilizamos las ecuaciones de la termodinámica (CENGEL, y otros, 1996). Y lo que se necesita es la presión del lugar, presión a altitud cero, calor de ebullición del agua, y la constante de los gases ideales.

$$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \left(\frac{C_g}{R}\right) \left(\frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1}\right) \quad (33)$$

Donde:

$P_1$  = Presión en Riobamba = 540 mmHg

$P_2$  = Presión a nivel del mar = 760 mmHg

$C_g$  = Calor de ebullición del agua = 10629,6 J/mol

$R$  = Constante de los gases ideales = 8,314 J/(mol.°K)

$T_1$  = Temperatura [K]

$T_2$  = Temperatura de ebullición del agua a presión atmosférica = 373 °K

$$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \left(\frac{C_v}{R}\right) \left(\frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1}\right)$$

$$\ln\left(\frac{760}{540}\right) = \left(\frac{40629,6 \frac{J}{mol}}{8,314 \frac{J}{mol \cdot ^\circ K}}\right) \left(\frac{373 - T_1}{373 T_1}\right)$$

$$\frac{0,342 * 8,314 * 373 T_1}{40629,6} = 373 \text{ } ^\circ K - T_1$$

$$0,026 T_1 + T_1 = 373 \text{ } ^\circ K$$

$$1,026 T_1 = 373 \text{ } ^\circ K$$

$$T_1 = 363,548 \text{ } ^\circ K = 90,548 \text{ } ^\circ C$$

El agua en la ciudad de Riobamba llega al estado de ebullición a 90,55 °C por lo que nuestro recipiente debe resistir temperaturas mayores a ésta durante dos horas, tiempo que se demora en terminar el ensayo.

- *Calculo de la cantidad de energía que se utiliza para llevar el agua al estado de ebullición.* Teniendo en cuenta que el volumen del agua es de 7200 cm<sup>3</sup> encontramos la masa con la densidad igual a 1000 kg/m<sup>3</sup>

$$m = \rho * V$$

$$m = 1000 \frac{kg}{m^3} * 7,2 \times 10^{-3} m^3$$

$$m = 7,2 kg$$

$$Q = m * C_e * (T_2 - T_1) \quad (34)$$

Donde:

Q = Energía necesaria para calentar el agua [J]

m = Masa = 7,2 kg

C<sub>e</sub> = Calor específico del agua = 4180 J/(kg.°C)

T<sub>1</sub> = Temperatura = 16 °C

T<sub>2</sub> = Temperatura = 92 °C

$$Q = m * C_e * (T_2 - T_1)$$

$$Q = 7,2 kg * 4180 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ C} * (92 - 16)^\circ C$$

$$Q = 2,287 MJ$$

Con la energía suficiente para elevar la temperatura del agua hasta la ebullición y el tiempo que es de aproximadamente una hora calculamos la potencia necesaria que necesitamos.

$$P = \frac{Q}{t} \quad (35)$$

$$P = \frac{2,287 MJ}{3600 s}$$

$$P = 635,36 W$$

Luego calculamos el calor necesario para mantener el agua a ebullición durante dos horas tiempo en el que dura el ensayo.

$$Q = m * C_e * (T_2 - T_1)$$

$$Q = 7,2 kg * 4180 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ C} * (2)^\circ C$$

$$Q = 60,192 \text{ kJ}$$

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = \frac{60,192 \text{ kJ}}{7200 \text{ s}}$$

$$P = 8,36 \text{ W}$$

Potencia total utilizada en el ensayo es igual a la suma de las dos potencias.

$$P_T = P_1 + P_2$$

$$P_T = 635,36 \text{ W} + 8,36 \text{ W}$$

$$P_T = 643,72 \text{ W}$$

Con la potencia encontrada, el área de la base, la conductividad térmica del acero, las temperaturas a las que se encuentran los dos lados de la placa y la ecuación de la transferencia de calor para placas, encontramos el espesor adecuado de nuestra base del recipiente el mismo que será en todos los lados.

$$e = \frac{kA}{q} (T_1 - T_2) \quad (36)$$

Donde:

e = Espesor [m]

k = conductividad térmica = 0,6824 W/m .°C

A = Área = 0,04 m<sup>2</sup>

q = Calor aplicado = 643,72 W

T = Temperatura = T<sub>1</sub> = 125; T<sub>2</sub> = 92 °C

$$e = \frac{kA}{q} (T_1 - T_2)$$

$$e = \frac{0,6824 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} * 0,04 \text{ m}^2}{643,72 \text{ W}} (125 - 92)^\circ\text{C}$$

$$e = 1,399 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$e = 1,4 \text{ mm}$$

Para la construcción tomamos un espesor estándar igual a 1,5 mm según catalogo Dipac.

Calculo del agua evaporada en las dos horas que está en ebullición y el recipiente no está completamente cerrado, para esto utilizamos la potencia calculada en las dos horas de trabajo del equipo. (CABE , y otros, 1991)

$$m_e = \frac{P * \Delta_t}{L_v} \quad (37)$$

Donde:

$m_e$  = Masa evaporada [Kg]

P = Potencia = 8,36 W

$L_v$  = Calor de evaporización del agua =  $2260 \times 10^3$  J/kg

$\Delta_t$  = tiempo de duración del ensayo 7200 s

$$m_e = \frac{P * \Delta_t}{L_v}$$
$$m_e = \frac{8,36 \frac{J}{s} * 7200 s}{2260 \times 10^3 \frac{J}{kg}}$$
$$m_e = 0,026 kg$$

La masa perdida en el transcurso del ensayo es de 0,026 kg, esto representa una pequeña parte del volumen total de agua que se pierde por la ebullición al alcanzar un estado de vapor o neblina por la temperatura a la que se encuentra. Esta cantidad de agua representa dos centímetros menos de la altura que se encuentra al inicio del ensayo.

- *Cálculo del número de Reynolds.* (CABE , y otros, 1991), para el agitador que mueve el agua para mantener a una temperatura constante en todos los puntos durante el trabajo realizado.

$$Re = \frac{N d^2 \rho}{\mu} \quad (37)$$

Donde:

Re = Número de Reynolds [adimensional]

N = Velocidad del agitador = 2 rev/s

d = Diámetro de las paletas = 0,05 m

$\rho$  = Densidad del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$\mu$  = Viscosidad dinámica = 3x10<sup>-4</sup> kg/(m.s)

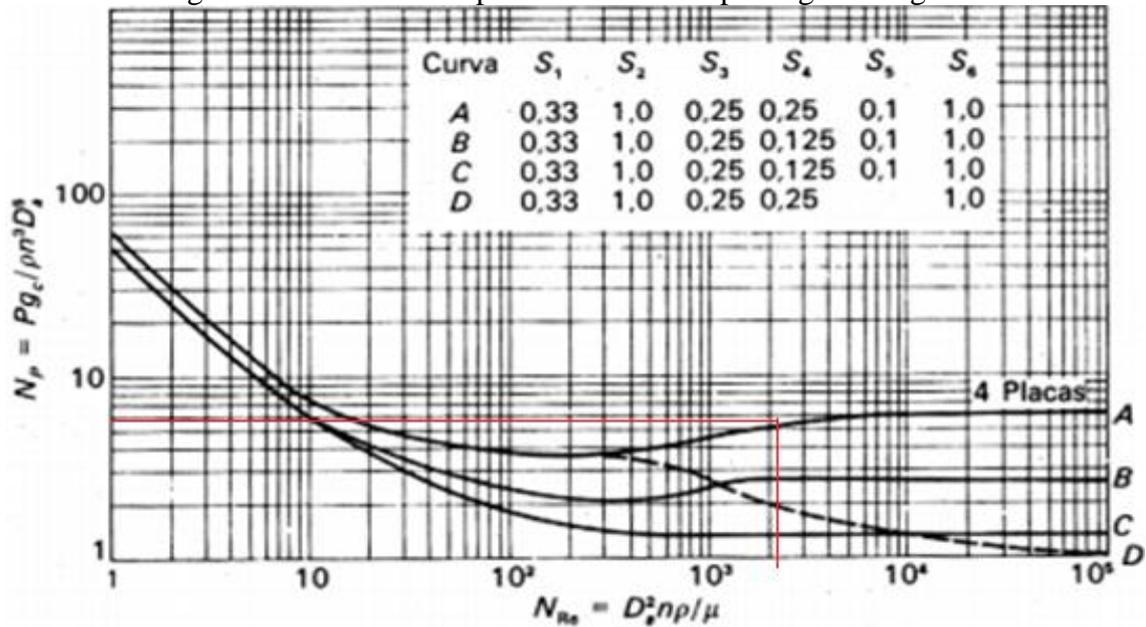
$$Re = \frac{Nd^2\rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{2 \frac{rev}{s} * (0,05 m)^2 * 1000 \frac{kg}{m^3}}{3x10^{-4} \frac{kg}{m s}}$$

$$Re = 16077,170$$

Con este número de Reynolds el flujo es turbulento para el cual tenemos que la potencia es igual a: (CABE , y otros, 1991)

Figura 30. Constante de potencia necesaria para agitar el agua 1.



Fuente: Smith J.C. (1991) Operaciones Básicas de Ingeniería Química.

$$P = K_T N^3 d^5 \rho \tag{38}$$

Donde:

P = Potencia [W]

$K_T$  = Constante de potencia necesaria para agitar el agua = 5 según la gráfica 29

$N$  = Velocidad del agitador = 2 rev/s

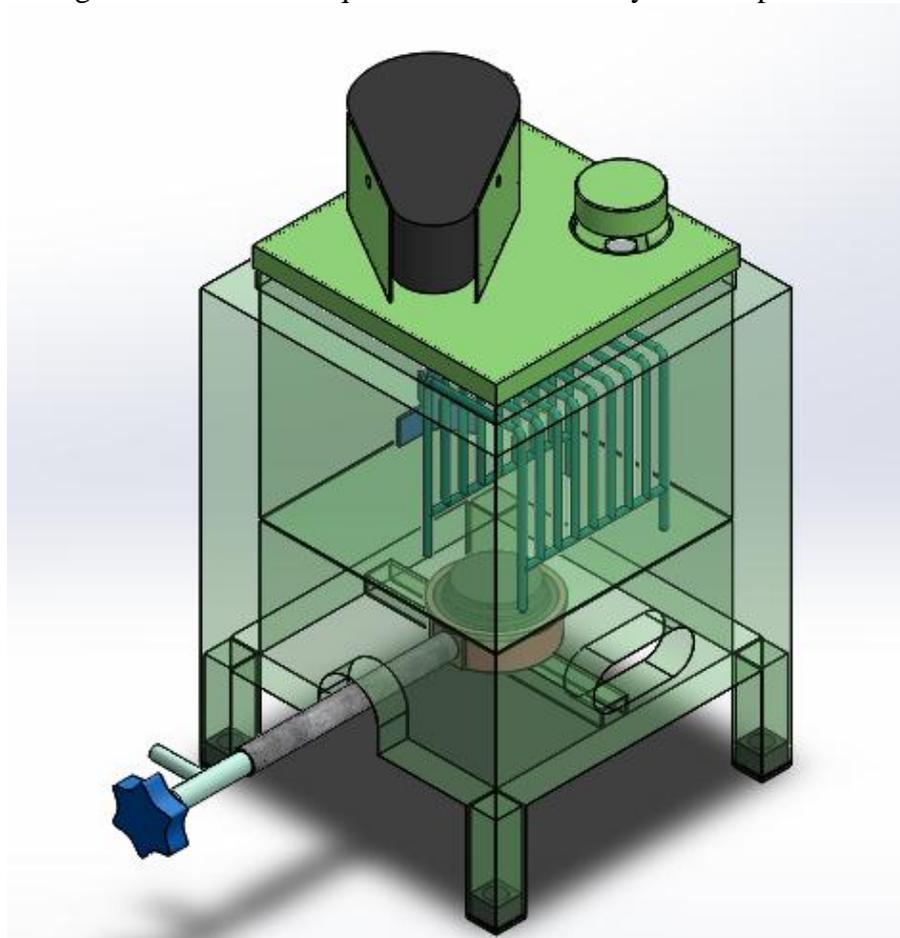
$d$  = Diámetro de las paletas = 0,05 m

$\rho$  = Densidad del agua = 1000 kg/ m<sup>3</sup>

$$P = K_T N^3 d^5 \rho$$
$$P = 5 * \left(2 \frac{rev}{s}\right)^3 * (0,05 m)^5 * \left(1000 \frac{kg}{m^3}\right)$$
$$P = 0,0125 W$$

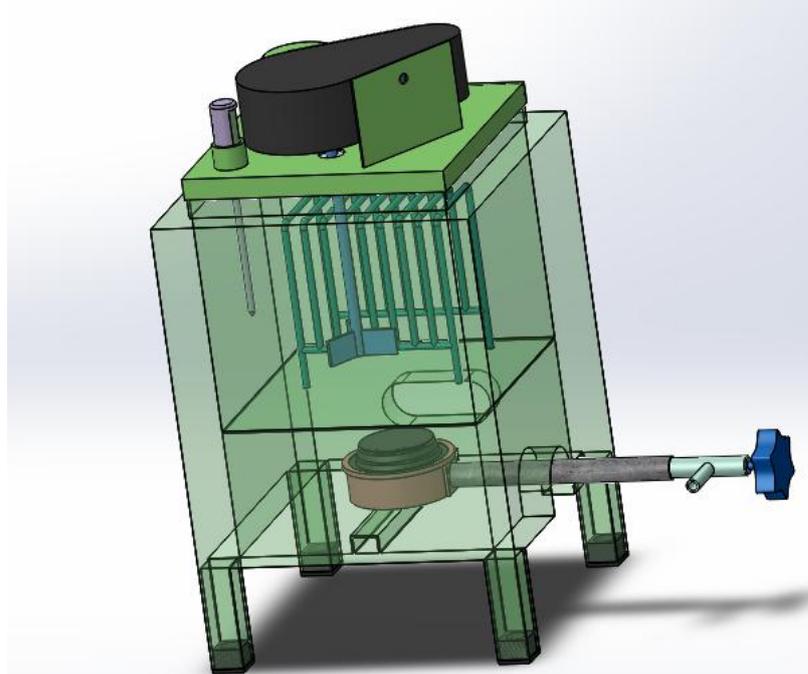
La potencia del motor es de 0,0125 watts, que representa una potencia muy baja para mover el agua del recipiente para mantener a una temperatura constante durante las dos horas. Para seleccionar el motor se toma en cuenta esta potencia y en nuestro equipo pusimos un motor reductor de 0,25 hp que está sobredimensionado ya que en el mercado es difícil de encontrar un motor de menor capacidad.

Figura 31. Elementos que actuaran en el ensayo de temperatura.



Fuente: Autores

Figura 32. Elementos completos del equipo girado para observar el alabe del agitador.



Fuente: Autores

**3.1.5.8** *Calculo del recipiente para el ensayo de humedad.* Según la norma NTE INEN 1731. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a la humedad debe constar de:

*Termómetro.* Nos indica la temperatura a la que se sumerge el vidrio de seguridad laminado.

*Recipiente.* Con un volumen adecuado para que el agua cubra completamente las probetas de prueba.

*Porta muestras.* Donde se colocan las muestras para el ensayo.

*Fuente de calor.* Calentará el agua y mantendrá constante su temperatura.

*Agitador.* Mantendrá el agua a la misma temperatura en todas partes del recipiente.

Las probetas a ensayarse deben tener una dimensión de 300 x 300 mm las mismas que se sumergirán en agua, para mantener las condiciones de las probetas al interior del recipiente es necesario elevar la temperatura del agua de 49 °C hasta 54 °C durante 2 semanas.

- *Cálculo del volumen del recipiente.* El volumen del recipiente debe ser tal que las muestras estén cubiertas completamente por agua y se mantenga una temperatura constante durante las dos semanas del ensayo. El espesor de la placa del recipiente asumimos de 1,5 mm que es el mismo espesor del recipiente del ensayo de alta temperatura.

Figura 33. Recipiente de agua



Fuente: Autores

El tamaño de las probetas es: la base y altura tiene una dimensión de 300 mm según la NORMA NTE INEN 1731. Además se toma en cuenta el espacio de las resistencias y el agitador, por lo que se asumirá las siguientes medidas del recipiente.

$$V = b \times h \times l$$

$$b = 0,4 \text{ m}$$

$$h = 0,45 \text{ m}$$

$$l = 0,28 \text{ m}$$

$$V = 0,4 \times 0,45 \times 0,28 = 0,0504 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{agua}} = 0,40 \times 0,42 \times 0,28 = 0,04704 \text{ m}^3$$

- *Cálculo de la cantidad de energía en el recipiente de humedad.* Teniendo en cuenta que el volumen del agua es de  $0,047014 \text{ m}^3$  encontramos la masa con la densidad. (CENGEL, y otros, 1996), y con esto se encuentra la cantidad de energía para llevar de  $16 \text{ °C}$  a  $54 \text{ °C}$ .

$$m = \rho * V$$

$$m = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,04704 \text{ m}^3$$

$$m = 47,04 \text{ kg}$$

$$Q = m * Ce * (T_2 - T_1)$$

$$Q = 47,04 \text{ kg} * 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}} * (54 - 16)^\circ\text{C}$$

$$Q = 7,472 \text{ MJ}$$

Con la energía suficiente para elevar la temperatura del agua hasta 54 °C y el tiempo que es aproximadamente dos horas calculamos la potencia que se necesita.

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = \frac{7,472 \text{ J}}{7200 \text{ s}}$$

$$P = 1,038 \text{ kW}$$

Luego calculamos el calor necesario para mantener el agua a 54 °C durante dos semanas, el tiempo que están prendidas las resistencias y el motor es de aproximadamente 300 segundos.

$$Q = m * Ce * (T_2 - T_1)$$

$$Q = 47,04 \text{ kg} * 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}} * (54 - 49)^\circ\text{C}$$

$$Q = 0,983 \text{ MJ}$$

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = \frac{983136 \text{ J}}{300 \text{ s}} = 3,277 \text{ kW}$$

La potencia encontrada representa las resistencias prendidas durante 5 minutos pero luego se apagan 10 minutos durante las dos semanas entonces tenemos que:

$$P = 3,277 * 4 * 24 * 14 \text{ W}$$

$$P = 4,404 \text{ MW}$$

$$P_T = P_1 + P_2$$

$$P_T = 1,038 \text{ kW} + 4,404 \text{ MW}$$

$$P_T = 4,405 \text{ MW}$$

Realizando la sumatoria de las potencias encontradas tenemos una potencia total requerida para finalizar completamente el ensayo de 4,405 MW.

- *Calculo del número de Reynolds.* (CABE , y otros, 1991), este Reynolds representa al flujo que produce el agitador al girar en el agua para mantener todas las partes del recipiente a una temperatura constante.

$$N = 120 \text{ RPM} = 2 \text{ rev/s}$$

$$d = 0,1 \text{ m}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,000529 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$$

$$Re = \frac{Nd^2\rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{2 \frac{\text{rev}}{\text{s}} * (0,1 \text{ m})^2 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{0,000529 \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}}$$

$$Re = 37807,183$$

Con este número de Reynolds el flujo es turbulento para el cual tenemos que la potencia del agitador es igual a:

$$P = K_T N^3 d^5 \rho$$

$$K_T = 6 \quad \text{Según diagrama del gráfico 33.}$$

$$N = 120 \text{ RPM} = 2 \text{ rev/s}$$

$$d = 0,05 \text{ m}$$

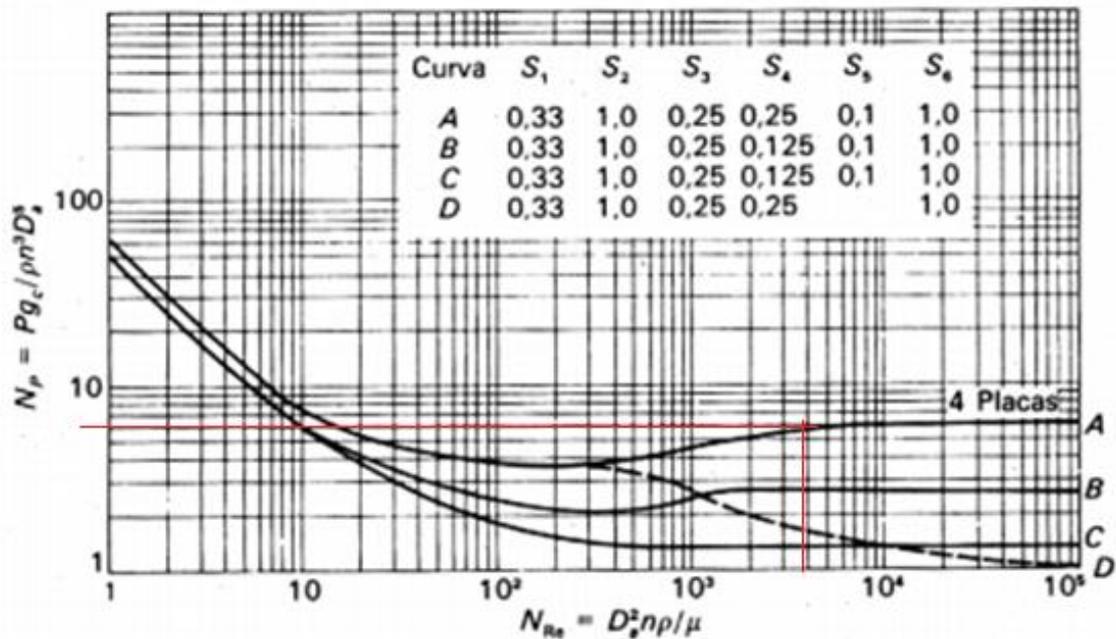
$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$P = K_T N^3 d^5 \rho$$

$$P = 6 * \left(2 \frac{\text{rev}}{\text{s}}\right)^3 * (0,1 \text{ m})^5 * \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$$

$$P = 0,12 \text{ watts}$$

Figura 34. Constante de potencia necesaria para agitar el agua.



Fuente: Smith J.C. (1991) Operaciones Básicas de Ingeniería Química.

La potencia del motor es de 0,12 watts lo que representa una potencia muy baja para mover el agua del recipiente y mantener a una temperatura constante durante las dos semanas por lo que se utiliza un motor de muy baja capacidad.

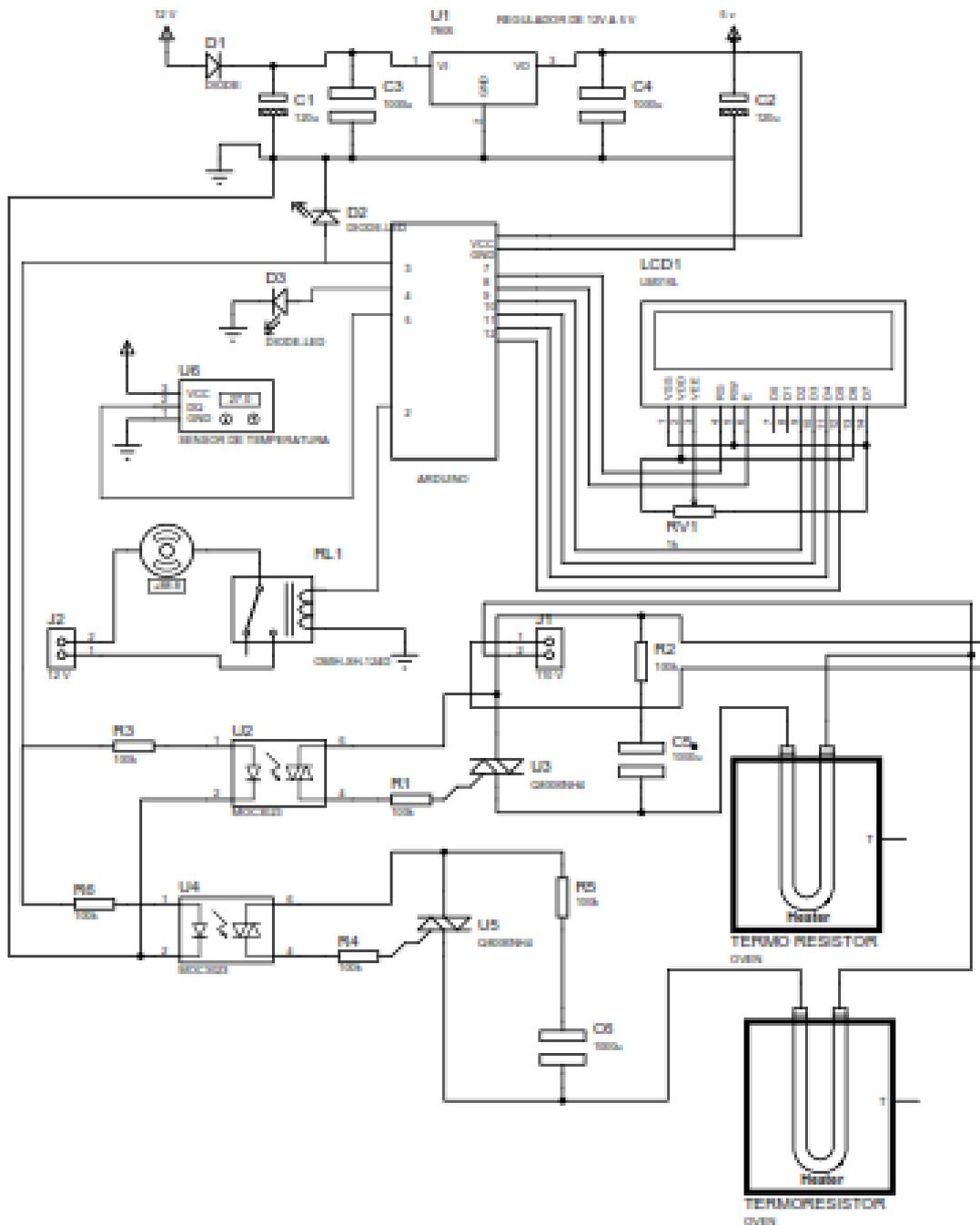
- *Sistema eléctrico y electrónico*

En el sistema de control necesitamos un ARDUINO que mediante una programación controla la temperatura del agua manteniendo en un nivel constante entre 49 a 54 ° C, con un sensor de temperatura para controlar el prendido y apagado de las resistencias eléctricas y el motor eléctrico. Y una programación en el mismo ARDUINO para realizar esta operación.

*Diseño del sistema de control.* El sistema de control se diseña según los componentes que se utilizan para que funcione correctamente el equipo en todos los sistemas, para esto se requiere un esquema el cual se muestra en la figura 34.

*Programación.* Para que el sistema funcione se necesita una programación la misma que se realizó en el programa ARDUINO y luego se cargó al sistema físico la cual mostramos en el Anexo D. Esta programación nos permite conocer a que temperatura estamos mediante la visualización en el LCD.

Figura 35. Sistema de control.



Fuente: autores

### 3.2 Manuales de operación

Antes de realizar los ensayos de debe seguir el siguiente procedimiento, Para el ensayo según la norma NTE INEN 1722. Vidrios de seguridad. Determinación de la fragmentación.

- Ubicar la mesa en un lugar plano
- Verificar que la mesa este limpia y libre de polvo
- Verificar que el martillo y la balanza estén funcionando en condiciones correctas

Para el ensayo según la norma NTE INEN 1724. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia al impacto simulado con la cabeza (Ensayo del maniquí). Se establece el siguiente procedimiento.

- Ubicar la torre telescópica para el ensayo en un lugar plano y nivelado.
- Poner el porta muestras en el lugar correspondiente de la torre telescópica.
- Colocar la muestra en el porta muestras y asegurar con los pernos de sujeción.
- Colocar el maniquí en la torre telescópica
- Subir el maniquí hasta la altura deseada y comprobar su dimensión.
- Halar el cable que libera el maniquí.

Para el ensayo según la norma NTE INEN 1726. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a alta temperatura. Tenemos el siguiente procedimiento.

- Ubicar el recipiente en un lugar plano y estable
- Verificar que tenga el nivel de agua correspondiente para el ensayo
- Verificar el correcto funcionamiento del termómetro y del motor.
- Verificar que la manguera y la válvula conectadas al tanque no tengan fuga de gas.

Y para el ensayo según la norma NTE INEN 1731. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a la humedad. Se toma el siguiente procedimiento.

- Mantener el recipiente en un lugar plano
- Verificar que el agua este hasta el nivel deseado
- Verificar que el sistema de control se prenda para el inicio del ensayo.

### **3.3 Guía de seguridad**

Para los ensayos de vidrios de seguridad según las cuatro normas deben tener en cuenta la seguridad del personal de ejecución, en caso de cualquier accidente que ocurra en el

laboratorio el personal este protegido y resguardado bajo las medidas de seguridad adecuadas y así evitar lesiones.

Tabla 7. Medidas preventivas y riesgos de seguridad.

<b>Medidas de prevención</b>	
	Usar guantes
	Usar casco
	Usar gafas de seguridad
	Usar calzado de seguridad
	Mantener orden y limpieza
<b>Riesgos</b>	
	Riesgo de caída de objetos
	Riesgo eléctrico
	Riesgo de incendio

Fuente: autores

### 3.4 Guía de mantenimiento

Para un correcto funcionamiento de los equipos y el incremento de la vida útil de los mismos es necesario realizar un mantenimiento preventivo semestral. Tomando en cuenta las posibles causas de falla que pueden darse por: nivelación, Limpieza, y Lubricación.

**3.4.1 Nivelación.** La nivelación es importante especialmente en la torre telescópica para que el maniquí caiga en el centro de la muestra y no haya fallos al momento de realizar el ensayo.

Tabla 8. Nivelación del equipo.

<b>Elemento</b>	<b>Función</b>	<b>Nivelación</b>
Base de la torre telescópica	Soporta los mástiles de la torre.	Verificar que la burbuja del ojo de buey este centrada.
Balanza	Pesar los fragmentos de los vidrios.	Verificar antes de pesar que el valor digital se encuentre en cero.

Fuente: autores

**3.4.2 Limpieza.** Se necesita hacer una limpieza de todos los equipos en general antes y después de los ensayos para que no existan lecturas o datos erróneos.

Tabla 9. Limpieza del equipo.

<b>Elemento</b>	<b>Función</b>	<b>Limpieza</b>
Mesa	Soporte de los vidrios templados para su rotura.	Realizar la limpieza de la superficie de la mesa.
Balanza	Pesar los fragmentos más grandes de los vidrios.	Verificar que ningún fragmento se encuentre en la balanza antes del pesaje.
Equipo de anta temperatura	Mantener el agua en ebullición por dos horas.	Limpieza las paredes del recipiente por dentro y fuera.
Equipo de humedad	Mantener el agua entre 49 y 54 ° C durante dos semanas.	Limpieza las paredes del recipiente por dentro y fuera.
Torre telescópica	Eleva el maniquí a la altura deseada para el ensayo.	Realizar la limpieza de toda la torre utilizando guaipe.
Soporta probetas.	Mantiene la muestra de vidrio laminada en posición horizontal debajo de la torre para el ensayo de maniquí.	Realizar un barrido general de los fragmentos del vidrio.

Fuente: autores

**3.4.3**      *Lubricación.* Se debe realizar en los mástiles, el tornillo de potencia, en los engranajes, que realizan el trabajo de subir y bajar la torre telescópica en el ensayo de impacto simulado de la cabeza.

Los tres ensayos que son el de fragmentación, temperatura y humedad no necesitan de lubricación porque no tiene ninguna parte móvil.

## CAPÍTULO IV

### 4. TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se presentan los diferentes esquemas y diagramas los cuales muestran cada uno de los procesos a seguir en la construcción y el montaje de los equipos según los requerimientos de la norma a la que corresponda cada ensayo. La construcción se realizará de tal manera que se ajuste a las necesidades de cada normativa y según el diseño establecido en el capítulo anterior.

#### 4.1 Construcción de los equipos y elementos para los ensayos

Para realizar el ensayo según la norma NTE INEN 1722 se necesita una mesa de soporte para la probeta de 300 x 300 mm, un martillo de 75 g aproximadamente con radio de curvatura de  $0,2 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$  o un punzón, balanza de 0,01 g de apreciación. El ensayo según la norma NTE INEN 1724, se necesita una torre telescópica de 3 m de elevación aproximadamente desde el piso, un maniquí y un porta muestras. Según la norma NTE INEN 1726, se necesita un recipiente que mantenga el agua en ebullición, un termómetro, un agitador, un motor, y un porta muestras. Y para la norma NTE INEN 1731 necesitamos un recipiente capaz de mantener el agua en un intervalo de temperatura de 49 hasta 54 °C, porta muestras, control eléctrico agitador, motor.

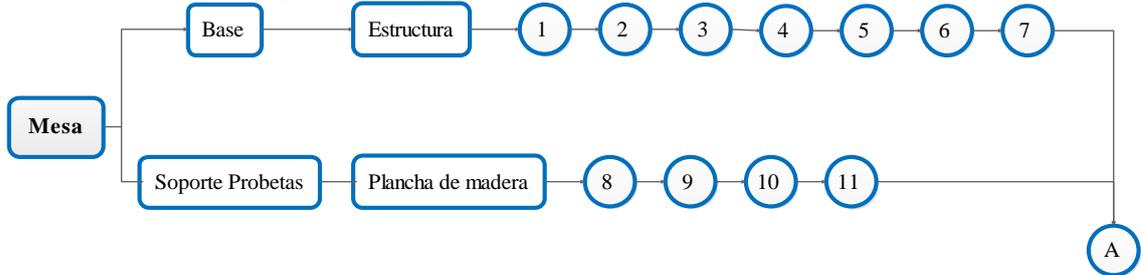
Para esto necesitamos que el taller cuente con herramientas básicas, máquinas y equipos necesarios para la construcción y el ensamble de los equipos de cada uno de los ensayos. También es necesario contar con el material que sea fácil de encontrar ya que se realizará la construcción con materiales que se encuentren en el mercado local para no alterar los cronogramas.

En la construcción de los equipos se utiliza juntas soldadas en las estructuras de tubo estructural cuadrado con diferentes dimensiones y especificaciones según los requerimientos de los equipos, una tabla de aglomerado, una plancha de tol de acero inoxidable, varillas de acero inoxidable, aislante poliuretano, control electrónico, los cuales se construirán de acuerdo a los planos de taller y de acuerdo a los cálculos realizados en el capítulo anterior.

El proceso de construcción se realiza de tal manera que no necesite de mano de obra y maquinaria especializada de modo que no incremente el costo de construcción de los equipos. La construcción implica los procesos de corte, soldado, rectificado, pulido, etc.

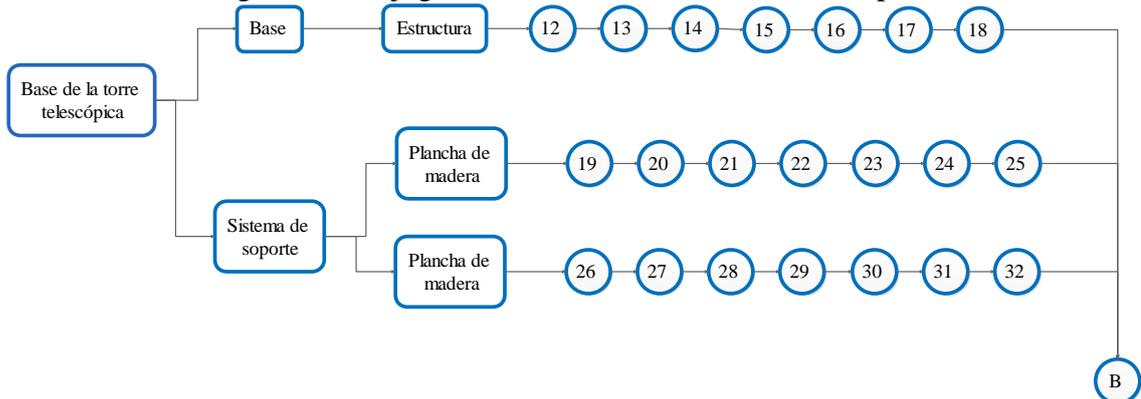
#### 4.1.1 *Flujograma sinóptico de construcción.*

Figura 36. Flujograma de construcción de la mesa.



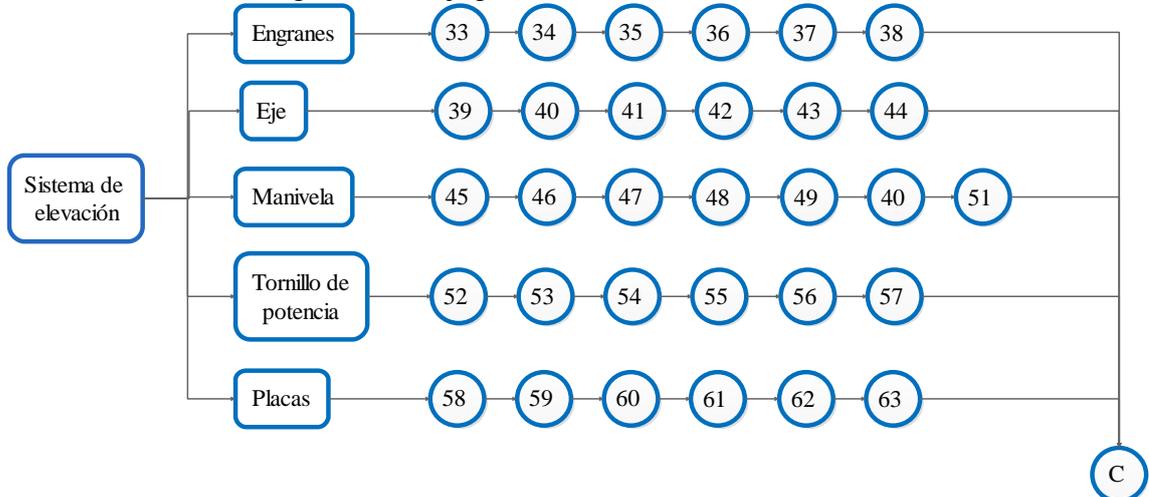
Fuente: Autores

Figura 37. Flujograma de la base de la torre telescópica.



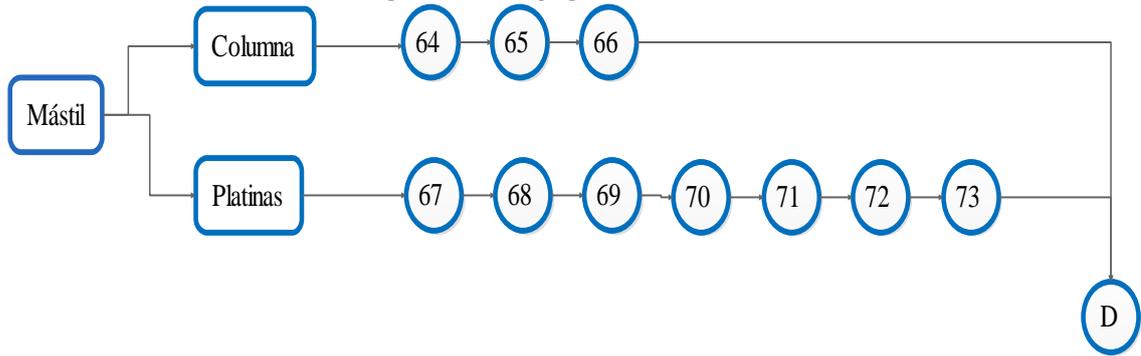
Fuente: Autores

Figura 38. Flujograma del sistema de elevación.



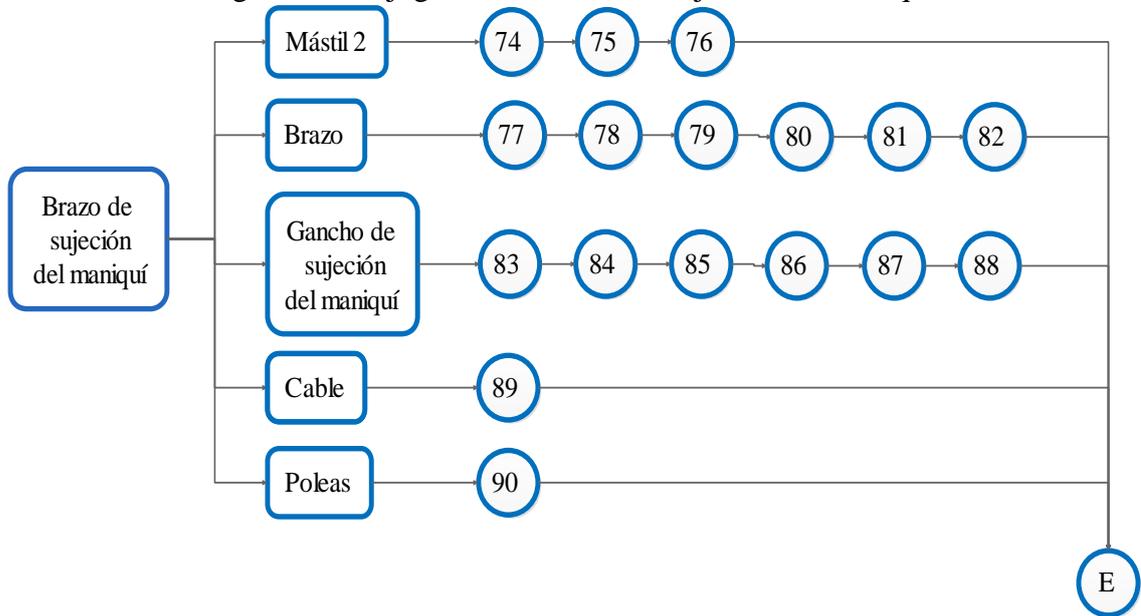
Fuente: Autores

Figura 39. Flujograma del Mástil.



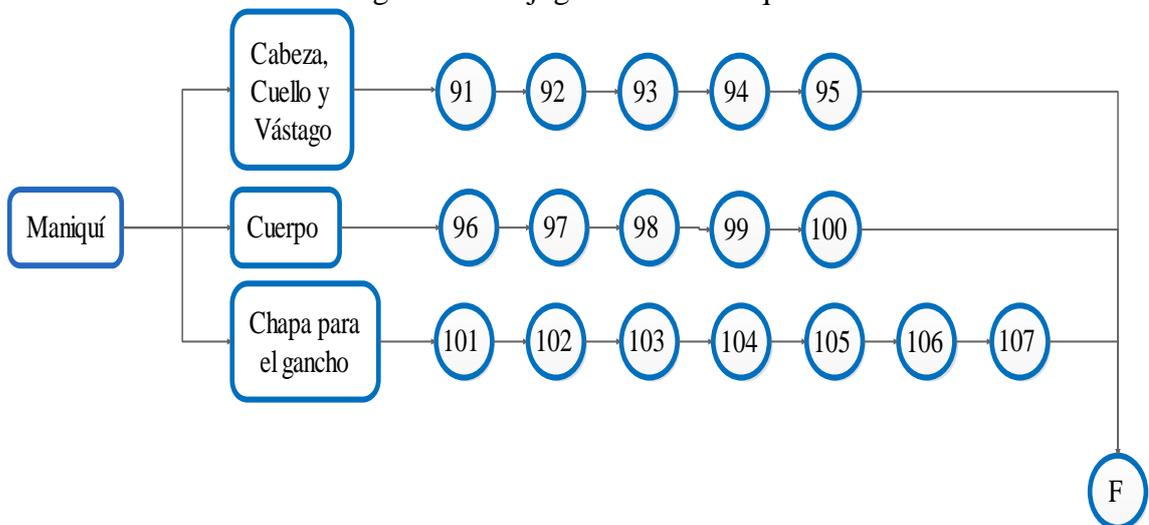
Fuente: Autores

Figura 40. Flujograma del brazo de sujeción del maniquí.



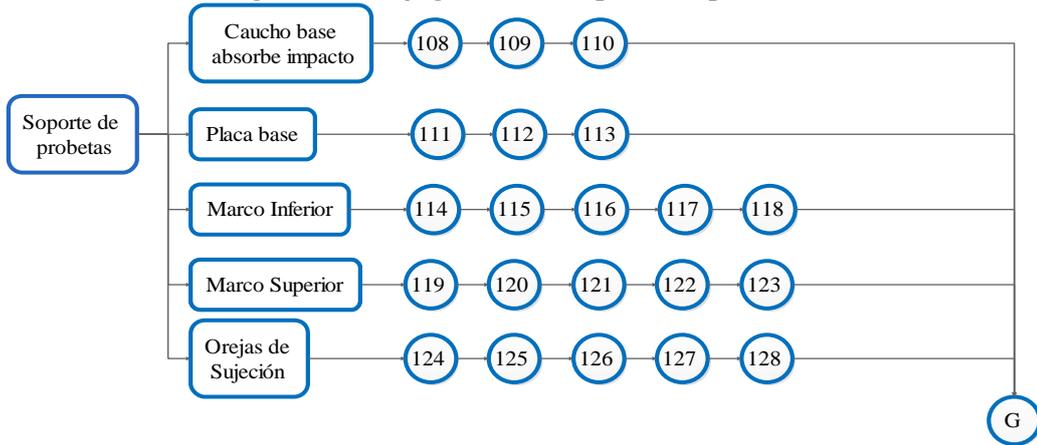
Fuente: Autores

Figura 41. Flujograma del maniquí.



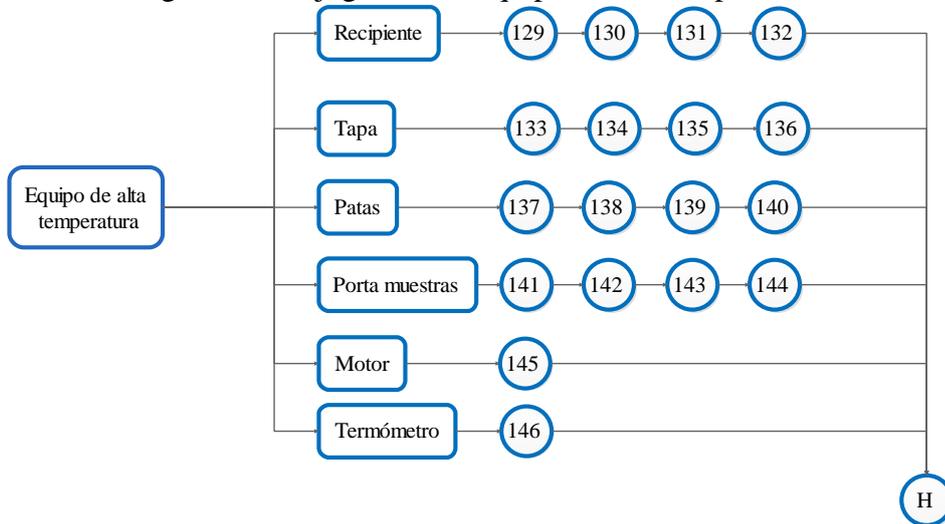
Fuente: Autores

Figura 42. Flujograma del soporte de probetas.



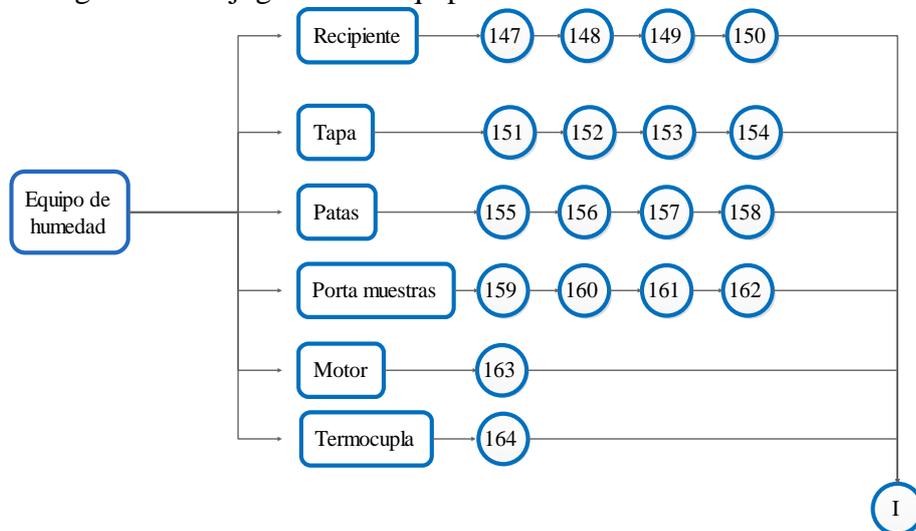
Fuente: Autores

Figura 43. Flujograma del equipo de alta temperatura.



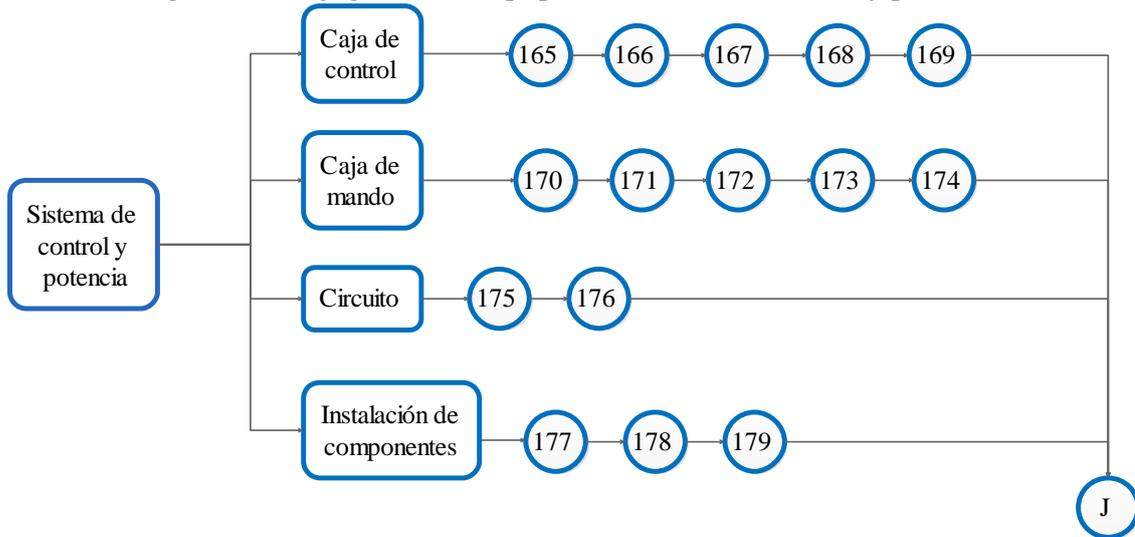
Fuente: Autores

Figura 44. Flujograma del equipo de humedad sistema mecánico.



Fuente: Autores

Figura 45. Flujograma del equipo del sistema de control y potencia.



Fuente: Autores

**4.1.2** *Requerimientos para la construcción de los equipos.* La construcción de los elementos que constituyen los equipos necesitan materiales y maquinaria de elaboración manual tales como: taladro, limadora, suelda eléctrica, arco de sierra amoladora, esmeril, etc., e instrumentos de medición como calibrador, flexómetro, nivel, balanza, etc.

Máquinas, herramientas y equipos utilizados. En las tablas 10, tabla 11 se muestran las designaciones de cada una de las herramientas de mano utilizadas, instrumentos de medición para entender la construcción de la mesa de sujeción de las probetas, la torre telescópica, el maniquí, el recipiente de temperatura, el recipiente de humedad y los componentes que forman todos los equipos.

Tabla 10. Herramientas manuales.

<i>Designación</i>	<i>Herramientas manuales</i>
H	Disco de corte Taladro de mano Amoladora Esmeril Martillo Punto Prensa Machuelo Escuadra Limas Brocas Lijas

Fuente: Autores

Tabla 11. Máquinas herramientas.

<i>Designación</i>	<i>Maquinas herramientas</i>
MH1	Sierra de disco
MH2	Equipo de suelda eléctrica
MH3	Esmeril
MH4	Amoladora
MH5	Equipo de pintura
MH6	Torno
MH7	Fresa
MH8	Prensa

Fuente: Autores

Tabla 12. Instrumento de medición.

<i>Designación</i>	<i>Herramientas manuales</i>
I	Calibrador Escuadra Nivel Flexómetro Cinta métrica Plomada

Fuente: Autores

**4.1.3 Descripción del proceso de construcción.** A continuación detallamos los procesos de construcción de los equipos que se utiliza para los ensayos según las normas correspondientes.

Tabla 13. Elementos constitutivos de los equipos.

<b>Mesa soporte</b>			
<b>Sistemas</b>	<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material - modelo</b>
Base	Estructura	1	ASTM A36
	Regatones	4	CAUCHO
Sistema de soporte	Tabla de madera	1	ASERRÍN PRENSADO
	Pernos	8	ASTM A36
<b>Torre telescópica</b>			
<b>Sistemas</b>	<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material - modelo</b>
Base	Estructura	1	ASTM A36
	Pies niveladores	4	CAUCHO
	Nivel	2	AISI 304
	Regatones	4	CAUCHO
Sistema de soporte	Columna	2	ASTM A36
	Pletinas	4	ASTM A36
Sistema telescópico	Tubo cuadrado estructural	1	ASTM A36
	Pletinas	5	ASTM A36

	Placas	5	ASTM A36
	Engranés	2	ASTM A36
	Tornillo de potencia	1	ASTM A36
	Eje		ASTM A36
	Manivela	1	ASTM A36
	Cable	1	DIN 3060
	Gancho sujeta maniquí	1	ASTM A36
	Resorte	1	ASTM A36
	Placa	1	ASTM A36
Soporte Probetas	Protección	1	CAUCHO
	Base soporte	1	ASTM A36
	Estructura	1	ASTM A36
	Aliviador de impacto	2	CAUCHO
	Cubierta	1	ASTM A36
	Sujetadores	4	ASTM A36
<b>Maniquí</b>			
<b>Sistemas</b>	<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material - modelo</b>
Maniquí	Cabeza	1	LAUREL
	Cuello	1	LAUREL
	Cuerpo	1	LAUREL
	Vástago	1	LAUREL
	Sujetador	1	ASTM A36
	Cubre cabeza	1	FIELTRO
<b>Equipo de alta temperatura</b>			
<b>Sistemas</b>	<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material - modelo</b>
Sistema Mecánico	Recipiente	1	AISI 304
	Termómetro	1	TER 500
	Agitador	1	AISI 304
	Porta muestras	1	AISI 304
	Tapa	1	AISI 304
Sistema De Combustión	Quemador	1	ASTM A36
	Gas	1	GLP
	Tubería de gas 2 m	1	MANGUERA
	Válvula de gas industrial	1	V21044
Sistema Eléctrico	Cable	1	UTP
	Enchufe de 3 patas	1	AGW
	Interruptor	1	2X2 GR
	Motor	1	12 CV – DC
	Cargador	1	12 CV – DC
<b>Equipo de humedad</b>			
<b>Sistemas</b>	<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material - modelo</b>
Sistema Mecánico	Recipiente	1	AISI 304
	Termocupla	1	TP 100

	Agitador	1	AISI 304
	Porta muestras	1	AISI 304
	Tapa	1	AISI 304
	Motor	1	12 CV – DC
Sistema De Control	Interruptor de palanca	1	2X2 GR
	Cable	1	UTP
	Resistencias	8	100 K
	Capacitores	6	1000 U
	Regulador de voltaje	5	Q80006NH4
	Regulador de voltaje	4	MOC3023
	Diodos	4	D
	LCD	1	LMD16L
	Arduino	1	UNO

Fuente: Autores

#### 4.1.4 Operaciones tecnológicas de construcción de los equipos

Tabla 26: Operaciones técnicas de la mesa de soporte

Equipo	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No	Operación tecnológica	
Base	Estructura	1	Trazado	60
		2	Corte	120
		3	Taladrado (broca)	60
		4	Soldado	180
		5	Limpieza viruta/escoria	60
		6	Pulido	120
		7	Pintado	60
Soporte de probetas	Plancha de madera	8	Trazado	30
		9	Corte	60
		10	Taladrado (broca)	20
		11	Limpieza	30
<b>TOTAL</b>				<b>800</b>

Fuente: Autores

Tabla 14. Operaciones técnicas de la base de la torre telescópica.

Equipo	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No	Operación tecnológica	
Base	Estructura	12	Trazado	120
		13	Corte	60
		14	Taladrado (broca)	30
		15	Soldado	480

		16	Limpieza viruta/escoria	180
		17	Pulido	180
		18	Pintado	180
Sistema de soporte	Columna	19	Trazado	20
		20	Corte	30
		21	Taladrado (broca)	30
		22	Soldado	60
		23	Limpieza viruta/escoria	60
		24	Pulido	30
		25	Pintado	60
	Platinas	26	Trazado	30
		27	Corte	30
		28	Taladrado (broca)	30
		29	Soldado	60
		30	Limpieza viruta/escoria	60
		31	Pulido	30
		32	Pintado	60
<b>TOTAL</b>				<b>1820</b>

Fuente: Autores

Tabla 15. Operaciones técnicas del sistema de elevación.

Equipo	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No	Operación tecnológica	
Sistema de elevación	Engranés	33	Trazado	60
		34	Corte	30
		35	Taladrado (broca)	60
		36	Fresado	240
		37	Limpieza viruta/escoria	60
		38	Pulido	120
	Eje	39	Trazado	30
		40	Corte	60
		41	Taladrado (broca)	60
		42	Torneado	240
		43	Limpieza viruta/escoria	60
		44	Pulido	60
	Manivela	45	Trazado	30
		46	Corte	60
		47	Taladrado (broca)	30
		48	Soldado	60
		49	Limpieza viruta/escoria	30
		50	Pulido	30
51		Pintado	40	

	Tornillo de potencia	52	Trazado	60
		53	Corte	30
		54	Taladrado (broca)	30
		55	Torneado	300
		56	Limpieza viruta/escoria	60
		57	Pulido	60
	Placas	58	Trazado	60
		59	Corte	60
		60	Taladrado (broca)	30
		61	Soldado	60
		62	Limpieza viruta/escoria	30
		63	Pulido	60
	<b>TOTAL</b>			

Fuente: Autores

Tabla 16. Operaciones técnicas del Mástil.

Equipo	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No	Operación tecnológica	
Mástil	Columna	64	Trazado	30
		65	Corte	30
		66	Taladrado (broca)	30
	Platinas	67	Trazado	120
		68	Corte	60
		69	Taladrado (broca)	60
		70	Soldado	30
		71	Limpieza viruta/escoria	30
		72	Pulido	30
		73	Pintado	30
		<b>TOTAL</b>		

Fuente: Autores

Tabla 17. Operaciones técnicas del brazo de sujeción del maniquí.

Equipo	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No	Operación tecnológica	
Brazo de sujeción del maniquí	Mástil 2	74	Trazado	20
		75	Corte	20
		76	Taladrado (broca)	20
	Brazo	77	Trazado	30
		78	Corte	60
		79	Taladrado (broca)	20
		80	Soldado	120
		81	Limpieza viruta/escoria	30

		82	Pulido	30
	gancho de sujeción del maniquí	83	Trazado	30
		84	Corte	20
		85	Taladrado (broca)	30
		86	Torneado	120
		87	Limpieza viruta/escoria	30
		88	Pulido	30
	Cable	89	Corte	30
	poleas	90	Soldadas	60
<b>TOTAL</b>				<b>700</b>

Fuente: Autores

Tabla 18. Operaciones técnicas del maniquí.

Equipo	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No	Operación tecnológica	
Maniquí	Cabeza, Cuello y Vástago	91	Trazado	10
		92	Corte	20
		93	Torneado	300
		94	Pulido	60
		95	Lacado	30
	Cuerpo	96	Trazado	10
		97	Corte	20
		98	Pulido	30
		99	Pegado	60
		100	Lacado	30
	Chapa para el gancho	101	Trazado	10
		102	Corte	60
		103	Taladrado (broca)	60
		104	Torneado	120
		105	Soldado	180
		106	Pulido	30
		107	Pintado	60
<b>TOTAL</b>				<b>1090</b>

Fuente: Autores

Tabla 19. Operaciones técnicas del soporte de probetas.

Equipo	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No	Operación tecnológica	
Soporte de probetas	Caucho base absorbe impacto	108	Trazado	20
		109	Corte	30
		110	Pegado	30
	Placa base	111	Trazado	20

		112	Corte (plasma)	30
		113	Rectificado	30
	Marco Inferior	114	Trazado	30
		115	Corte	60
		116	Rectificado	30
		117	Soldado	120
		118	Pulido	30
	Marco Superior	119	Trazado	30
		120	Corte	60
		121	Rectificado	30
		122	Soldado	90
		123	Pulido	30
	Orejas de Sujeción	124	Trazado	10
		125	Corte	20
		126	Rectificado	10
127		Soldado	30	
128		Pulido	20	
<b>TOTAL</b>				<b>760</b>

Fuente: Autores

Tabla 20. Operaciones técnicas del equipo de alta temperatura.

Equipo	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No	Operación tecnológica	
Equipo de alta temperatura	Recipiente	129	Trazado	240
		130	Corte	240
		131	Soldado	360
		132	Pulido	120
	Tapa	133	Trazado	240
		134	Corte	300
		135	Soldado	360
		136	Pulido	120
	Patas	137	Trazado	120
		138	Corte	120
		139	Soldado	120
		140	Pulido	30
	Porta muestras	141	Trazado	60
		142	Corte	60
		143	Soldado	120
		144	Pulido	30
Motor	145	Instalado	60	
Termómetro	146	Instalado	60	
<b>TOTAL</b>				<b>2760</b>

Fuente: Autores

Tabla 21. Operaciones técnicas del equipo de humedad sistema mecánico.

Equipo	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No	Operación tecnológica	
Equipo de humedad	Recipiente	147	Trazado	240
		148	Corte	240
		149	Soldado	360
		150	Pulido	120
	Tapa	151	Trazado	180
		152	Corte	300
		153	Soldado	360
		154	Pulido	120
	Patas	155	Trazado	300
		156	Corte	420
		157	Soldado	420
		158	Pulido	60
	Porta muestras	159	Trazado	60
		160	Corte	60
		161	Soldado	120
		162	Pulido	30
Motor	163	Instalado	60	
Termocupla	164	Instalado	60	
<b>TOTAL</b>				<b>3510</b>

Fuente: Autores

Tabla 22. Operaciones técnicas del sistema de control y potencia.

Equipo	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No	Operación tecnológica	
Sistema de control y potencia	Caja de control	165	Trazado	60
		166	Corte	60
		167	Taladrado (broca)	30
		168	Soldado	60
		169	Pulido	30
	Caja de mando	170	Trazado	60
		171	Corte	60
		172	Taladrado (broca)	20
		173	Soldado	60
		174	Pulido	20
	Circuito	175	Trazado	300
		176	Fundido	180
	Instalación de componentes	177	Trazado	60
		178	Corte	30
179		Instalación	180	
<b>TOTAL</b>				<b>1210</b>

Fuente: Autores

Los tiempos muertos han sido eliminados de las tablas de construcción debido a que suelen causar mayor retraso y alarga el tiempo de la elaboración de los equipos.

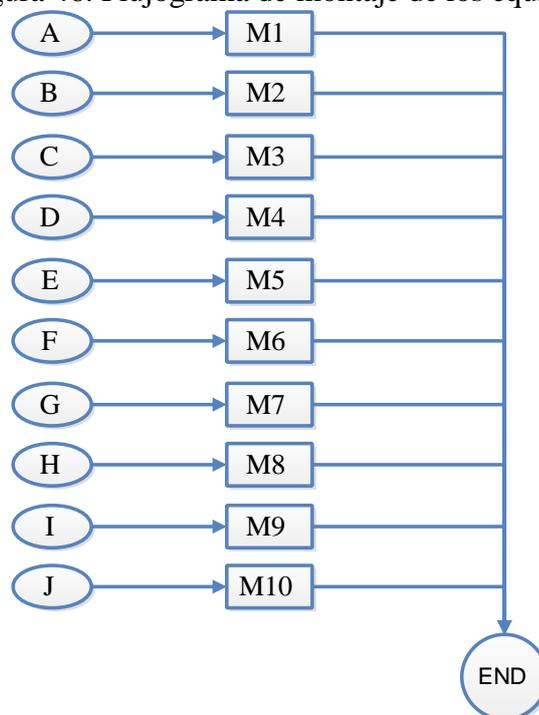
**4.1.5 Montaje de los equipos.** Las operaciones que se realizan y el tiempo requerido para realizar el montaje de los prototipos.

Tabla 23. Operaciones de montaje.

Ítems	Operación	Tiempo (min)
M 1	Montaje de la mesa	120
M 2	Montaje de la base de la torre telescópica	240
M 3	Montaje del sistema de elevación	240
M 4	Montaje del mástil	120
M 5	Montaje del brazo de sujeción del maniquí	240
M 6	Montaje del maniquí	300
M 7	Montaje del soporte de probetas	240
M 8	Montaje del equipo de alta temperatura	480
M 9	Montaje del equipo de humedad	480
M 10	Montaje del sistema de control	480
<b>TOTAL</b>		<b>2940</b>

Fuente: autores

Figura 46. Flujograma de montaje de los equipos.



Fuente: Autores

El flujograma de operaciones mostrado en la figura 46 indica las diferentes operaciones realizadas en el montaje de los equipos así también la secuencia de construcción. Además

el tiempo total de montaje es de 49 horas de trabajo más el tiempo de construcción de los diferentes elementos constitutivos de los equipos que es de 255 horas, más un tiempo de imprevistos que es de 200 horas. Se tiene el tiempo total de construcción de los equipos para las diferentes pruebas y se muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Tiempo de construcción de los equipos.

<b>Tiempo de construcción de los equipos</b>	
<b>Proceso</b>	<b>Horas</b>
Construcción de elementos.	255
Montaje de elementos.	49
Imprevistos	200
<b>TOTAL</b>	<b>504</b>

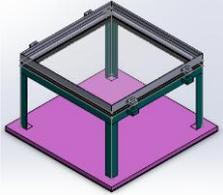
Fuente: Autores

Tomando en cuenta que los días de trabajo son de 8 horas diarias tenemos un tiempo de 63 días en construcción de todos los elementos que constituyen los equipos de prueba.

#### 4.1.6 Descripción de la construcción de los equipos.

Tabla 25. Elementos para la construcción de los equipos de fractura.

<b>Elemento</b>	<b>Figura</b>	<b>Función</b>
Tubo cuadrado estructural (ASTM A 36)  Tabla de madera prensada		Forman la base de la mesa que nos sirve de apoyo para romper el vidrio templado
Tubo cuadrado estructural (ASTM A 36)		Está formado por dos diferentes tubos que mediante soldadura se ajustan a las medidas de esta base y la misma está puesta niveladores como patas para estabilizar.
Tubo cuadrado estructural (ASTM A 36)		Forma el mástil 1 que está sujeto mediante pernos y contiene al tornillo de potencia y los engranes para el movimiento se subida y bajada del maniquí.
Tubo cuadrado estructural (ASTM A 36)		El mástil 2 este contiene el mecanismo de gancho que sujeta el maniquí y lo suelta para realizar el ensayo.

Placa de acero (ASTM A 36) Ángulo de acero (ASTM A 36)		Forman la placa base, marco superior e inferior del porta muestras.
Madera dura		Forman el maniquí con un peso total de 10 kg.

Fuente: Autores

Tabla 26. Elementos para la construcción del equipo de humedad.

Elemento	Figura	Función
Placa de acero AISI 304		Forma el recipiente incluido las patas. En el recipiente se alojara las probetas y el agua, por debajo se encuentra la fuente de calor
Varilla de acero AISI 304		Forman el porta muestras que está dentro del recipiente.
Placa de acero AISI 304		Forma la tapa la que tiene un agitador, un motor, un termómetro incluidos para ver el funcionamiento del equipo.

Fuente: Autores

Tabla 27. Elementos para la construcción del equipo de humedad.

Elemento	Figura	Función
Placa de acero AISI 304		Forma el recipiente donde se llena con agua y luego se sumerge las probetas.
Varilla de acero AISI 304		Contienen a las probetas que se va a sumergir en el agua durante 2 semanas.
Placa de acero AISI 304		Forma la tapa que es hermética mediante pernos ajustados para que el ambiente se mantenga estable. Además están el motor que mueve al agitador y también están las resistencias para calentar el agua.
Placa de acero AISI 304		Forma el control del equipo mediante el cual tendremos un ambiente estable durante dos semanas.

Fuente: Autores

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS DE COSTOS

Este capítulo contiene los análisis de costos directos, indirectos y totales de la construcción de los equipos para los ensayos de vidrio según las especificaciones de las normas técnicas ecuatorianas, estos ensayos están detallados en las siguientes normas: NTE INEN 1722. Vidrios de seguridad. Determinación de la fragmentación; NTE INEN 1724 Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (ensayo del maniquí); NTE INEN 1726. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a alta temperatura y NTE INEN 1731. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a la humedad.

Basándose en los precios de los materiales y equipos necesarios para la construcción del mercado local realizamos el análisis de los costos estipulados para el proyecto de los cuatro ensayos.

#### 5.1 Clasificación de los costos

Los costos pueden ser: Costos directos y Costos indirectos.

**5.1.1** *Costos directos.* Se definen así porque afectan directamente la determinación del precio de un producto.

Los costos directos se derivan de la existencia de aquellos cuyo costo se trata de determinar, sea un producto, un servicio, una actividad como: Materiales, mano de obra, equipos, transporte.

**5.1.1.1** *Materiales.* Los costos de los materiales de este proyecto están enfocados en la facilidad de adquisición del mercado local teniendo en cuenta que cumplan con las especificaciones de calidad, la materia prima se selecciona de acuerdo a la calidad de sus productos o de acuerdo a la necesidad de construcción de los equipos pero esto no puede ser productos difíciles de encontrar en el mercado local para que los costos sean menores y la construcción se realice con mayor rapidez.

Tabla 28. Costos de materiales y accesorios mecánicos del ensayo de fragmentación.

<b>Costo de materiales accesorios mecánicos</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
Tubo estruc. Cuadrado 20X20X2mm	m	6	5,40	32,40
Tabla de madera prensado 600X600mm	mm	1	10,50	10,50
Perno de 1/4 X 1 1/4 in	u	8	0,20	1,60
Regatones 1 in	u	4	0,50	2,00
Pintura esmalte azul.	lt	1	4,15	4,15
Pintura esmalte negra	lt	1	4,15	4,15
Electrodos E 7030	u	10	0,70	7,00
Martillo de seguridad para autobuses	u	1	5,50	5,50
Balanza	u	1	33,30	33,30
<b>Total</b>				<b>100,60</b>

Fuente: autores

Tabla 29. Costos de materiales y accesorios mecánicos del ensayo de fractura

<b>Costo de materiales accesorios mecánicos</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
Vástago	U	1	5,00	5,00
Cabeza del maniquí	U	1	15,00	15,00
Cable de acero	M	2,5	3,00	7,50
Caucho IRHD 50	m	0,5	24,00	12,00
Cuello del maniquí	u	1	10,00	10,00
Cuerpo del maniquí	u	1	15,00	15,00
Eje de transmisión de 10mm	m	0,3	7,60	2,28
Eje de transmisión de 5mm	m	0,15	5,00	0,75
Eje de transmisión de 75mm	m	0,1	18,50	1,85
Eje de transmisión de 25mm	m	1,7	13,50	22,95
Eje de transmisión de 50mm	m	0,1	15,30	1,53
Electrodos E 7030	u	30	0,70	21,00
Filtro	u	1	20,00	20,00
Lainas de acero	u	8	0,30	2,40
Lainas de caucho duro	u	4	1,00	4,00
Niveladores	u	4	0,80	3,20
Perfil L 20X20X2mm	m	4	10,50	42,00
Perno 10 x 15 mm	u	3	0,15	0,45
Perno de 15 X 30 mm	u	9	0,30	2,70
Perno de 8X20mm	u	1	0,20	0,20
Pernos 8x40mm	m	4	0,25	1,00
Pintura esmalte azul.	lt	3	4,15	12,45
Pintura esmalte negra	lt	3	4,15	12,45

Placa de 400X400X2mm	u	1	10,00	10,00
Placa de acero 100X100X10	u	2	2,00	4,00
Placa de acero de 70X150X2mm	u	1	3,00	3,00
Placa de acero de 95X95X10mm	u	4	1,90	7,60
Platina 30X40X3	u	4	1,00	4,00
Poleas de 25 mm	u	2	7,50	15,00
Regatones 40mm	u	4	0,50	2,00
Rodamiento axial NU1005	u	2	6,75	13,50
Rodamiento de bolas 6005	u	2	5,30	10,60
Tubo circular de 15 mm	m	0,6	12,80	7,68
Tubo estruc. Cuadrado 100X100X2mm	m	3	28,30	84,90
Tubo estruc. Cuadrado 40X40X2mm	m	3	15,50	46,50
Tubo estruc. Cuadrado 75X75X2mm	m	3	25,60	76,80
<b>Total</b>				<b>501,29</b>

Fuente: autores

Tabla 30. Costos de materiales y accesorios mecánicos del ensayo de alta temperatura.

<b>Costo de materiales accesorios mecánicos</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
Cable	m	3	1,00	3,00
Aislante (poliuretano)	u	1	30,00	30,00
Cargador 12 Volts	u	1	40,00	40,00
Eje de acero inoxidable 10mm	m	0,3	10,00	3,00
Eje de acero inoxidable 5mm	m	2	5,00	10,00
Electrodos de argón	u	20	1,00	20,00
Enchufe de 2 patas	u	1	0,50	0,50
Interruptor	u	1	0,50	0,50
Manguera de gas	m	2	5,00	10,00
Motor	u	1	40,00	40,00
Pernos de acero inoxidable 8X20mm	u	4	0,50	2,00
Placa de acero inoxidable AISI 304	u	0,4	80,00	32,00
Quemador	u	1	3,00	3,00
Regatones 1/2 in	u	4	0,50	2,00
Tanque de gas	u	1	80,00	80,00
Termómetro	u	1	30,00	30,00
Válvula de gas industrial	u	1	8,00	8,00
<b>Total</b>				<b>314,00</b>

Fuente: autores

Tabla 31. Costos de materiales y accesorios mecánicos del ensayo de humedad.

<b>Costo de materiales accesorios mecánicos</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio U.</b>	<b>Precio T.</b>
Adhesivos	u	1	2,00	2,00
Arduino	u	1	30,00	30,00
Brujita	u	3	1,00	3,00
Cable doble	m	3	1,00	3,00
Capacitores 1000U	u	6	0,50	3,00
Cargador 12 Volts	u	1	40,00	40,00
Caucho hermetizante	m	3	1,00	3,00
Cinta doble fax	u	1	1,00	1,00
Diodos	u	4	0,50	2,00
Eje de acero inoxidable 10mm	m	0,5	10,00	5,00
Eje de acero inoxidable 5mm	m	4	5,00	20,00
Electrodos de argón	u	30	1,00	30,00
Enchufe de 2 patas	u	1	0,50	0,50
Estilete	u	1	0,50	0,50
Interruptor	u	1	0,50	0,50
LCD	u	1	10,00	10,00
Leds de colores	u	2	0,20	0,40
Motor	u	1	40,00	40,00
Pernos de acero inoxidable 8X20mm	u	4	0,50	2,00
Pernos de acero inoxidable 8X35mm	u	15	0,50	7,50
Placa de acero inoxidable AISI 304	u	0,8	80,00	64,00
Regulador de voltaje MOC3023	u	4	1,00	4,00
Regulador de voltaje Q80006NH4	u	5	1,00	5,00
Resistencias 100K	u	8	0,20	1,60
Resistencias sumergibles	u	2	20,00	40,00
Taype	u	1	0,80	0,80
Tubo de acero 15mm	m	0,6	5,00	3,00
<b>Total</b>				<b>321,80</b>

Fuente: autores

Tabla 32. Costo total de los materiales y accesorios mecánicos de los equipos.

<b>Materiales y accesorios</b>	
<b>Equipos para los ensayos</b>	<b>Costo</b>
Ensayo de determinación de la fragmentación	100,60
Ensayo de maniquí	501,29
Ensayo de alta temperatura	314,00
Ensayo de humedad	321,80
<b>Subtotal ( A )</b>	<b>1237,69</b>

Fuente: autores

**5.1.1.2 Equipos.** El costo de los equipos y herramientas utilizadas serán de acuerdo al tiempo y a las condiciones de trabajo que están expuestos en el transcurso de la construcción de los mismos.

Tabla 33. Costo total de los materiales y accesorios mecánicos de los equipos.

<b>Costo de equipos y herramientas</b>			
<b>Equipo o herramienta</b>	<b>Costo-hora</b>	<b>Hora-equipo</b>	<b>Subtotal</b>
Soldadura eléctrica	3,50	8	28,00
Taladro Pedestal	2,00	8	16,00
Sierra de disco	1,75	16	28,00
Fresadora	10,00	6	60,00
Cizalladora	0,40	24	9,60
Dobladora de tol	1,00	4	4,00
Esmeril	1,00	24	24,00
Amoladora	1,50	24	36,00
Machuelo	0,50	1	0,50
Equipo de pintura	3,00	4	12,00
Torno	8,00	6	48,00
<b>Subtotal ( B )</b>			<b>266,10</b>

Fuente: autores

**5.1.1.3 Mano de obra.** Es el costo de los salarios que obtienen el personal de trabajo al realizar la elaboración del producto, esto es percibido directamente según los salarios expuestos por el ministerio de trabajo. Los costos varían de acuerdo a la mano de obra calificada, no calificada, puesto de ocupación del personal, etc.

Tabla 34. Costo total de la mano de obra.

<b>Mano de obra</b>				
<b>Personal</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo-horas</b>	<b>Horas</b>	<b>Subtotal</b>
Ayudante Mecánico	2	2,50	50	250,00
Tornero/Fresador	1	3,00	25	75,00
Soldador	1	3,00	30	90,00
<b>Subtotal ( C )</b>				<b>415,00</b>

Fuente: autores

**5.1.1.4 Transporte de materiales y equipos.** Los equipos una vez terminados la construcción necesitan ser transportados al lugar donde se realiza las pruebas de campo respectivas, luego trasladar al punto donde se realiza los ensayos correspondientes de validación del vidrio de seguridad para automotores.

Tabla 35. Costo total de transporte.

<b>Transporte</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costos</b>
Transporte de material al taller	20
Transporte de equipos a la ESPOCH	10
<b>Subtotal ( D )</b>	<b>30</b>

Fuente: autores

Tabla 36. Costos totales directos.

<b>Costos directos</b>		<b>Costos</b>
Materiales y Accesorios	Subtotal ( A )	1237,69
Equipos y Herramientas	Subtotal ( B )	266,10
Mano de obra	Subtotal ( C )	415,00
Transporte	Subtotal ( D )	30,00
<b>Total costos directos</b>		<b>1948,79</b>

Fuente: Autores

**5.1.2 Costos indirectos.** Son aquellos costos que intervienen en el producto final, participan en el proceso de producción, estos costos están agregados al periodo de producción, pueden ser costos de mano de obra indirecta, materiales indirectos, gastos de administración, impuestos, gastos de ingeniería, imprevistos.

En este caso tomamos en cuenta los imprevistos y gastos de ingeniería. En los gastos de ingeniería cubre la construcción de la placa electrónica y su programación para controlar el equipo de humedad. La supervisión se realiza tomando fotos de los pasos de construcción en el taller y estando presente al instante del ensamble.

Tabla 37. Costos totales indirectos.

<b>Costos indirectos</b>				
<b>Costos ingenieriles</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
Diseño Eléctrico	Hora	25	4	100
Supervisión	Hora	5	4	20
Imprevisto del 5% CD				97,44
<b>Total</b>				<b>217,44</b>

Fuente: Autores

**5.1.3 Costos totales.** Es la suma de los costos directos y los costos indirectos de todo el proceso de construcción de los equipos, se muestra en la tabla 38.

Tabla 38. Costos totales.

<b>Costos totales</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Total costo directo	1948,79
Total costo indirecto	217,44
<b>Valor total</b>	<b>2166,23</b>

Fuente: Autores

Una vez terminado el análisis de los costos de los equipos para los cuatro ensayos que se va a realizar tenemos un total de: 2166,23 USD.

## CAPÍTULO VI

### 6. PRUEBAS Y RESULTADOS

El montaje y la construcción de los equipos de prueba para los diferentes ensayos que se realizará de acuerdo con el protocolo de pruebas según las normas, es necesario realizar las respectivas pruebas de campo para verificar el correcto funcionamiento de los equipos de acuerdo con sus especificaciones y funciones para los ensayos según lo estipulado en cada norma.

#### 6.1 Materiales y equipos utilizados en las pruebas de campo

Los materiales a utilizar en las pruebas de campo deben estar certificados para que no haya errores al realizar la verificación de los equipos. Estos materiales son: Flexómetro, balanza digital, nivel de burbuja, etc. Los equipos deben estar 100 % operativos para realizar los ensayos respectivos.

#### 6.2 Procedimiento de las pruebas

Seguiremos el siguiente procedimiento para la verificación de los equipos que se utiliza en los ensayos de vidrios de seguridad. Estos pasos están especificado en los siguientes puntos para cada equipo.

**6.2.1** *Para el ensayo de determinación de la fragmentación.* Se debe seguir los siguientes pasos.

- Realizamos las medidas de la mesa que sean las adecuadas para que pueda sostenerse el vidrio que va a ser golpeado o fracturado.
- Pesamos el martillo de impacto que esté de acuerdo a lo especificado en la norma NTE INEN 1722.
- Verificamos la balanza si nos da los decimales correspondientes a lo especificado en la norma NTE INEN 1722.

**6.2.2** *Para el ensayo de determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (ensayo del maniquí). Se debe seguir los siguientes pasos.*

- Verificar las medidas del soporta probetas tanto en alto, ancho y espesor que estén dentro de lo establecido en la norma NTE INEN 1724,
- Verificamos el peso y dimensiones del Maniquí según especificación de la norma NTE INEN 1724,
- Verificamos que la altura de caída libre del maniquí sean lo establecido en la norma NTE INEN 1724.

**6.2.3** *Para el ensayo de determinación de la resistencia a alta temperatura. Se sigue el procedimiento que tenemos a continuación.*

- Verificamos si el recipiente tiene las medidas adecuadas según el tamaño de probetas establecidas en la norma NTE INEN 1726,
- Verificar si el porta muestras tiene las dimensiones adecuadas para colocar las probetas a ensayar según la norma NTE INEN 1726,
- Verificamos si el recipiente llega a la temperatura adecuada y no se deforma por el calor del agua en ebullición o por la fuente de calor de acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 1726.

**6.2.4** *Para el ensayo de determinación de la resistencia a la humedad.*

- Verificamos si el recipiente tiene las medidas adecuadas según el tamaño de las probetas de acuerdo con la norma NTE INEN 1731,
- Verificar si el porta muestras tiene las dimensiones adecuadas para poner las probetas a ensayar según la norma NTE INEN 1731,
- Verificamos si el recipiente se mantiene en el rango de temperatura para el ensayo según norma NTE INEN 1731.

### 6.3 Pruebas de los equipos

**6.3.1** *Verificación de la mesa.* Para las pruebas según norma NTE INEN 1722. Se toma en cuenta que en la norma no especifica ningún tipo de mesa con diseño especial lo cual hemos tomado como base de construcción el tamaño de las probetas y al momento de la fragmentación tengan el área suficiente para realizar la caracterización de la misma, además que la estructura de la mesa está construida de tubo cuadrado de 40 x 2 mm.

Tabla 39. Verificación de la mesa soporta probetas.

<b>Mesa para ensayo de fragmentación.</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Norma</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Aceptación</b>	
				<b>Si</b>	<b>No</b>
Estructura	Largo (m)	No aplica	2260	X	
	Ancho (m)	No aplica	1060	X	
	Alto (m)	No aplica	820	X	
Tabla	Largo (m)	No aplica	2400	X	
	Ancho (m)	No aplica	1200	X	
	Espesor (mm)	No aplica	25	X	

Fuente: Autores

**6.3.2** *Verificación del peso del martillo.* Para el ensayo según norma NTE INEN 1722. El martillo debe tener una masa de aproximadamente 75 kg con un radio de curvatura de 0,2 mm  $\pm$  0,05 mm. El peso del martillo no está definido pero si tiene la aproximación según lo estipulado.

Figura 47. Peso del martillo aproximadamente.



Fuente: Autores

**6.3.3** *Verificación de la balanza.* Para el ensayo según norma NTE INEN 1722. La balanza debe tener una apreciación de 0,01 g.

Figura 48. Balanza con 0,01 de apreciación.



Fuente: Autores

**6.3.4 Verificación del porta muestras del maniquí.** Para el ensayo según norma NTE INEN 1724, hay que construir de placas de acero este recipiente, pero debido a que las placas no se encuentran en el mercado local fácilmente y las herramientas tampoco, entonces se realizó la construcción de una placa base de 1,5 mm de espesor y un ángulo L de 30x30x2 mm.

Tabla 40. Verificación del porta muestras para el ensayo de maniquí.

<b>Soporte para el ensayo del maniquí</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Norma</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Aceptación</b>	
				<b>Si</b>	<b>No</b>
Soporte	Largo (mm)	300	300	X	
	Ancho (mm)	300	300	X	
	Alto (mm)	150	150	X	

Fuente: Autores

Figura 49. Verificación del porta muestras para el ensayo de maniquí.



Fuente: Autores

**6.3.5 Verificación del maniquí.** Para el ensayo según norma NTE INEN 1724. El maniquí está construido de tal forma que cumpla con las medidas establecidas y también con las medidas que representa a los hombros es lo que puede variar para obtener un peso de  $10 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$ . El maniquí está construido de madera dura específicamente de laurel para que resista los impactos sobre el vidrio.

Tabla 41. Verificación del maniquí para el ensayo de impacto.

Soporte para el ensayo del maniquí					
Descripción	Dimensión	Norma	Prototipo	Aceptación	
				Si	No
Cabeza	Largo (mm)	190	190	X	
	Ancho (mm)	190	190	X	
	Alto (mm)	190	190	X	
Cuello	Diámetro (mm)	100	100	X	
	Alto (mm)	70	70	X	
Vástago	Diámetro (mm)	50	50	X	
	Alto (mm)	500	550	X	
Hombros	Largo (mm)	500	190	X	
	Ancho (mm)	100	190	X	
	Alto (mm)	Variable	26,5	X	

Fuente: Autores

Figura 50. Verificación del maniquí para el ensayo de impacto.



Fuente: Autores

**6.3.6 Verificación de caída libre del maniquí.** En la norma NTE INEN 1724. No especifica ningún mecanismo o sistema en especial para levantar el maniquí por lo que verificaremos que la torre telescópica levante el maniquí hasta la altura especificada en la norma para el ensayo.

Tabla 42. Verificación de caída libre del maniquí.

Altura del maniquí					
Altura (m)	Tol.	Norma	Prototipo	Aceptación	
				Si	No
1,5	± 5 mm	1,5 m	1,5 m ± 5mm	X	

Fuente: Autores

Figura 51. Verificación de la altura del maniquí para el ensayo de impacto.



Fuente: Autores

**6.3.7 Verificación del recipiente de alta temperatura.** En la norma establece un modelo 2D para la construcción de este equipo pero sin las dimensiones. Con las medidas de las muestras y de acuerdo a los espesores del porta muestras, el espacio del termómetro, el agitador, y el espacio suficiente para que el agua no sobrepase el borde cuando llega al punto de ebullición y permanezca así durante dos horas tenemos las medidas principales del recipiente de alta temperatura.

Tabla 43. Verificación del equipo de alta temperatura.

Recipiente para el ensayo de alta temperatura					
Descripción	Dimensión	Norma	Prototipo	Aceptación	
				Si	No
Porta Muestras	Largo (mm)	No aplica	120	X	
	Ancho (mm)	No aplica	60	X	
	Alto (mm)	No aplica	135	X	
Recipiente	Largo (mm)	No aplica	200	X	
	Ancho (mm)	No aplica	200	X	
	Alto (mm)	No aplica	200	X	

Fuente: Autores

Figura 52. Verificación del equipo de alta temperatura.



Fuente: Autores

**6.3.8 Verificación del recipiente de humedad.** De acuerdo a la norma NTE INEN 1731. No especifica ningún tipo de máquina, sistema o equipo para la construcción de este prototipo por lo que nos basamos en el tamaño y el número de las probetas que van en el recipiente para sacar su volumen y encontrar sus medidas, además el recipiente debe resistir las condiciones de temperatura y el tiempo del ensayo que se especifica.

Tabla 44. Verificación del equipo de humedad.

Recipiente para el ensayo de humedad					
Descripción	Dimensión	Norma	Prototipo	Aceptación	
				Si	No
Porta Muestras	Largo (mm)	No aplica	280	X	
	Ancho (mm)	No aplica	120	X	
	Alto (mm)	No aplica	350	X	
Recipiente	Largo (mm)	No aplica	400	X	
	Ancho (mm)	No aplica	380	X	
	Alto (mm)	No aplica	460	X	

Fuente: Autores

Figura 53. Verificación del equipo de humedad.



Fuente: Autores

## **6.4 Resultados**

- Con lo obtenido en la pruebas de campo para el ensayo según la NTE INEN 1722. La mesa tiene un área suficiente para el ensayo, el martillo está dentro del peso establecido y con su punta por los dos lados y la balanza cumple con tener 2 decimales para medir el peso de los pedazos después del ensayo.
- Para el ensayo según la norma NTE INEN 1724. El porta muestras cumple con las medidas establecidas, el maniquí están dentro de las medidas y con el peso dentro del rango y la torre telescópica levanta el maniquí desde la muestra en el porta probetas hasta el punto más bajo del maniquí 1,5 metros según la norma.
- En el ensayo de la norma NTE INEN 1726. El recipiente resiste muy bien la temperatura de ebullición del agua y éste a la vez mantiene esa temperatura durante dos horas hasta finalizar el ensayo.
- Y en el ensayo según la norma NTE INEN 1731. El recipiente tiene las medidas adecuadas para sumergir las probetas en agua las cuales soportaran una temperatura de 49 a 54 °C, durante dos semanas, el control de la temperatura se realiza mediante un sensor y un ARDUINO para que mantenga la temperatura constante durante el mayor tiempo posible y el motor hace girar el agitador para que el agua este uniforme en todas partes del recipiente.

## **6.5 Procedimiento de ensayo de vidrios de seguridad**

**6.5.1** *Requisitos previos.* Antes de realizar los ensayos según las normas NTE INEN 1722, NTE INEN 1724, NTE INEN 1726 y NTE INEN 1731. Se debe tomar en cuenta el procedimiento de muestreo según la norma NTE INEN 1721 Vidrios de seguridad. Muestreo (*INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2011*).

Esta norma establece el tamaño del lote, el número de muestras a ensayarse, el número de muestras de aceptación y en número de muestras de rechazo. Esto se debe tomar en cuenta en cada uno de los ensayos para garantizar que el lote de producción este en facultad de ser expendido en el mercado.

Tabla 45. Tamaño de las muestras.

<b>Tamaño de muestras para ensayos destructivos (laminados y templados)</b>			
<b>Tamaño del lote (N)</b>	<b>Tamaño de la muestra (n)</b>	<b>Numero de aceptación A</b>	<b>Numero de rechazo</b>
$2 \leq N \leq 150$	2	0	1
$51 \leq N \leq 500$	3	0	2
$501 \leq N \leq 3200$	5	1	3
$3201 \leq N \leq 35000$	8	1	4
$35001 \leq N \leq 500000$	13	2	5
$N \geq 500001$	20	3	6

Fuente: NTE INEN 1721

También se debe tener en cuenta que:

- Las muestras se deben tomar de producto terminado del fabricante en producto nacional y de la bodega de aduana de los productos de importación.
- Las muestras no deben alterarse antes del ensayo.
- Este método es de aplicación al muestreo para inspección y ensayo antes de la aceptación y rechazo individuales, en caso de que no se disponga de la información necesaria en el control de calidad durante la fabricación.
- El muestreo para aceptación o rechazo se determinara mediante un común acuerdo entre el comprador y el fabricante.

**6.5.2** *Etiquetado y embalaje.* Es el sello que tiene un vidrio de seguridad marcado en una parte para su identificación. Cada vidrio debe llevar marcado con caracteres indelebles por lo menos lo siguiente.

- Razón social del fabricante o marca comercial,
- Denominación del tipo de vidrio tipo de vidrio.
- Identificación del lote de producción.
- Espesor.
- Norma Técnica de fabricación del producto,
- Trazabilidad del producto que permita identificar mes y año de fabricación.

Los vidrios de seguridad deben embalsarse en forma adecuada, de manera que no sufran deterioros durante el almacenamiento, manipulación y transporte tanto donde se realicen los ensayos como también al lugar donde van a ser ensamblados en los automotores de transporte de pasajeros.

## **6.6 Verificación de vidrios de seguridad para automotores**

Para la realización de los ensayos según la norma NTE INEN 1669. Y las normas NTE INEN 1722, NTE INEN 1724, NTE INEN 1726 y NTE INEN 1731. Se toma en cuenta el registro de todas las actividades que se realiza desde el muestreo hasta la verificación de los lotes de producción de los vidrios de seguridad.

**6.6.1** *Desarrollo de las hojas de prueba para los ensayos.* Las hojas de prueba se desarrolla tomando en cuenta los cuatro ensayos a realizarse. Los formatos de hojas de las pruebas para los ensayos se encuentran en el ANEXO F.

- NTE INEN 1722:2011. Vidrios de seguridad. Determinación de la fragmentación.
- NTE INEN 1724:2011. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (ensayo del maniquí).
- NTE INEN 1726:2011. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a alta temperatura.
- NTE INEN 1731:2011. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a la humedad.

## **6.7 Requisitos para la aprobación de los vidrios de seguridad**

Los vidrios de seguridad templados para automotores cuando se ensayen con la norma NTE INEN 1722. Deben cumplir con los siguientes puntos establecidos en la NTE INEN 1669.

- Debe romper la probeta de vidrio templado en los puntos especificados y proceder al conteo de las partículas y pesaje de las más grandes.

- Los fragmentos interceptados por los bordes del cuadrado, se contarán como mitades.
- No se controlará la fragmentación de una tira de 20 mm de ancho alrededor de todo el borde y de las perforaciones de las muestras, que representan el marco del vidrio ó dentro de un radio de 75 mm alrededor del punto de impacto.
- No son admitidos fragmentos de forma alargada con tamaño superior a los 75 mm.

Tabla 46. Requisitos para la aprobación de los ensayos de fragmentación.

<b>Vidrios Templados</b>		
Rotura de la muestra	El número de fragmentos encontrados en un cuadrado de 50 mm x 50 mm trazado sobre el área de vidrio que presente fragmentos de mayor tamaño, se encuentre entre 40 y 400, o el peso del fragmento mayor debe ser de un máximo de 4,25 g.	Aceptable
	Si máximo 3 probetas dan un resultado negativo se repetirá el ensayo con otras 6 probetas y todas dan un resultado positivo	Aceptable

Fuente: NTE INEN 1669

Los vidrios de seguridad laminados para automotores cuando se ensayen con la norma NTE INEN 1724. Deben cumplir con lo siguiente:

- Dejar caer el maniquí desde una altura establecida ( $1,5\text{m} \pm 5\text{mm}$ ) desde la superficie del vidrio en el porta muestras hasta la cabeza del maniquí sin que se dé ningún impulso dentro de un círculo de 25 mm de radio medidos desde el centro de la probeta o muestra de ensayo.

Tabla 47. Requisitos para aprobación de ensayo del maniquí.

<b>Vidrios Laminados</b>		
Rotura de la muestra	Si la muestra se fractura mostrando numerosas rajaduras circulares centradas aproximadamente sobre el punto de impacto, las rajaduras más cercanas deben estar máximo a 80 mm del punto de impacto.	Aceptable
	Si las capas de vidrio se adhieren todavía a la intercapa, se permiten unos pocos sitios en los cuales el vidrio se ha despejado dentro de un círculo de 60 mm de diámetro alrededor del punto de impacto, siempre que los fragmentos todavía se adhieran a la intercapa.	Aceptable
	No debe estar expuesta más de $200\text{ mm}^2$ de la intercapa.	Aceptable

	La masa total de las astillas que se despegan no debe exceder los 20 g.	Aceptable
	Se puede permitir en la intercapa una rajadura máxima de 30 mm de longitud permisible.	Aceptable
	El grupo de 4 probetas dan un resultado positivo	Aceptable
	Un ensayo ha dado resultado negativo, pero una serie posterior de ensayos realizados en un nuevo grupo de probetas no da ningún resultado negativo.	Aceptable

Fuente: NTE INEN 1669

Los vidrios de seguridad laminados para automotores cuando se ensayen con la norma NTE INEN 1726 deben cumplir con lo siguiente:

- Las muestras deben ser sumergidas verticalmente por tres minutos en agua a 66 °C (la primera inmersión tiene por objetivo reducir la posibilidad de rotura por choque térmico y se considera opcional).
- Inmediatamente llevar el agua a ebullición y colocar las muestras durante dos horas y verificar los cambios, comprobando los cambios ocurridos antes y después del ensayo.

Tabla 48. Requisitos para aprobación de ensayo de alta temperatura.

<b>Vidrios Laminados</b>		
<b>Sumergir la muestra</b>	El ensayo da un resultado positivo, si no se forman burbujas u otros defectos desde el filo exterior de la muestra desde cualquier rajadura que pudiese ocurrir durante el ensayo.	Aceptable
	Cuando la probeta de ensayo sea cortada de un parabrisas, no deben aparecer burbujas o defectos a más de 15 mm del borde no cortado del parabrisas, o a más de 25 mm del borde cortado de la probeta y a más de 10 mm de cualquier fisura que se forme durante la prueba.	Aceptable
	De un grupo de 4 probetas ensayadas todas dan un resultado positivo.	Aceptable
	Un ensayo ha dado resultado negativo, pero una serie posterior de ensayos realizados en un nuevo grupo de cuatro probetas no da ningún resultado negativo.	Aceptable
	Si el vidrio de seguridad se agrieta hasta tal punto que no puede llegarse a una conclusión definitiva, repetir el ensayo usando un nuevo grupo de 4 probetas.	Aceptable

Fuente: NTE INEN 1669

Los vidrios de seguridad laminados para automotores cuando se ensayen con la norma NTE INEN 1731 deben cumplir con lo siguiente:

- Mantener las muestras sumergidas en un recipiente cerrado durante dos semanas a un rango de temperatura y humedad relativa establecido por un periodo de dos semanas.

Tabla 49. Requisitos para aprobación de ensayo de resistencia a la humedad.

<b>Vidrios Laminados</b>		
Sumergir la muestra	No debe desarrollarse ninguna separación del material, salvo pequeñas anchas ocasionales, ninguna de las cuales debe extenderse hacia adentro desde el borde adyacente de la probeta a una profundidad no mayor de 6,35 mm.	Acceptable

Fuente: NTE INEN 1669

## **CAPÍTULO VII**

### **7. DESARROLLO DEL SISTEMA DOCUMENTAL**

#### **7.1 Propósito**

Verificar que los vidrios de seguridad del sector automotriz cumplan con lo establecido en la norma NTE INEN 1669 y según el requerimiento de las normas técnicas NTE INEN 1722, 1724, 1726, 1731.

#### **7.2 Alcance**

El proceso de verificación y control de las normas técnicas NTE INEN 1722, 1724, 1726, y 1731. Se realiza a todos los vehículos que tengan más de dos ruedas y que van a ingresar en circulación ya sean importados o ensamblados en el país. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO, 2010)

#### **7.3 Políticas de operación normas y lineamientos**

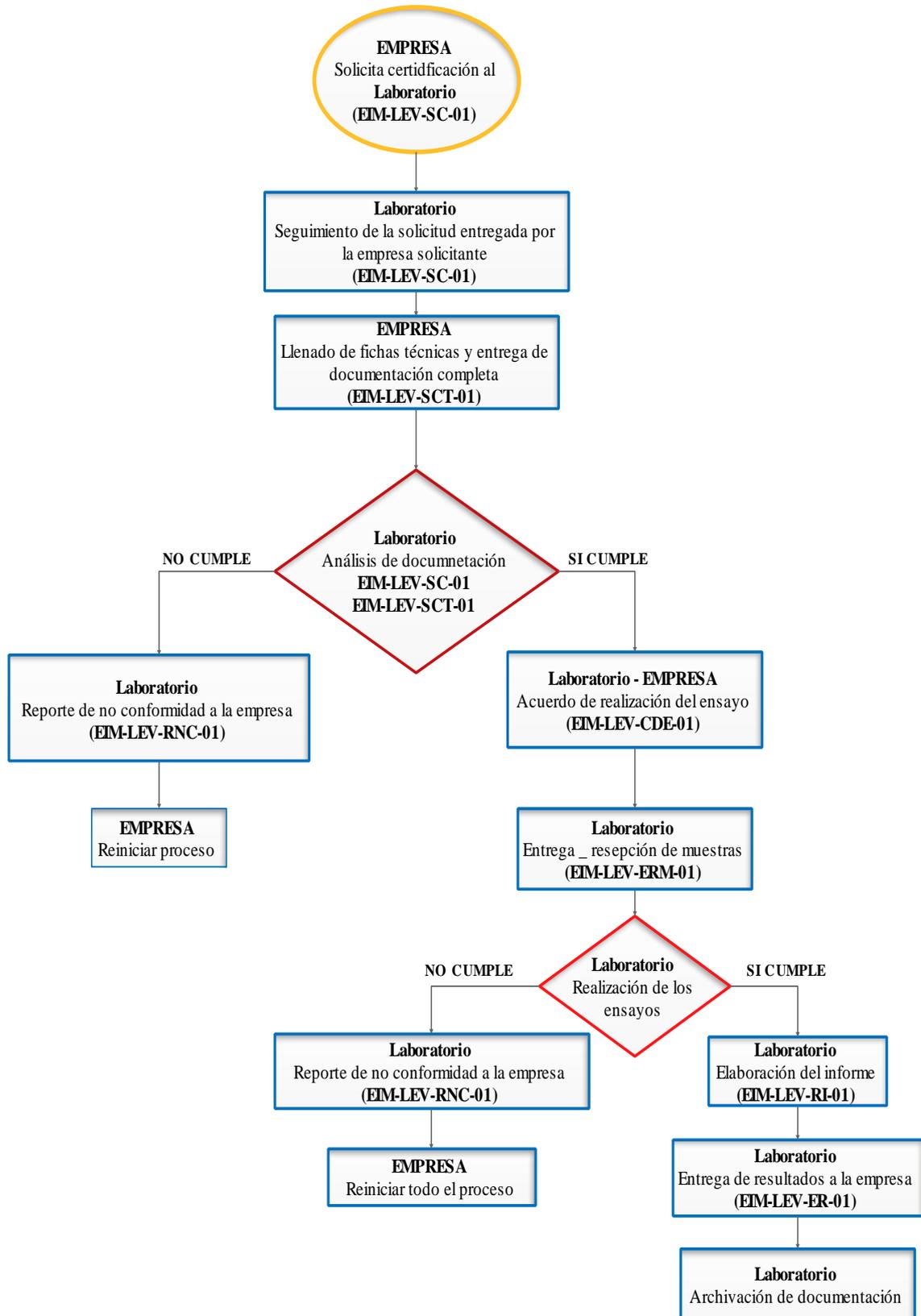
Los factores de referencia para este lineamiento se han realizado en base a las normas y reglamentos INEN vigentes en la actualidad tales como: NTE INEN 1669: Vidrios de seguridad para automotores, NTE INEN1722: Determinación de la fragmentación, NTE INEN 1724: Determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (Ensayo del Maniquí). NTE INEN 1726: Determinación de la resistencia a la alta temperatura NTE INEN 1731: Determinación de la resistencia a la humedad.

Para la verificación del cumplimiento de las normas se establece que los vidrios de seguridad para automotores son: Vidrio de seguridad templado y vidrio de seguridad laminado.

Los vidrios de seguridad serán certificados siempre que cumplan con los requerimientos establecidos por cada una de las normas de seguridad valiéndose de los parámetros que se midan al realizar los ensayos y la caracterización de las muestras. Esto nos garantiza una calidad del vidrio en el mercado.

## 7.4 Organigrama de procedimiento de verificación

Figura 54. Organigrama del procedimiento de control.



Fuente: Autores

## 7.5 Descripción del procedimiento de verificación

Tabla 50. Cronograma de procedimiento de verificación.

Ítems	Secuencia	Actividad	Responsable
1	Solicitud de certificación. <b>EIM – LEV SC – 01 – 01</b>	La empresa solicita por escrito al laboratorio de ensayos de vidrio la verificación y el control de la calidad del vidrio de seguridad que fabrican para el sector automotriz según el procedimiento de gestión de solicitud <b>EIM/LEV/SC/01</b> y el formato de solicitud de ensayo <b>EIM/FSE/01</b>	EMPRESA
2	Seguimiento de la solicitud <b>EIM – LEV SC – 01 – 01</b>	El laboratorio de ensayo de vidrio en un plazo no mayor a 2 días dará respuesta a la solicitud entregada por la empresa	Laboratorio de ensayo de vidrio.
3	Ficha técnica y adjuntar la documentación correspondiente <b>EIM – LEV SCT– 01 – 01</b>	La empresa solicitante facilita al laboratorio de ensayo de vidrio la ficha técnica y adjunta la documentación completa de los vidrios de seguridad de tal manera que se pueda analizar con anticipación.	EMPRESA
4	Análisis de documentación <b>EIM – LEV SCT– 01 – 01 MNC– 01 – 02 MC– 01 – 013</b>	Si la documentación entregada por la empresa al laboratorio de ensayo de vidrio no está completa se procederá con lo siguiente: El laboratorio de ensayo de vidrio enviara un mensaje por escrito y/o vía email a la empresa según el registro de reporte <b>EIM/LEV/RNC/01</b> , las no conformidades encontradas en la documentación. La empresa deberá realizar nuevamente la documentación las veces que sean necesarios para su aprobación.	EMPRESA
5	Entrega y recepción de probetas <b>EIM – LEV ER – 01</b>	La entrega y recepción de muestras se realiza de tal modo que tenga toda la información necesaria de acuerdo con lo establecido en el formato de recepción de muestras, las dos partes deberán establecer las firmas de responsabilidad	Laboratorio de ensayo de vidrio.  EMPRESA
6	Realización del ensayo <b>EIM – LEV MCE – 01 MRE – 01 MNC – 02 MC – 02</b>	El laboratorio de ensayo de vidrio conjuntamente con la empresa se pone de acuerdo en la fecha que se realizarán los ensayos de verificación de los vidrios de seguridad según las normas NTE INEN 1722, 1724, 1726 y 1731.	Técnico del laboratorio de ensayo de vidrio.

<b>7</b>	Informe del ensayo <b>EIM – LEV</b> <b>MCE – 01</b> <b>MRE – 01</b> <b>MNC – 02</b> <b>MC – 02</b>	Si los vidrios de seguridad para la industria automotriz cumplen con lo establecido en las normas NTE INEN 1722, 1724, 1726 y 1731 se procede a realizar un informe. <b>(EIMLEV//RI/01)</b> Si los vidrios de seguridad para el sector automotriz no cumple con lo establecido en las normas se procede con lo siguiente: El laboratorio de ensayo de vidrio informa por escrito y/o vía email a la empresa las no conformidades encontradas en los ensayos según las normas establecidas por la ANT. Este comunicado lo hace según el registro de no conformidades <b>EIM/LEV/RNC/01</b> .	Técnico del laboratorio de ensayo de vidrio.
<b>8</b>	Proceso de certificación <b>EIM</b> <b>MC – 02</b> <b>MEC – 01</b>	Elaboración del certificado	Laboratorio de ensayo de vidrio.

Fuente: Autores

## 7.6 Sistema de codificación del documental

Tabla 51. Sistema de codificación.

<b>Sistema de codificación</b>	
Primer número	Número del ensayo correspondiente a la norma NTE INEN1669
Segundo número	Número del ensayo realizado correspondiente a cada norma.
EIM	Escuela de ingeniería mecánica
LEV	Laboratorio de ensayos de vidrio
SC	Solicitud de servicio.
FPE	Formato de plan de evaluación
RM	Recepción de muestras
RAM	Registro de acondicionamiento de las muestras
PI	Preparación de instrumentos de medición
RE	Reporte de ensayo
MIE	Modelo de informe y no conformidades

Fuente: autores

## 7.7 Formato de hojas modelo para procedimiento de verificación

Los formatos de hojas para la verificación fueron elaborados según los pasos a seguir de acuerdo con la norma técnica NTE INEN 1669. Y de acuerdo a lo establecido en las

normas de control de cada ensayo según las normas NTE INEN 1722, 1724, 1726 y 1731 las cuales están adjuntas en el ANEXO F.

Las probetas siguen un procedimiento para la verificación de acuerdo a cada ensayo a realizar, para cada uno se elaboró las hojas de verificación como son: la solicitud de ensayo, recepción de las muestras, preparación de las muestras, preparación de los instrumentos y equipos de ensayo, reporte de ensayo, informe de ensayo y no conformidades y la elaboración del certificado.

## **CAPÍTULO VIII**

### **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1 Conclusiones**

Los equipos fueron construidos de un prototipo mediante el cual obtuvimos un coeficiente de seguridad conservador para los elementos, así mismo se desconoce efectos secundarios que actúen en los mismos.

Estos equipos se diseñaron en base a la necesidad y requerimiento del laboratorio de ensayo de vidrios de la escuela de ingeniería mecánica, obteniendo equipos confiables y con características de fácil operación y transporte.

Los elementos para la construcción de los equipos son encontrados fácilmente en el mercado local y nacional facilitando la adquisición de repuestos si así fuera necesario.

Todos los vidrios de seguridad para automotores deben cumplir con lo establecido en las normas NTE INEN 1669, NTE INEN 1722, NTE INEN 1724, NTE INEN 1726, NTE INEN 1731, y sus resultados deben ser aceptables, es decir en caso de impacto del automotor el vidrio debe proteger la vida de los ocupantes, no causar heridas y debe soportar el tratamiento para el cual fue diseñado.

En los ensayos los vidrios deben cumplir con lo establecido en las normas, seguir el procedimiento de cada una y así mismo para los resultados, de modo que no necesite de personal altamente calificado para la realización de los ensayos.

Estos ensayos son muy importantes ya que nos permitió cuantificar la calidad del vidrio de seguridad para automotores para ser comercializados en el mercado nacional, y no todas las empresas cumplen con los requerimientos mínimos del vidrio de seguridad.

## **8.2 Recomendaciones**

Realizar la implementación de la señalética en el laboratorio de ensayos de vidrio de seguridad para automotores para garantizar la integridad física del personal, ya que existe riesgo eléctrico, riesgo de incendio, riesgo a la caída del maniquí y los equipos operan en forma manual.

Verificar que la torre telescópica este bien nivelado para que no haya ningún inconveniente a la hora de soltar el maniquí sobre el porta probetas.

Garantizar que el flujo de corriente eléctrica sea siempre continuo al momento de realizar el ensayo de humedad para que la temperatura se mantenga constante durante las dos semanas de prueba.

Verificar la altura de caída libre con un flexómetro, el peso del maniquí con una balanza certificada, la temperatura del agua en los recipientes de ensayos de temperatura y humedad con un termómetro certificado.

El personal técnico debe estar presente en el instante del ensayo para verificar que se realice según el procedimiento estipulado en cada norma.

Utilizar los equipos solo para los ensayos y no con otros fines.

Realizar un rediseño de la torre telescópica automatizando la subida y bajada del brazo de sujeción del maniquí y un sensor de altura para minimizar los errores de caída libre.

Sugerir al Decano de la facultad se realice los trámites respectivos para la acreditación de los equipos de prueba ante los organismos correspondientes.

## BIBLIOGRAFÍA

**BEER, Ferdinand, JOHNSTON, Russell y EISENBERG, Elliot. 2007.** *Mecánica vectorial para ingenieros*. Octava edición. México : McGraw-Hill, 2007.

**BUDYNAS, Richard y NISBETT, Keith. 2012.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Octava edición. México : McGraw-Hill, 2012.

**CABE , M. C y SMITH, S. C. 1991.** *Operaciones básicas de ingeniería química*. Primera edición. México : McGraw-Hill, 1991.

**CENGEL, Y. A. y BOLES, M. A. 1996.** *Termodinámica*. Segunda edición. México : McGraw-Hill, 1996.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. 2011.** *Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a alta temperatura*. Quito : INEN, 2011. 08 págs. NTE INEN 1726.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. 2011.** *Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos*. Quito : INEN, 2011. 18 págs. NTE INEN 1669.

—. **2011.** *Vidrios de seguridad. Determinación de la fragmentación*. Quito : INEN, 2011. 09 págs. NTE INEN 1722.

—. **2011.** *Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (Ensayo del maniquí)*. Quito : INEN, 2011. 09 págs. NTE INEN 1724.

—. **2011.** *Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a la humedad*. Quito : INEN, 2011. 07 págs. NTE INEN 1731.

—. **2011.** *Vidrios de seguridad. Muestreo*. Quito : INEN, 2011. 08 págs. NTE INEN 1721.

**MOTT, Robert. 2006.** *Diseño de elementos de máquinas*. Cuarta edición. México : Prentice Hall, 2006.

**REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO. 2010.** *Elementos mínimos de seguridad en automotores*. Quito : RTE, 2010. 17 págs. REGISTRO OFICIAL 14 453.

**VITRALBA CRISTALERÍA.** *Vidrios de seguridad* . [En línea]  
<http://www.vitralba.com/vidrio-seguridad.php>..

# **ANEXOS**

## Anexo A

NORMA NTE INEN 1669:2011. Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1669:2011**  
**Primera revisión**

---

## VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES. REQUISITOS.

**Primera Edición**

SAFETY GLASS FOR ROAD VEHICLES. REQUIREMENTS.

First Edition

---

DESCRIPCIÓN: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, vidrios de seguridad para automotores, parabrisas, lunetas, laterales, techo, requisitos.

SG 05.01-401

CDU: 698.155.698.191:629.11.011.67

CISU: 3620

ICS: 43.040.60

## Anexo B

NORMAS NTE INEN 1722, NTE INEN 1724, NTE INEN 1726, NTE INEN 1731



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1722:2011**  
**Primera revisión**

---

## **VIDRIOS DE SEGURIDAD. DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN.**

**Primera Edición**

**SAFFETY GLASS. FRAGMENTATION TEST.**

**First Edition**

---

**DESCRIPTORES:** Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, vidrios de seguridad para automotores, parabrisas, lunetas, laterales, techo, ensayos mecánicos, ensayo de fragmentación.

SG 05.01-301

CDU: 666.135-666.101:629.11.0 11.67

CIRI: 3030

ICS: 43.040.60

**Anexo C**  
Características del laurel

# CARACTERÍSTICAS DEL LAUREL

## Ficha Técnica No. 8 LAUREL



**ESPECIE:** *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken

**FAMILIA:** BORAGINACEAE

**NOMBRES COMÚNES:** Laurel blanco, Laurel caferero, Araña caspi, Laurel macho.

**IMPORTANCIA ECONÓMICA:** El Laurel es muy popular debido a su alta calidad, a la dureza de su madera y a su rápido crecimiento, teniendo gran demanda para la industria, la ebanistería y la agroforestería.

**GENERALIDADES:** Es una especie apta para plantaciones forestales de escala industrial, ya que su madera tiene buenas características de trabajabilidad, belleza y brillo. La demanda de esta especie es sostenida, con altas probabilidades de incrementarse.

En sistemas agroforestales, los árboles de laurel constituyen una fuente de ingreso adicional a los cultivos y podrían considerarse como una caja de ahorro para cualquier emergencia de gastos.

### DENDROLOGÍA:

#### Fisonomía del árbol

**Tronco:** Es recto y cilíndrico.

**Corteza:** La corteza externa no es muy fisurada, de color café oscuro, con aletones poco o medianamente rectos de 40 m de altura.

**Raíz:** En buenas condiciones edáficas desarrolla una raíz principal, profunda y fusiforme.

**Copa:** Es rala por lo que proyecta poca sombra; es angosta con tendencia a cilíndrica o sub-piramidal.

#### Caracteres botánicos

**Hojas:** Son simples, alternas y dispuesta en espiral; son ásperas, verde oscuras y

opacas por arriba, y verde mas claro por debajo.

**Flores:** Son blancas con olor dulce, dispuestas en un manojo vistoso, de 5 a 30 cm de longitud. Las floraciones se han observado entre octubre y marzo.

**Fruto:** Es una nuececilla pequeña de color café que contiene una semilla blanca de 4 a 5 mm de longitud. Se pueden encontrar los frutos entre noviembre y abril, y la recolección debe hacerse en la copa del árbol.

### Ecología y distribución:

El Laurel es una especie nativa de los bosques primarios y secundarios de la Costa y Amazonia ecuatorianas. Su distribución es desde México a Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil. Una de las características interesantes de este árbol es que presenta autopoda, aun en condiciones abiertas. Los árboles adultos pueden ser deciduos, aun en climas no estacionales, durante uno o dos meses después de la producción de la semilla.

### SILVICULTURA:

#### Requerimientos Edafoclimáticos:

Tolera todos los tipos de **suelos** comprendidos en bosque húmedo tropical, pero para un mejor crecimiento requiere de suelos profundos, franco arenosos y franco arcillosos, moderadamente bien drenados, preferentemente de origen aluvial y ricos en materia orgánica.

De acuerdo a ensayos pre-establecidos, se ha podido determinar que el Laurel es muy exigente en condiciones de sitio, con buenos rendimientos en sistemas agroforestales; sin embargo en plantaciones puras, sus rendimientos no han sido los deseados por lo que requiere de manejo y mantenimiento adecuados.

#### Condiciones Climáticas Óptimas

Temperatura °C	23 - 25
Precipitación mm	2.000 - 5.000
Rango altitudinal m.s.n.m	50 - 500 (1.000)

### Regeneración Natural:

Gracias a la forma y peso de la semilla, esta especie se dispersa a grandes distancias, lo que contribuye a que su regeneración natural sea abundante, al extremo de poderse considerar una especie pionera. Además los tocones de los árboles jóvenes emiten muchos retoños, lo cual facilita la propagación por pseudo estaca.

### Repoblación:

**Prácticas de Vivero:** Es muy importante hacer coincidir la zona de vida con la de procedencia de la semilla que dio origen a las plántulas.

**Preparación del Terreno y Plantación:** Las plantaciones en rodales pasan por el proceso de limpieza, subsolado, arado y rastrado previo al hoyado y surcado. Existen algunas combinaciones agrosilviculturales, como el cacao y el café. Se debe plantar con un espaciamiento de aproximadamente 12 m x 12 m. En caminos que se van a utilizar como linderos, se puede usar un espaciamiento de 6 x 4 m o 5 m. y en plantaciones lineales de 3 m a 4 m.

**Crecimiento y Manejo de la Plantación:** Los raleos se deben realizar de acuerdo al desarrollo de la masa. El primer raleo debe realizarse a los 5 o 6 años de edad, el segundo a los 10 años y el tercero a los 15 años. El turno de explotación puede ser de 25 a 30 años, en cuya edad los árboles pueden alcanzar entre 40 o 50 cm. de diámetro.

### Factores limitantes para el crecimiento:

• No se recomienda plantarlo en asocio con pastos, debido al pisoteo de ganado,

ya que restringe el crecimiento diametral del fuste.  
 • Como plántula soporta la sombra pero luego requiere total exposición por ser heliófita.  
 • No soporta suelos poco profundos y de baja fertilidad y mal drenados.

**PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA MADERA:**

**Propiedades Organolépticas de la Madera:**

**Color:** El tronco recién cortado presenta las capas externas de la madera (albura) de color beige amarillento y las capas internas (duramen) de color café claro. En madera seca al aire, la albura se torna de color marrón muy pálido y el duramen a color marrón amarillento.

**Veteado:** Es con arcos superpuestos, definidos por anillos de crecimiento, parénquima axial y líneas vasculares contrastados con vetas oscuras y bandas anchas encontrados con tonos dorados.

**Grano:** Normalmente recto.

**Textura:** Fina y homogénea. El lustre es regular pero alto en la superficie radial.

**Trabajabilidad:**

Es una madera fácil de trabajar y presenta buen pulimento en el cepillado, moldurado y lijado.

**Secado:**

La velocidad de secado es de rápida a moderada, no registra defectos de secado apreciables y la estabilidad dimensional es excelente.

**Preservación:**

Es fácil de preservar y tiene una alta durabilidad natural.

**Propiedades Físicas:**

Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Verde	Seco al aire	Básica
	0,89	0,45	0,39
Contracción normal %	Tangencial	Radial	Volumétrica
	4,20	1,73	2,40

**Propiedades Mecánicas:**

		Verde	Seco al aire
Flexión Estática	ELP Kg/cm <sup>2</sup>	349,53	464,42
	MOR Kg/cm <sup>2</sup>	564,4	723,76
	MOE Ton/cm <sup>2</sup>	71,52	86,2
Compresión	Paralela	ELP Kg/cm <sup>2</sup>	175,34
		MOR Kg/cm <sup>2</sup>	221,48
	Perpendicular	ELP Kg/cm <sup>2</sup>	40,68
		MOE Ton/cm <sup>2</sup>	69,46
Dureza	Tangencial	285,75	246,63
	Radial	314,17	294,18
	Extremo	323,83	276,54

ELP: Esfuerzo en el límite proporcional  
 ER: Esfuerzo de ruptura  
 MOR: Módulo de ruptura  
 MOE: Módulo de Elasticidad

**USOS:**

Debido a sus propiedades estéticas favorables como: color, veteado y brillo; y por sus propiedades de fácil trabajabilidad, es ampliamente demandada por distintas industrias, por empresas de muebles, para la construcción de puertas y ventanas, para la elaboración de artesanías, para la ebanistería fina, revestimientos decorativos, esculturas y carpintería en general.

**COSTOS REFERENCIALES DE ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE PLANTACIONES FORESTALES**

SISTEMA	Rodal de producción (Para 1 ha.)	
REGIÓN	Costa y Amazonia	
ESPECIE	Cordia alliodora	
DENSIDAD	625 plantas / ha	1.100 plantas / ha
ESPACIAMIENTO	4 X 4 m	3 x 3 m
OBJETIVO	Producción de madera para desarrollo y aserrío	
TURNO	18 a 20 años	

ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN	COSTO	COSTO
	625 pl / ha	1.100 pl / ha
<b>Preparación del Terreno:</b>		
Manga (jornal con motosierra), Socola, Señalamiento (valizada) y Hoyado	149,74	170,30
<b>Plantación y Replante:</b>		
Plantas, Transporte, Plantación y Replante (15%)	257,26	449,77
<b>Mantenimiento hasta 1 año de edad:</b>		
Limpieza de Corona, Manga, Chapia	164,48	185,04
<b>SUBTOTAL AÑO 1</b>	<b>571,48</b>	<b>805,11</b>
Administración, Asistencia Técnica, Supervisión (20%)	114,30	161,02
<b>TOTAL ESTABLECIMIENTO / MANTENIMIENTO AÑO 1</b>	<b>685,78</b>	<b>966,13</b>
<b>Mantenimiento hasta 2do. año:</b>		
Limpieza de Coronación, Manga y Chapia	164,48	185,04
<b>Mantenimiento hasta 3er. año:</b>		
Limpieza de Coronación, Manga y Chapia	82,24	92,52
<b>SUBTOTAL AÑOS 2 Y 3</b>	<b>246,72</b>	<b>277,56</b>
Administración, Asistencia Técnica, Supervisión (20 %)	49,34	55,51
<b>TOTAL MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACIÓN AÑOS 2 y 3</b>	<b>296,06</b>	<b>333,07</b>
<b>GRAN TOTAL GENERAL</b>	<b>981,84</b>	<b>1.299,20</b>

**Bibliografía Consultada:**

CAÑADAS LUIS (1.983) El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. MAG-PRONAREG. Quito, Ecuador. 210 p.  
 CATIE (1.986) Dimensiones, Volúmenes y Crecimiento de Cordia alliodora en Sistemas Agroforestales. Boletín Técnico No. 16. Turrialba, Costa Rica. 23 p.  
 CORMADERA-OIMT (1.997) Manual para la Producción de Laurel Quito, Ecuador. 47 p.  
 FAO/ISF (1.969) Arboles Comunes de la Provincia de Esmeraldas. Estudio de Preinversión para el Desarrollo Forestal de Noroccidente Tomo IV. Roma 536 p.  
 INEFAN-ITTO (1.995) Autecología de la Especie Laurel. Cartilla 1. DINICE. Conocoto, Ecuador.  
 INIA-OIMT (1.996) Manual de Identificación de Especies Forestales de la Sub-región Andina. Proyecto PD 150/91. Lima, Perú. 489 p.  
 VASQUEZ E. (1.980). Usos Probables de Algunas Maderas del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional Forestal. Quito, Ecuador.



## **Anexo D**

Programación del equipo para el ensayo de humedad

## PROGRAMACIÓN DEL EQUIPO PARA ENSAYOS DE HUMEDAD

```
#include <OneWire.h> //Configurar bus onewire de Dallas
#include <DallasTemperature.h> //El termometro de Dallas DS1820
#include <Wire.h>
//Pata por la que van a entrar los datos al Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 2
// Setup a oneWire instance to communicate with any OneWire devices (not just
Maxim/Dallas temperature ICs)
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
// Pass our oneWire reference to Dallas Temperature.
DallasTemperature sensors(&oneWire);
int motor = 5;
int led1=4; //indicador
int led2=3; //resistencia termica
unsigned long suma = 0;
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(7, 8, 12, 11, 10, 9);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode (led1,OUTPUT);
  pinMode (led2,OUTPUT);
  pinMode (motor,OUTPUT);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(3, 0);
  lcd.print("INGENIERIA");
  lcd.setCursor(4, 1);
  lcd.print("MECANICA");
  delay(5000); // wait 500ms
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("Resistencia");
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("a la Humedad");
  delay(5000);
  lcd.clear();
}
void loop()
{
  sensors.requestTemperatures();
  begins with 0):
  lcd.setCursor(2, 0); // Set LCD cursor position (column 0, row
0)
  lcd.print("Temperatura:"); // Print text to LCD
  lcd.setCursor(1, 1); // Set LCD cursor position (column 1, row
1)
  lcd.print("Celcius "); // Print text to LCD
  lcd.setCursor(11, 1); // Set LCD cursor position (column 12, row
1)
```

```

lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0)); // print current Temp sample to LCD
delay (1000);
if (sensors.getTempCByIndex(0) < 51){ // enciendo termo y apagado motor
  digitalWrite (led2,HIGH);
  digitalWrite (motor,LOW);
}
if (sensors.getTempCByIndex(0) >= 49 && sensors.getTempCByIndex(0) <=54) {
//Motor ON y Led 2 ON/OFF
  digitalWrite (led1,HIGH);
  delay (500);
  digitalWrite (led1,LOW);
  delay (500);
}
if (sensors.getTempCByIndex(0) > 51){ // enciendo termo y apagado motor
digitalWrite (motor,HIGH);
delay (2000);
digitalWrite (motor,LOW);
delay (4000);
digitalWrite (led2,LOW);
}
delay (1000);
}

```

Programación funcionando.



Fuente: Autores

## Anexo E

### Características de los tubos estructurales



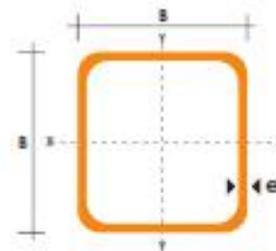
### TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

#### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6 mts.
<b>Otros largos</b>	Favor Consultar
<b>Dimensiones</b>	Desde 20mm a 100mm
<b>Espesor</b>	Desde 2.0mm a 3.0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	I
mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.55	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.05	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.45	1.15	0.92
30	1.2	1.08	1.38	1.91	1.25	1.15
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.75	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.35	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.45	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.05	4.42	1.57
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.54
50	3.0	4.45	5.51	21.20	8.45	1.51
60	2.0	3.65	3.74	21.25	7.09	2.30
60	3.0	5.42	6.81	35.05	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.05	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.95	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.89	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	225.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



**Anexo F**  
Ensayos realizados

**ENSAYOS REALIZADOS  
DOCUMENTOS PREVIOS AL ENSAYO.**

	<b>TÍTULO:</b>		<b>CÓDIGO:</b>
	MODELO DE SOLICITUD DE SERVICIO PARA LA VERIFICACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN PARA LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1722.		<b>EIM-LEV-SC-01-01</b>
<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>	<b>VIGENTE DESDE:</b> <i>JUNIO DE 2016</i>

**SOLICITUD DE SERVICIO.**

**FECHA:** 2016-06-07 **No.** 001  
**ATENCIÓN:** LABORATORIO DE ENSAYOS DE VIDRIOS  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Por medio de la presente solicito a usted la realización del ensayo de la determinación de la fragmentación para los vidrios de seguridad para la industria automotriz, cuyos datos adjunto a continuación.

<b>DATOS DEL VIDRIO DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES</b>	
Denominación del producto:	<b>I001T</b>
Identificación del lote de producción:	<b>1</b>
Clase:	<b>Destructivo</b>
Tipo:	<b>Templado</b>
Espesor(mm):	<b>6 mm</b>
Numero de muestras:	<b>6</b>
Observaciones:	
<b>DATOS DE LA EMPRESA</b>	
Nombre de la empresa:	<b>XXXXXX</b>
RUC:	<b>XXXXXX</b>
Dirección:	<b>XXXXXX</b>
Representante legal:	<b>XXXXXX</b>
Teléfono:	<b>XXXXXX</b>
Celular:	<b>XXXXXX</b>
Email:	<b>XXXXXX</b>
<b>ALCANCE DE LA EVALUACIÓN</b>	
El alcance de la evaluación es verificar si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los literales de las siguientes normas.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El literal 6.1 de la norma NTE INEN1722</li> <li>• El literal 6.2 de la norma NTE INEN1722</li> <li>• El literal 5.1.1.1 de la norma NTE INEN1669: Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos</li> </ul>	

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

.....  
 REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA.

**SELLO**

	<b>TÍTULO:</b> FORMATO DE PLAN DE EVALUACIÓN.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-FPE-01-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### PLAN DE EVALUACIÓN

**FECHA:** *2016-06-07* **No.** *001*

DATOS DE LA EMPRESA	
Nombre de la empresa:	XXXXX
RUC:	XXXXX
Dirección:	XXXXX
Representante legal:	XXXXX
Teléfono:	XXXXX
Celular:	XXXXX
Email:	XXXXX

#### EQUIPO EVALUADOR

El equipo evaluador está integrado por: Francisco Tustón (Técnico)  
Raúl Godoy (Asistente)

#### ALCANCE DE LA EVALUACIÓN

El alcance de la evaluación es verificar si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los literales de las siguientes normas.

- El literal 6.1 de la norma NTE INEN1722
- El literal 6.2 de la norma NTE INEN1722
- El literal 5.1.1.1 de la norma NTE INEN1669: Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos

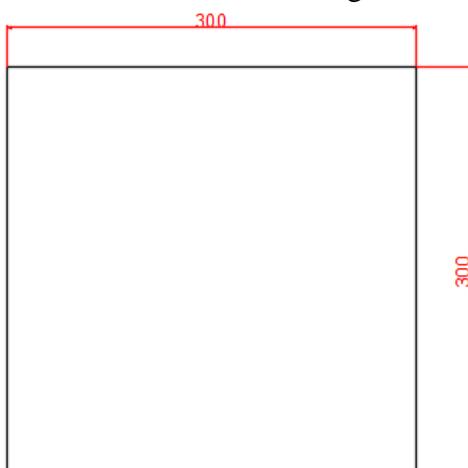
CRONOGRAMA DE LA EVALUACIÓN		
ACTIVIDAD	DÍA	HORA
Entrega – recepción de muestras	2016 / 06 / 09	9:00
Acondicionamiento de las muestras.	NO REQUIERE	NO REQUIERE
Realización del ensayo	2016 / 06 / 14	15:00
Entrega de resultados.	2016 / 06 / 16	8:00
<b>CONFIDENCIALIDAD:</b> El LEV se compromete a garantizar la confidencialidad de toda la información recibida y revisada de las muestras de vidrio de seguridad para automotores entregada por la empresa solicitante.		
.....	.....	.....
DIRECTOR LEV	TÉCNICO LEV	ASISTENTE TÉCNICO
<b>Compromiso:</b> La empresa solicitante se compromete a cancelar el costo total del servicio de acuerdo a los valores establecidos mediante el convenio LEV – EMPRESA		
.....	.....	.....
REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA		SELLO

	<b>TÍTULO:</b> RECEPCIÓN DE MUESTRAS PARA EVALUACIÓN DE DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN SEGÚN NORMA NTE INEN 1722.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-RM-01-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> 001	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### RECEPCIÓN DE MUESTRAS

**FECHA:** 2016-06-09 **No.** 001

Las muestras deben cumplir con lo especificado en la norma, para este ensayo según la norma NTE INEN 1722 numeral 5.1 debe tener las siguientes dimensiones.



También debe cumplir con los siguientes espesores:

Espesor (mm)	Limite (mm)	
	Mínimo	Máximo
3	2,5	3,6
4	3,7	4,5
5	4,6	5,3
6	5,4	6,5
7	6,6	7,5
8	7,6	8,3

N°	Espesor	Color	Red desempañante	No cumple	Cumple
1	5,9	Transparente	No aplica		X
2	5,8	Transparente	No aplica		X
3	6	Transparente	No aplica		X
4	5,83	Transparente	No aplica		X
5	5,9	Transparente	No aplica		X
6	5,8	Transparente	No aplica		X

.....  
**TÉCNICO RESPONSABLE**

	<b>TÍTULO:</b> REGISTRO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES SEGÚN NTE INEN 1722.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-RAM-01-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

## REGISTRO DE ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS

**FECHA:** *2016-06-09* **No.** *001*

La determinación de la fragmentación según la norma NTE INEN 1722, establece que:

- El material que va a ensayarse consiste en seis probetas de 300 mm · 300 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción, y puede ser hasta un vidrio de seguridad completo, por punto a ensayarse.
- Inmediatamente antes del ensayo las muestras deben ser acondicionadas como mínimo durante 4 horas a 20°C ± 5°C y humedad relativa de 60% ± 20 %.

ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS				
PROBETA	HORA DE INICIO	TIEMPO	TEMPERATURA	HUMEDAD
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-

**OBSERVACIONES:**  
En la ciudad de Riobamba se tiene una temperatura promedio de 16 °C y una humedad relativa promedio de 70%. Por lo cual no se debe construir una cámara e acondicionamiento a las necesidades requeridas para el ensayo.

.....  
TÉCNICO RESPONSABLE

SELLO

	<b>TÍTULO:</b> PREPARACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN		<b>CÓDIGO:</b> <b>EIM-LEV-PI-01-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### PREPARACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

**FECHA:**                    *2016-06-09*

**No.**                        *001*

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

Instrumento	Función	Ultima fecha de calibración	Cumple	
			Si	No
Flexómetro	Medir longitud de probeta	XXXXX	X	
Calibrador pie de rey	Medir el espesor	XXXXX	X	
Balanza	Medir peso vidrio fracturado	XXXXX	X	
Cronómetro	Tomar el tiempo de fractura	XXXXX	X	
Martillo	Golpea las probetas	XXXXX	X	

.....  
 TÉCNICO RESPONSABLE

SELLO

	<b>TÍTULO:</b> REPORTE DEL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN DE VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN NORMA NTE INEN 1722.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-RE-01-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

## REPORTE DE ENSAYO N° 01

### OBJETIVO

Determinar la fragmentación en vidrios de seguridad templados para automotores según la norma NTE INEN 1722.

### RECURSOS

#### a. Herramientas

- Mesa
- Cronómetro
- Calibrador pie de Rey
- Flexómetro
- Balanza
- Martillo

#### b. Materiales y / o probetas

DATOS DE PROBETAS	
<b>Empresa:</b>	FAVITGLASS
<b>Tipo:</b>	Vidrio templado
<b>Espesor:</b>	6 mm
<b>Ensayo bajo norma:</b>	NTE INEN 1722
<b>Nro. De probetas</b>	6
<b>Tipo de uso</b>	Vidrio lateral

### PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

1. Preparación de la muestra según requerimiento **EIM-LEV-RAM-01-01**.
2. Marcar las muestras con un número de serie
3. Trazar el punto de impacto de la muestra según indica la norma.
4. Colocar la muestra sobre la mesa
5. Golpe con el martillo en la señal hecha en la muestra
6. Contar los pedazos de vidrio según indica la norma
7. Medir y pesar los fragmentos más grandes
8. Obtener los resultados
9. Realizar el reporte o las no conformidades

## DATOS GENERALES

Fecha de ensayo:	2016 / 06 / 14
Laboratorio:	EIM
Responsable del ensayo:	Francisco Tustón

## DATOS DE LA MUESTRA

N°	Espesor	Color	Red desempañante	Vidrio		Cumple	
				Templado	Laminado	Si	No
1	5,9	Transparente	No aplica	X		X	
2	5,85	Transparente	No aplica	X		X	
3	6	Transparente	No aplica	X		X	
4	5,83	Transparente	No aplica	X		X	
5	5,9	Transparente	No aplica	X		X	
6	5,8	Transparente	No aplica	X		X	

## DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

- Con el martillo se debe golpear la muestra en el punto trazado según la norma y luego encontrar los fragmentos más grandes y trazar un cuadrado de 50mm x 50mm para medir estos según la norma NTE INEN 1722.
- Los fragmentos interceptados por los bordes del cuadrado, se contarán como mitades.
- No se controlará la fragmentación de una tira de 20 mm de ancho alrededor de todo el borde y de las perforaciones de las muestras, que representan el marco del vidrio o dentro de un radio de 75 mm alrededor del punto de impacto.
- No son admitidos fragmentos de forma alargada con tamaño superior a los 75 mm.
- Darán resultados positivos si todas las muestras cumplen con lo establecido en la norma NTE INEN 1722.
- Darán resultado satisfactorio si 3 probetas han dado negativo y las siguientes tomadas de un grupo de 6 cumplen con lo establecido en la norma NTE INEN 1722.

## RESULTADOS DEL ENSAYO

RESULTADOS DEL ENSAYO						
ITEMS	Muestras ensayadas					
	1	2	3	4	5	6
N° Fragmentos en área de (50 mm x50mm) encontrados en el área que encuentren los fragmentos de mayor tamaño deben estar entre 40 y 400	153	70	183	68	57	147
Peso del fragmento Mayor < 4.25 gramos.	2,34	1,10	2,27	2,70	2,06	0,56
Fragmento más largo < 75 mm	49,67	32,12	57,81	55,21	49,83	14,56
Temperatura ( ° C )	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1
Humedad ( % )	50%	50%	50%	50%	50%	50%

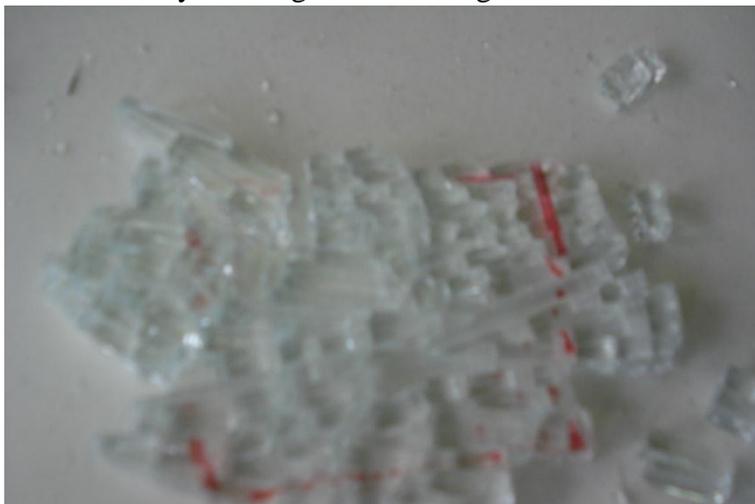
No	Cumplimiento		OBSERVACIONES
	SI	NO	
1	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1722
2	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1722
3	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1722
4	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1722
5	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1722
6	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1722

## ANEXO FOTOGRÁFICO

**PROBETA 1.** Ensayo de fragmentación según norma NTE INEN 1722.



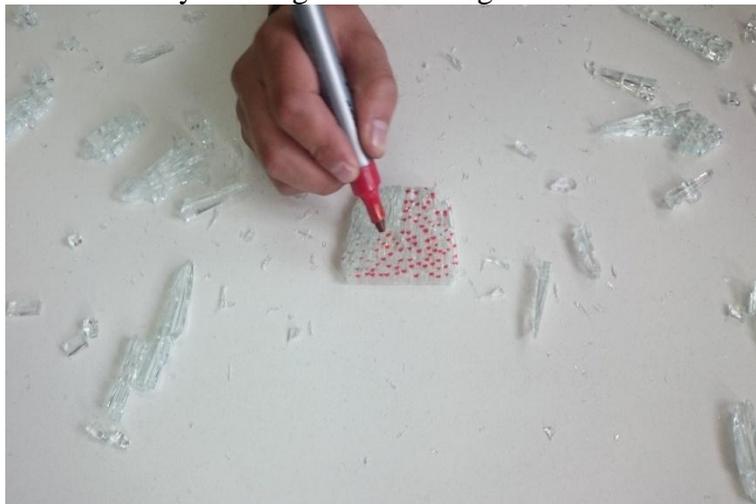
**PROBETA 2.** Ensayo de fragmentación según norma NTE INEN 1722.



**PROBETA 3.** Ensayo de fragmentación según norma NTE INEN 1722.



**PROBETA 4.** Ensayo de fragmentación según norma NTE INEN 1722.



**PROBETA 5.** Ensayo de fragmentación según norma NTE INEN 1722.



**PROBETA 6.** Ensayo de fragmentación según norma NTE INEN 1722.



**Conclusiones:**

Las seis muestras **CUMPLEN** con lo establecido en la norma NTE INEN 1669 Vidrios de seguridad requisitos y la norma NTE INEN 1722. Vidrios de seguridad. Determinación de la fragmentación por lo que concluimos que se trata de un producto conforme.

.....  
TÉCNICO RESPONSABLE

.....  
JEFE DE LABORATORIO.

	<b>TÍTULO:</b> MODELO DE INFORME DE EVALUACIÓN Y NO CONFORMIDADES.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-MIE-01-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### MODELO DE INFORME Y NO CONFORMIDADES

Plan de evaluación N°	<b>001</b>
N° de hojas (incluida ésta)	<b>01</b>
Fecha de evaluación	<b>2016 / 06 / 16</b>

<b>DATOS DE LA EMPRESA</b>	
Nombre de la empresa:	<b>XXXXX</b>
RUC:	<b>XXXXX</b>
Dirección:	<b>XXXXX</b>
Representante legal:	<b>XXXXX</b>
Teléfono:	<b>XXXXX</b>
Celular:	<b>XXXXX</b>
Email:	<b>XXXXX</b>
<b>ALCANCE DE LA EVALUACIÓN</b>	
El alcance de la evaluación es verificar si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los literales de las siguientes normas.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El literal 6.1 de la norma NTE INEN1722</li> <li>• El literal 6.2 de la norma NTE INEN1722</li> <li>• El literal 5.1.1.1 de la norma NTE INEN1669: Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos</li> </ul>	

<b>RESUMEN</b>		
N°	HALLAZGOS (EVIDENCIA)	
1	Cumplen con lo especificado en la norma	Aceptable
2	Cumplen con lo especificado en la norma	Aceptable
3	Cumplen con lo especificado en la norma	Aceptable
4	Cumplen con lo especificado en la norma	Aceptable
5	Cumplen con lo especificado en la norma	Aceptable
6	Cumplen con lo especificado en la norma	Aceptable

.....  
 TÉCNICO RESPONSABLE

.....  
 REPRESENTANTE DE LA EMPRESA.

**DOCUMENTOS PREVIOS AL ENSAYO.**

	<b>TÍTULO:</b>		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-SC-03-01</b>
	MODELO DE SOLICITUD DE SERVICIO PARA LA VERIFICACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO SIMULADO DE LA CABEZA (ENSAYO DEL MANIQUÍ) PARA LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1724.		
<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>	<b>VIGENTE DESDE:</b> <i>JUNIO DE 2016</i>

**SOLICITUD DE SERVICIO.**

**FECHA:** **2016-06-08** **No.** **001**  
**ATENCIÓN:** **LABORATORIO DE ENSAYOS DE VIDRIOS**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Por medio de la presente solicito a usted la realización del ensayo de la determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (ensayo del maniquí) para los vidrios de seguridad para la industria automotriz, cuyos datos adjunto a continuación.

<b>DATOS DEL VIDRIO DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES</b>	
Denominación del producto:	<b>M001R</b>
Identificación del lote de producción:	<b>001</b>
Clase:	Ensayo destructivo
Tipo:	Laminado
Espesor(mm):	8 mm
Número de muestras:	4
Observaciones:	
<b>DATOS DE LA EMPRESA</b>	
Nombre de la empresa:	<b>XXXXX</b>
RUC:	<b>XXXXX</b>
Dirección:	<b>XXXXX</b>
Representante legal:	<b>XXXXX</b>
Teléfono:	<b>XXXXX</b>
Celular:	<b>XXXXX</b>
Email:	<b>XXXXX</b>
<b>ALCANCE DE LA EVALUACIÓN</b>	
El alcance de la evaluación es verificar si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los literales de las siguientes normas.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El literal 5.1 de la norma NTE INEN1724</li> <li>• El literal 5.2 de la norma NTE INEN1724</li> <li>• El literal 5.1.1.3 de la norma NTE INEN1669: Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos</li> </ul>	

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

.....  
 REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA.

SELLO

	<b>TÍTULO:</b> FORMATO DE PLAN DE EVALUACIÓN.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-FPE-03-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### PLAN DE EVALUACIÓN

**FECHA:** 2016-06-09 **No.** 001

DATOS DE LA EMPRESA	
Nombre de la empresa:	XXXXX
RUC:	XXXXX
Dirección:	XXXXX
Representante legal:	XXXXX
Teléfono:	XXXXX
Celular:	XXXXX
Email:	XXXXX

#### EQUIPO EVALUADOR

El equipo evaluador está integrado por: Raúl Godoy (Técnico)  
Francisco Tustón (Asistente)

#### ALCANCE DE LA EVALUACIÓN

El alcance de la evaluación es verificar si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los literales de las siguientes normas.

- El literal 5.1 de la norma NTE INEN1724
- El literal 5.2 de la norma NTE INEN1724
- El literal 5.1.1.3 de la norma NTE INEN1669: Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos

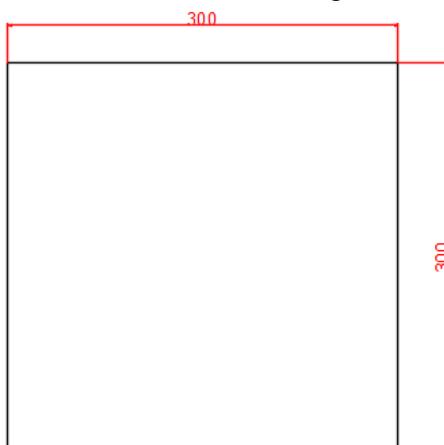
CRONOGRAMA DE LA EVALUACIÓN		
ACTIVIDAD	DÍA	HORA
Entrega – recepción de muestras	2016 / 06 / 10	9:00
Acondicionamiento de las muestras.	No aplica	No aplica
Realización del ensayo	2016 / 06 / 17	13:00
Entrega de resultados.	2016 / 06 / 20	9:00
<b>CONFIDENCIALIDAD:</b> El LEV se compromete a garantizar la confidencialidad de toda la información recibida y revisada de las muestras de vidrio de seguridad para automotores entregada por la empresa solicitante.		
.....	.....	.....
DIRECTOR LEV	TÉCNICO LEV	ASISTENTE TÉCNICO
<b>Compromiso:</b> La empresa solicitante se compromete a cancelare el costo total del servicio de acuerdo a los valores establecidos mediante el convenio LEV – EMPRESA		
.....	.....	
REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA	SELLO	

	<b>TÍTULO:</b> RECEPCIÓN DE MUESTRAS PARA EVALUACIÓN DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO SIMULADO DE LA CABEZA (ENSAYO DEL MANIQUÍ). PARA LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1724.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-RM-03-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> 001	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### RECEPCIÓN DE MUESTRAS

**FECHA:** 2016-06-10 **No.** 001

Las muestras deben cumplir con lo especificado en la norma, para este ensayo según la norma NTE INEN1724 numeral 5.1 debe tener las siguientes dimensiones.



También debe cumplir con los siguientes espesores:

Espesor (mm)	Limite (mm)	
	Mínimo	Máximo
3	2,5	3,6
4	3,7	4,5
5	4,6	5,3
6	5,4	6,5
7	6,6	7,5
8	7,6	8,3

N°	Espesor	Mínimo	Máximo	Lámina	No cumple	Cumple
1	8,79	3,90	2,95	1,94		X
2	8,62	3,81	2,90	1,91		X
3	8,12	4,01	3,10	1,01		X
4	8,14	4,05	2,92	1,17		X

.....  
TÉCNICO RESPONSABLE

	<b>TÍTULO:</b> REGISTRO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES SEGÚN NTE INEN 1724.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-RAM-03-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

## REGISTRO DE ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS

**FECHA:** *2016-06-17* **No.** *001*

La determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (ensayo del maniquí) para los vidrios de seguridad según la norma NTE INEN 1724. Establece que:

- El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 300 mm · 300 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción.
- Inmediatamente antes del ensayo las muestras deben ser acondicionadas como mínimo durante 4 horas a 20°C ± 5°C y humedad relativa de 60% ± 20 %.

ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS				
PROBETA	HORA DE INICIO	TIEMPO	TEMPERATURA	HUMEDAD
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

**OBSERVACIONES:**

En la ciudad de Riobamba se tiene una temperatura promedio de 16 °C y una humedad relativa promedio de 70%. Por lo cual no se debe construir una cámara e acondicionamiento a las necesidades requeridas para el ensayo.

.....  
TÉCNICO RESPONSABLE

SELLO

	<b>TÍTULO:</b> PREPARACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN		<b>CÓDIGO:</b> <b>EIM-LEV-PI-03-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### PREPARACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

**FECHA:**                    *2016-06-17*

**No.**                            *001*

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

Instrumento	Función	Última fecha de calibración	Cumple	
			Si	No
Flexómetro	Medir longitud de probeta	XXXXX	X	
Calibrador pie de rey	Medir el espesor	XXXXX	X	
Balanza	Medir peso vidrio fracturado	XXXXX	X	
Cronómetro	Tomar el tiempo de fractura	XXXXX	X	
Torre telescópica	Levanta el maniquí	XXXXX	X	
Maniquí	Cae libremente sobre la muestra	XXXXX	X	
Porta muestras	Sujeta las muestras	XXXXX	X	
Muestras	Serán golpeadas por el maniquí	XXXXX	X	

.....  
 TÉCNICO RESPONSABLE

SELLO

	<b>TÍTULO:</b> REPORTE DEL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO SIMULADO DE LA CABEZA (ENSAYO DEL MANIQUÍ) PARA LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1724.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-RE-03-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

## REPORTE DE ENSAYO N° 01

### OBJETIVO

Determinar la resistencia mecánica en vidrios de seguridad para automotores bajo el impacto simulado de la cabeza según norma NTE INEN 1724.

### RECURSOS

#### a. Herramientas

- Cronómetro
- Calibrador pie de Rey
- Flexómetro
- Balanza
- Torre telescópica
- Porta muestras
- Maniquí

#### b. Materiales y / o Probetas

DATOS DE PROBETAS	
<b>Empresa:</b>	CRILAMYT (Parabrisas XXXXX proveedor)
<b>Tipo:</b>	Vidrio Laminado
<b>Espesor:</b>	6 mm
<b>Ensayo bajo norma:</b>	NTE INEN 1724
<b>Nro. De probetas</b>	4
<b>Tipo de uso</b>	Vidrio usado de bus posterior

### PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

1. Preparación de la muestra según requerimiento **EIM-LEV-RAM-03-01**.
2. Marcar las muestras con un número de serie
3. Colocar la muestra sobre el porta muestras.
4. Colocar el maniquí en el gancho de la torre telescópica.
5. Subir la torre telescópica hasta que el maniquí con la muestra sobre el porta muestras tenga una distancia de  $1.5\text{ m} \pm 5\text{ mm}$ .
6. Soltar el maniquí en caída libre.
7. Medir y pesar los fragmentos de acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 1669.
8. Obtener los resultados
9. Realizar el reporte o las no conformidades

## DATOS GENERALES

Fecha de ensayo:	2016 / 06 / 17
Laboratorio:	EIM
Responsable del ensayo:	Raúl Godoy

## DATOS DE LA MUESTRA

N°	Espesor	Espesor máximo	Espesor mínimo	Vidrio		Cumple	
				Templado	Laminado	Si	No
1	8,79	3,90	2,95		X	X	
2	8,62	3,81	2,90		X	X	
3	8,12	4,01	3,10		X	X	
4	8,14	4,05	2,92		X	X	

## DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

- El maniquí debe golpear la muestra al ser liberado en caída libre sobre la probeta que se encuentra sobre el porta muestras.
- Si la muestra se fractura mostrando numerosas rajaduras circulares centradas aproximadamente sobre el punto de impacto, las rajaduras más cercanas deben estar máximo a 80 mm del punto de impacto.
- Si las capas de vidrio se adhieren todavía a la intercapa, se permiten unos pocos sitios en los cuales el vidrio se ha despejado dentro de un círculo de 60 mm de diámetro alrededor del punto de impacto, siempre que los fragmentos todavía se adhieran a la intercapa. No son admitidos fragmentos de forma alargada con tamaño superior a los 75 mm.
- En el lado del impacto se aplican las condiciones dadas a continuación:
  - ✓ No debe estar expuesta más de 200 mm<sup>2</sup> de la intercapa.
  - ✓ La masa total de las astillas que se despegan no debe exceder los 20 g.
  - ✓ Se puede permitir en la intercapa una rajadura máxima de 30 mm de longitud
- Se considera que un grupo de cuatro probetas sometidas para ensayo es satisfactorio si se cumplen cualquiera de las condiciones dadas a continuación:
  - ✓ Todos los ensayos dan un resultado positivo.
  - ✓ Un ensayo ha dado resultado negativo, pero una serie posterior de ensayos realizados en un nuevo grupo de probetas no da ningún resultado negativo.

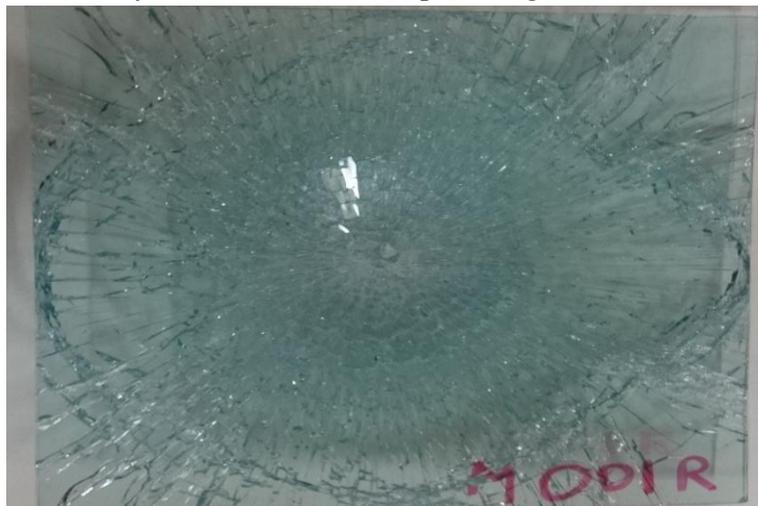
## RESULTADOS DEL ENSAYO

RESULTADOS DEL ENSAYO				
ITEMS	Muestras ensayadas			
	1	2	3	4
Rajaduras más cercanas máximo a 80 mm del punto de impacto	98	116,88	93,3	83
En un diámetro de 60 mm de diámetro los vidrios se han despejado	14,61	18,36	48,25	35,28
Área expuesta no < 200 mm <sup>2</sup>	171,56	67,92	96,41	166,95
Masa total de las astillas que se despegan no deben exceder los 20 g	16,62	18,36	14,84	15,45
Dimensión de la rajadura de la intercapa máximo 30 mm.	No	No	No	No
Temperatura ( ° C )	20	15,9	19,6	19,4
Humedad ( % )	60	70	70	75

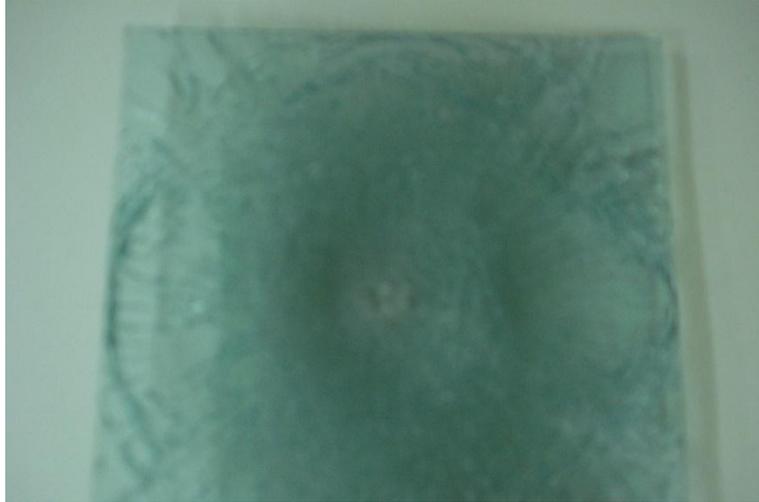
No	Cumplimiento		OBSERVACIONES
	SI	NO	
1	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1724
2	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1724
3	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1724
4	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1724

## ANEXO FOTOGRÁFICO

**PROBETA 1.** Ensayo de resistencia al impacto según norma NTE INEN 1724.



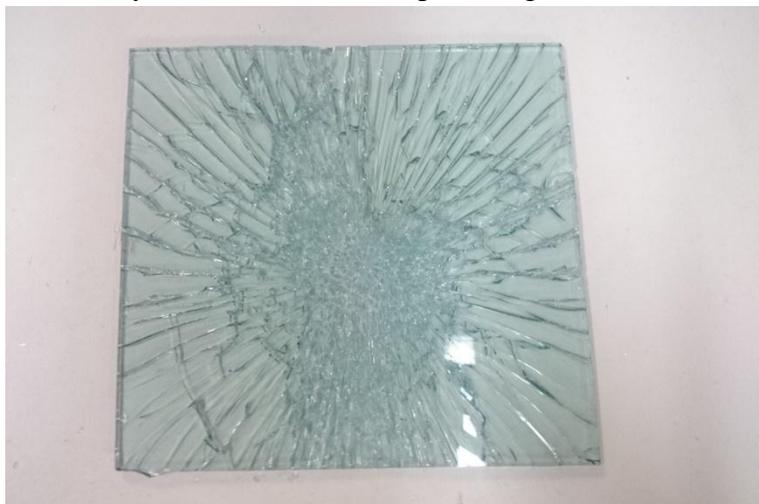
**PROBETA 2.** Ensayo de resistencia al impacto según norma NTE INEN 1724.



**PROBETA 3.** Ensayo de resistencia al impacto según norma NTE INEN 1724.



**PROBETA 4.** Ensayo de resistencia al impacto según norma NTE INEN 1724.



**Conclusiones:**

Las cuatro muestras **CUMPLEN** con lo establecido en la norma NTE INEN 1669 Vidrios de seguridad. Requisitos y la norma NTE INEN 1724. Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia al impacto (ensayo del maniquí). Por lo que concluimos que se trata de un producto conforme.

.....  
TÉCNICO RESPONSABLE

.....  
JEFE DE LABORATORIO.

	<b>TÍTULO:</b> MODELO DE INFORME DE EVALUACIÓN Y NO CONFORMIDADES.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-MIE-01-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### MODELO DE INFORME Y NO CONFORMIDADES

Plan de evaluación N°	001
N° de hojas (incluida ésta)	01
Fecha de evaluación	2016 / 06 / 20

DATOS DE LA EMPRESA	
Nombre de la empresa:	XXXXX
RUC:	XXXXX
Dirección:	XXXXX
Representante legal:	XXXXX
Teléfono:	XXXXX
Celular:	XXXXX
Email:	XXXXX
ALCANCE DE LA EVALUACIÓN	
El alcance de la evaluación es verificar si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los literales de las siguientes normas.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El literal 5.1 de la norma NTE INEN1724</li> <li>• El literal 5.2 de la norma NTE INEN1724</li> <li>• El literal 5.1.1.3 de la norma NTE INEN1669: Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos</li> </ul>	

RESUMEN		
N°	HALLAZGOS (EVIDENCIA)	
1	Cumplen con lo establecido en la norma.	Aceptables
2	Cumplen con lo establecido en la norma.	Aceptables
3	Cumplen con lo establecido en la norma.	Aceptables
4	Cumplen con lo establecido en la norma.	Aceptables

.....  
 TÉCNICO RESPONSABLE

.....  
 REPRESENTANTE DE LA EMPRESA.

## DOCUMENTOS PREVIOS AL ENSAYO.

	<b>TÍTULO:</b> MODELO DE SOLICITUD DE SERVICIO PARA LA VERIFICACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A ALTA TEMPERATURA PARA LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1726.	<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-MSC-05-01</b>
<b>No. REVISIÓN:</b> <span style="color: blue;">001</span>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>
		<b>VIGENTE DESDE:</b> <span style="color: blue;">JUNIO DE 2016</span>

### SOLICITUD DE SERVICIO.

**FECHA:** 2016-06-19 **No.** 001

**ATENCIÓN:** LABORATORIO DE ENSAYOS DE VIDRIOS  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Por medio de la presente solicito a usted la realización del ensayo de la determinación de la resistencia a la alta temperatura para los vidrios de seguridad para la industria automotriz, cuyos datos adjunto a continuación.

DATOS DEL VIDRIO DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES	
Denominación del producto:	T001R
Identificación del lote de producción:	001
Clase:	Ensayo destructivo
Tipo:	Laminado
Espesor(mm):	8 mm
Número de muestras:	4
Observaciones:	
DATOS DE LA EMPRESA	
Nombre de la empresa:	XXXXXX
RUC:	XXXXXX
Dirección:	XXXXXX
Representante legal:	XXXXXX
Teléfono:	XXXXXX
Celular:	XXXXXX
Email:	XXXXXX
ALCANCE DE LA EVALUACIÓN	
El alcance de la evaluación es verificar si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los literales de las siguientes normas.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>El literal 5.1 de la norma NTE INEN1726</li> <li>El literal 5.2 de la norma NTE INEN1726</li> <li>El literal 5.1.1.5 de la norma NTE INEN1669: Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos</li> </ul>	

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

.....  
 REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA.

SELLO

	<b>TÍTULO:</b> FORMATO DE PLAN DE EVALUACIÓN.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-FPE-05-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### PLAN DE EVALUACIÓN

**FECHA:** **2016-06-21** **No.** **001**

DATOS DE LA EMPRESA	
Nombre de la empresa:	XXXXXX
RUC:	XXXXXX
Dirección:	XXXXXX
Representante legal:	XXXXXX
Teléfono:	XXXXXX
Celular:	XXXXXX
Email:	XXXXXX

#### EQUIPO EVALUADOR

El equipo evaluador está integrado por: Raúl Godoy (Técnico)  
Francisco Tustón (Asistente)

#### ALCANCE DE LA EVALUACIÓN

El alcance de la evaluación es verificar si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los literales de las siguientes normas.

- El literal 5.1 de la norma NTE INEN1726
- El literal 5.2 de la norma NTE INEN1726
- El literal 5.1.1.5 de la norma NTE INEN1669: Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos

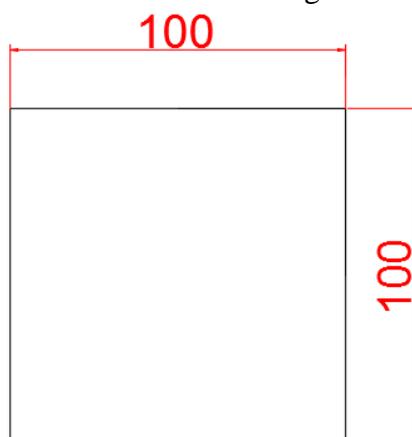
CRONOGRAMA DE LA EVALUACIÓN		
ACTIVIDAD	DÍA	HORA
Entrega – recepción de muestras	2016 / 06 / 21	9:00
Acondicionamiento de las muestras.	No Aplica	No Aplica
Realización del ensayo	2016 / 06 / 22	13:00
Entrega de resultados.	2016 / 06 / 24	9:00
<b>CONFIDENCIALIDAD:</b> El LEV se compromete a garantizar la confidencialidad de toda la información recibida y revisada de las muestras de vidrio de seguridad para automotores entregada por la empresa solicitante.		
..... DIRECTOR LEV	..... TÉCNICO LEV	..... ASISTENTE TÉCNICO
<b>Compromiso:</b> La empresa solicitante se compromete a cancelar el costo total del servicio de acuerdo a los valores establecidos mediante el convenio LEV – EMPRESA		
..... REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA		..... SELLO

	<b>TÍTULO:</b> RECEPCIÓN DE MUESTRAS PARA EVALUACIÓN DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A ALTA TEMPERATURA PARA LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1726.		<b>CÓDIGO:</b>  EIM-LEV-RM-05-01
	<b>No. REVISIÓN:</b> 001	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### RECEPCIÓN DE MUESTRAS

**FECHA:** 2016-06-21 **No.** 001

Las muestras deben cumplir con lo especificado en la norma, para este ensayo según la norma NTE INEN1726 numeral 5.1 debe tener las siguientes dimensiones.



También debe cumplir con los siguientes espesores:

Espesor (mm)	Limite (mm)	
	Mínimo	Máximo
3	2,5	3,6
4	3,7	4,5
5	4,6	5,3
6	5,4	6,5
7	6,6	7,5
8	7,6	8,3

N°	Espesor	Mínimo	Máximo	Lámina	No cumple	Cumple
1	6,83	3,20	3,00	0,63		X
2	6,84	3,10	3,06	0,68		X
3	6,83	3,15	3,13	0,55		X
4	7,14	3,16	3,09	0,89		X

.....  
TÉCNICO RESPONSABLE

	<b>TÍTULO:</b> REGISTRO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES SEGÚN NTE INEN 1726.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-RAM-05-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### REGISTRO DE ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS

**FECHA:** *2016-06-22* **No.** *001*

La determinación de la resistencia a la alta temperatura para los vidrios de seguridad según la norma NTE INEN 1726. Establece que:

- El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 100 mm · 100 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción.
- Inmediatamente antes del ensayo las muestras deben ser acondicionadas como mínimo durante 4 horas a 20°C ± 5°C y humedad relativa de 60% ± 20 %.

ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS				
PROBETA	HORA DE INICIO	TIEMPO	TEMPERATURA	HUMEDAD
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

**OBSERVACIONES:**

En la ciudad de Riobamba se tiene una temperatura promedio de 16 °C y una humedad relativa promedio de 70%. Por lo cual no se debe construir una cámara e acondicionamiento a las necesidades requeridas para el ensayo.

.....  
 TÉCNICO RESPONSABLE

SELLO



	<b>TÍTULO:</b> REPORTE DEL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A ALTA TEMPERATURA PARA LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1726.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-RE-05-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

## REPORTE DE ENSAYO N° 01

### OBJETIVO

Determinar la resistencia a alta temperatura en vidrios de seguridad para automotores según la norma NTE INEN 1726.

### RECURSOS

#### a. Herramientas

- Cronómetro
- Calibrador pie de Rey
- Flexómetro
- Fuente de calor
- Recipiente
- Porta muestras
- Agitador

#### b. Materiales y / o probetas

DATOS DE PROBETAS	
<b>Empresa:</b>	XXXXX (Bodega Carrocerías Alvarado)
<b>Tipo:</b>	Vidrio Laminado
<b>Espesor:</b>	6 mm
<b>Ensayo bajo norma:</b>	NTE INEN 1726
<b>Nro. De probetas</b>	4
<b>Tipo de uso</b>	Vidrio usado parabrisas

### PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

1. Preparación de la muestra según requerimiento **EIM-LEV-RAM-05-01**.
2. Marcar las muestras con un número de serie
3. Colocar la muestra sobre el porta muestras.
4. Colocar el porta muestras dentro del recipiente.
5. Elevar la temperatura hasta que el agua hierva.
6. Mantener durante 2 horas para completar el ensayo.
7. Medir y pesar los fragmentos de acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 1669.
8. Obtener los resultados
9. Realizar el reporte o las no conformidades

## DATOS GENERALES

Fecha de ensayo:	2016 / 06 / 22
Laboratorio:	EIM
Responsable del ensayo:	Raúl Godoy

## DATOS DE LA MUESTRA

N°	Espesor	Espesor máximo	Espesor mínimo	Vidrio		Cumple	
				Templado	Laminado	Si	No
1	6,83	3,20	3,00		X	X	
2	6,84	3,10	3,06		X	X	
3	6,83	3,15	3,13		X	X	
4	7,14	3,16	3,09		X	X	

## DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

- Se considera que el ensayo ha dado resultados positivos, si no se forman burbujas u otros defectos a más de 13 mm desde el filo exterior de la probeta de ensayo, o desde cualquier rajadura que pudiera ocurrir durante el ensayo.
- Cuando la probeta de ensayo sea cortada de un parabrisas, no deben aparecer burbujas o defectos a más de 15 mm del borde no cortado del parabrisas, o a más de 25 mm del borde cortado de la probeta y a más de 10 mm de cualquier fisura que se forme durante la prueba.
- Se considera que un grupo de cuatro probetas sometidas a ensayo de alta temperatura, es satisfactorio si cualquiera de las condiciones dadas a continuación se cumplen:
  - ✓ Todos los ensayos dan resultados positivos.
  - ✓ Un ensayo ha dado un resultado negativo, pero una serie posterior de ensayos, llevados a cabo en un nuevo grupo de cuatro (4) probetas de ensayo, no da un resultado negativo.
- Si el vidrio de seguridad se agrieta hasta tal punto que no puede llegarse a una conclusión definitiva, repetir el ensayo usando un nuevo grupo de 4 probetas.

## RESULTADOS DEL ENSAYO

RESULTADOS DEL ENSAYO				
ITEMS	Muestras ensayadas			
	1	2	3	4
Forma burbujas a más de 13 mm	2	4	no	no
Vidrio es cortado de parabrisas	si	si	si	si
Forma burbujas a más de 15 mm	no	no	no	no
Forma burbujas a más de 25 mm en los filos no cortados	no	no	no	no
Fisuras durante el ensayo	no	no	no si	no
Distancia de burbujas o cualquier defecto en fisuras.	no	no	No	No
Temperatura ( ° C)	91,5	9,5	91,5	91,5
Humedad. ( % )	100	100	100	100

No	Cumplimiento		OBSERVACIONES
	SI	NO	
1	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1726
2	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1726
3	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1726
4	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1726

### ANEXO FOTOGRÁFICO

**PROBETAS 1, 2, 3, 4.** Ensayo de resistencia a alta temperatura según norma NTE INEN 1726.



#### Conclusiones:

Las 4 muestras **CUMPLEN** con lo establecido en la norma NTE INEN 1669 Vidrios de seguridad. Requisitos y la norma NTE INEN 1726. Vidrios de seguridad. Determinación a la resistencia a alta temperatura por lo que concluimos que se trata de un producto conforme.

.....  
TÉCNICO RESPONSABLE

.....  
JEFE DE LABORATORIO.

	<b>TÍTULO:</b> MODELO DE INFORME DE EVALUACIÓN Y NO CONFORMIDADES.		<b>CÓDIGO:</b> EIM-LEV-MIE-01-01
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### MODELO DE INFORME Y NO CONFORMIDADES

Plan de evaluación N°	<b>002</b>
N° de hojas (incluida ésta)	<b>01</b>
Fecha de evaluación	<b>2016 / 06 / 24</b>

<b>DATOS DE LA EMPRESA</b>	
Nombre de la empresa:	<b>XXXXX</b>
RUC:	<b>XXXXX</b>
Dirección:	<b>XXXXX</b>
Representante legal:	<b>XXXXX</b>
Teléfono:	<b>XXXXX</b>
Celular:	<b>XXXXX</b>
Email:	<b>XXXXX</b>
<b>ALCANCE DE LA EVALUACIÓN</b>	
El alcance de la evaluación es verificar si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los literales de las siguientes normas.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El literal 5.1 de la norma NTE INEN1726</li> <li>• El literal 5.2 de la norma NTE INEN1726</li> <li>• El literal 5.1.1.5 de la norma NTE INEN1669: Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos</li> </ul>	

<b>RESUMEN</b>		
N°	HALLAZGOS (EVIDENCIA)	
<b>1</b>	Cumple con lo establecido en la norma	<b>Acceptable</b>
<b>2</b>	Cumple con lo establecido en la norma	<b>Acceptable</b>
<b>3</b>	Cumple con lo establecido en la norma	<b>Acceptable</b>
<b>4</b>	Cumple con lo establecido en la norma	<b>Acceptable</b>

.....  
 TÉCNICO RESPONSABLE

.....  
 REPRESENTANTE DE LA EMPRESA.

**DOCUMENTOS PREVIOS AL ENSAYO.**

	<b>TÍTULO:</b>		<b>CÓDIGO:</b>
	MODELO DE SOLICITUD DE SERVICIO PARA LA VERIFICACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA HUMEDAD PARA LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1731.		<b>EIM-LEV-MS-10-01</b>
<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>	<b>VIGENTE DESDE:</b> <i>JUNIO DE 2016</i>

**SOLICITUD DE SERVICIO.**

**FECHA:** **2016-06-06** **No.** **001**  
**ATENCIÓN:** **LABORATORIO DE ENSAYOS DE VIDRIOS**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Por medio de la presente solicito a usted la realización del ensayo de la determinación de la resistencia a la humedad para los vidrios de seguridad para la industria automotriz, cuyos datos adjunto a continuación.

<b>DATOS DEL VIDRIO DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES</b>	
Denominación del producto:	<b>H001R</b>
Identificación del lote de producción:	<b>001</b>
Clase:	Ensayo destructivo
Tipo:	Laminado
Espesor(mm):	8 mm
Número de muestras:	3
Observaciones:	
<b>DATOS DE LA EMPRESA</b>	
Nombre de la empresa:	<b>XXXXX</b>
RUC:	<b>XXXXX</b>
Dirección:	<b>XXXXX</b>
Representante legal:	<b>XXXXX</b>
Teléfono:	<b>XXXXX</b>
Celular:	<b>XXXXX</b>
Email:	<b>XXXXX</b>
<b>ALCANCE DE LA EVALUACIÓN</b>	
El alcance de la evaluación es verificar si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los literales de las siguientes normas.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El literal 5.1 de la norma NTE INEN1731</li> <li>• El literal 5.2 de la norma NTE INEN1731</li> <li>• El literal 5.1.1.10 de la norma NTE INEN1669: Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos</li> </ul>	

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

.....  
 REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA.

SELLO

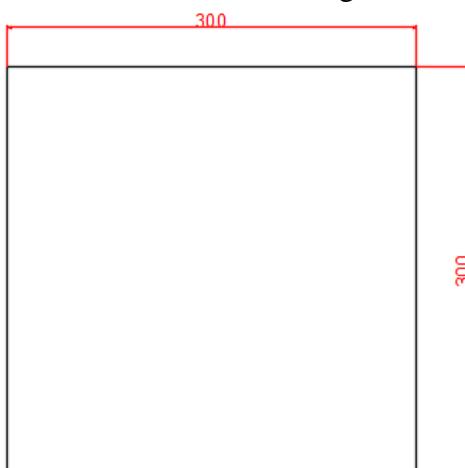


	<b>TÍTULO:</b> RECEPCIÓN DE MUESTRAS PARA EVALUACIÓN DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA HUMEDAD PARA LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1731.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-RM-10-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> 001	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### RECEPCIÓN DE MUESTRAS

**FECHA:** 2016-06-08 **No.** 001

Las muestras deben cumplir con lo especificado en la norma, para este ensayo según la norma NTE INEN1731 numeral 5.1 debe tener las siguientes dimensiones.



También debe cumplir con los siguientes espesores:

Espesor (mm)	Limite (mm)	
	Mínimo	Máximo
3	2,5	3,6
4	3,7	4,5
5	4,6	5,3
6	5,4	6,5
7	6,6	7,5
8	7,6	8,3

N°	Espesor	Mínimo	Máximo	Lámina	No cumple	Cumple
1	6,77	3,06	3,05	0,66		X
2	7,30	3,01	2,99	1,3		X
3	7,03	3,08	3,02	0,93		X

.....  
TÉCNICO RESPONSABLE

	<b>TÍTULO:</b> REGISTRO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES SEGÚN NTE INEN 1731.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-RAM-10-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### REGISTRO DE ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS

**FECHA:** **2016-06-10** **No.** *001*

La determinación de la resistencia a la humedad para los vidrios de seguridad según la norma NTE INEN 1731. Establece que:

- La muestra a ensayar consiste en tres probetas planas de aproximadamente 300 mm x 300 mm de un vidrio de seguridad laminado.
- Si las probetas de ensayo se cortan de parabrisas, uno de los bordes de la probeta debe ser parte del borde del parabrisas.

ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS				
PROBETA	HORA DE INICIO	TIEMPO	TEMPERATURA	HUMEDAD
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-

**OBSERVACIONES:**

Este ensayo no requiere que las probetas sean acondicionadas previo al ensayo.

.....  
 TÉCNICO RESPONSABLE

SELLO



	<b>TÍTULO:</b> REPORTE DEL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA HUMEDAD PARA LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1731.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-RE-10-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

## REPORTE DE ENSAYO N° 01

### OBJETIVO

Determinar la resistencia a la humedad en vidrios de seguridad para automotores según la norma NTE INEN 1731.

### RECURSOS

#### a. Herramientas

- Cronómetro
- Calibrador pie de Rey
- Flexómetro
- Fuente de calor
- Recipiente
- Porta muestras
- Agitador

#### b. Materiales y / o probetas

DATOS DE PROBETAS	
<b>Empresa:</b>	XXXXX (Bodega Carrocerías Alvarado)
<b>Tipo:</b>	Vidrio Laminado
<b>Espesor:</b>	7 mm
<b>Ensayo bajo norma:</b>	NTE INEN 1726
<b>Nro. De probetas</b>	3
<b>Tipo de uso</b>	Vidrio usado parabrisas

### PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

1. Preparación de la muestra según requerimiento **EIM- LEV-RAM-10-01**.
2. Marcar las muestras con un número de serie
3. Colocar la muestra sobre el porta muestras.
4. Colocar el porta muestras dentro del recipiente.
5. Elevar la temperatura hasta el rango de mediad que es de 49 °C hasta 54°C.
6. Mantener durante 2 semanas las muestras sumergidas para completar el ensayo.
7. Medir y pesar los fragmentos de acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 1669.
8. Obtener los resultados
9. Realizar el reporte o las no conformidades

## DATOS GENERALES

Fecha de ensayo:	2016 / 06 / 10
Laboratorio:	EIM
Responsable del ensayo:	Francisco Tustón

## DATOS DE LA MUESTRA

N°	Espesor	Espesor máximo	Espesor mínimo	Vidrio		Cumple	
				Templado	Laminado	Si	No
1	6,77	3,06	3,05		X	X	
2	7,30	3,01	2,99		X	X	
3	7,03	3,08	3,02		X	X	

## DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

No debe desarrollarse ninguna separación del material, salvo pequeñas manchas ocasionales, ninguna de las cuales debe extenderse hacia adentro desde el borde adyacente de la probeta a una profundidad no mayor de 6,35 mm.

## RESULTADOS DEL ENSAYO

RESULTADOS DEL ENSAYO				
ITEMS	Muestras ensayadas			
	1	2	3	4
El vidrio se separa	no	no	no	no
Dimensión de manchas desde el borde $\leq$ 6,35 mm.	0	0	0	0
Temperatura ( ° C )	52	52	52	52
Humedad. ( % )	100%	100%	100%	100%

No	Cumplimiento		OBSERVACIONES
	SI	NO	
1	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1731
2	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1731
3	X		Cumple con lo especificado en la norma NTE INEN 1731

## ANEXO FOTOGRÁFICO

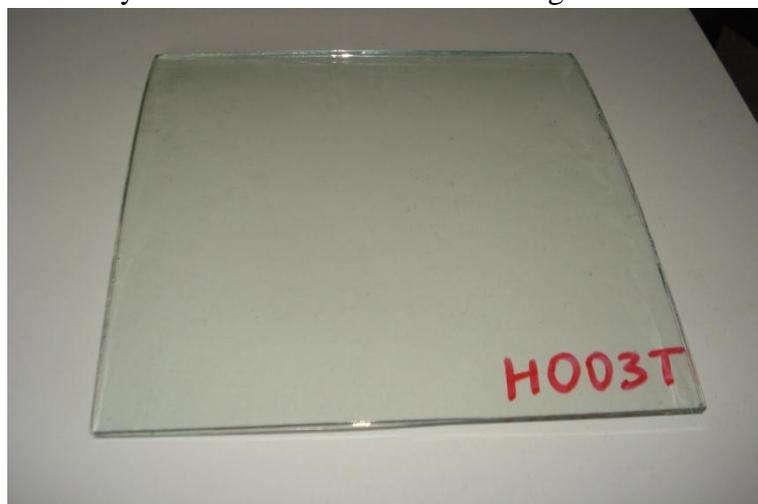
**PROBETA 1.** Ensayo de resistencia a la humedad según norma NTE INEN 1731



**PROBETA 2.** Ensayo de resistencia a la humedad según norma NTE INEN 1731



**PROBETA 3.** Ensayo de resistencia a la humedad según norma NTE INEN 1731



**Conclusiones:**

Las 3 muestras **CUMPLEN** con lo establecido en la norma NTE INEN 1669 Vidrios de seguridad. Requisitos y la norma NTE INEN 1731. Vidrios de seguridad. Determinación a la resistencia a la humedad por lo que concluimos que se trata de un producto conforme.

.....  
TÉCNICO RESPONSABLE

.....  
JEFE DE LABORATORIO.

	<b>TÍTULO:</b> MODELO DE INFORME DE EVALUACIÓN Y NO CONFORMIDADES.		<b>CÓDIGO:</b>  <b>EIM-LEV-MIE-10-01</b>
	<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>

### MODELO DE INFORME Y NO CONFORMIDADES

Plan de evaluación N°	<b>001</b>
N° de hojas (incluida ésta)	<b>01</b>
Fecha de evaluación	<b>2016 / 06 / 27</b>

<b>DATOS DE LA EMPRESA</b>	
Nombre de la empresa:	<b>XXXXX</b>
RUC:	<b>XXXXX</b>
Dirección:	<b>XXXXX</b>
Representante legal:	<b>XXXXX</b>
Teléfono:	<b>XXXXX</b>
Celular:	<b>XXXXX</b>
Email:	<b>XXXXX</b>
<b>ALCANCE DE LA EVALUACIÓN</b>	
El alcance de la evaluación es verificar si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los literales de las siguientes normas.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El literal 5.1 de la norma NTE INEN1731</li> <li>• El literal 5.2 de la norma NTE INEN1731</li> <li>• El literal 5.1.1.10 de la norma NTE INEN1669: Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos</li> </ul>	

<b>RESUMEN</b>		
N°	<b>HALLAZGOS (EVIDENCIA)</b>	
<b>1</b>	Cumple todos los parámetros establecidos en la norma	Acceptable
<b>2</b>	Cumple todos los parámetros establecidos en la norma	Acceptable
<b>3</b>	Cumple todos los parámetros establecidos en la norma	Acceptable

.....  
 TÉCNICO RESPONSABLE

.....  
 REPRESENTANTE DE LA EMPRESA.

	<b>TÍTULO:</b>		<b>CÓDIGO:</b>
	MODELO DE INFORME DE EVALUACIÓN DEL PROCESO DE CERTIFICACIÓN DE VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1669, 1722, 1724, 1726 y 1731.		<b>EIM-LEV-MIC-15-01</b>
<b>No. REVISIÓN:</b> <i>001</i>	<b>SUSTITUYE A:</b>	<b>RAZÓN DE SERVICIO:</b>	<b>VIGENTE DESDE:</b> <i>JUNIO DE 2016</i>

## INFORME DE EVALUACIÓN

**FECHA:** **2016-06-28** **No.** **001**  
**ATENCIÓN:** **LABORATORIO DE ENSAYOS DE VIDRIOS**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Sírvase encontrar el resumen de evaluación del proceso desarrollado cuyos datos se detallan:

Plan de valuación N°	<b>001</b>
N° de hojas (incluida ésta)	<b>02</b>
Fecha de evaluación	<b>2016 / 06 / 28</b>

<b>EVALUACIÓN DE DOCUMENTOS PARA TODOS LOS ENSAYOS</b>		
<b>DOCUMENTOS</b>	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>
MODELO DE SOLICITUD <b>(EIM-MSC-01-01)</b>	<b>X</b>	
FORMATO DE PLAN DE EVALUACIÓN. <b>EIM-FPE-01-01</b>	<b>X</b>	
REPORTE DE ENSAYO <b>(EIM-RE-01-01)</b>	<b>X</b>	
<b>ARCHIVO FOTOGRÁFICO</b>	<b>X</b>	
INFORME DE EVALUACIÓN Y NO CONFORMIDADES <b>(EIM-MIE-01-01)</b>	<b>X</b>	
ENSAYO SEGÚN NORMA NTE INEN 1722:2011 VIDRIOS DE SEGURIDAD. DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN.	<b>X</b>	
ENSAYO SEGÚN NORMA NTE INEN 1724:2011 VIDRIOS DE SEGURIDAD. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO (ENSAYO DEL MANIQUÍ).	<b>X</b>	
ENSAYO SEGÚN NORMA NTE INEN 17226:2011 VIDRIOS DE SEGURIDAD DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A ALTA TEMPERATURA.	<b>X</b>	
ENSAYO SEGÚN NORMA NTE INEN 1722:2011 VIDRIOS DE SEGURIDAD DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA HUMEDAD.	<b>X</b>	
<b>FIRMA DE RESPONSABILIDAD DEL TÉCNICO</b>	<b>X</b>	

**Conclusión:** De acuerdo a lo evaluado se encuentra completo en todos sus ítems y ensayos requeridos en esta parte, por lo cual se informa para los fines consiguientes que en los ensayos según las normas siguientes:

- **NTE INEN 1722:2011.** Las seis probetas cumplen con lo establecido en la norma y los literales de la norma **NTE INEN 1669** por lo que este lote de producción puede ser utilizado en los automotores.
- **NTE INEN 1724:2011.** Las cuatro probetas ensayadas cumplen con los requisitos de esta norma y los literales de la norma **NTE INEN 1669** por lo que este lote de producción puede ser utilizado como parabrisas en los automotores.
- **NTE INEN 1726:2011.** Las cuatro muestras cumplen con los requisitos necesarios en la prueba de humedad y aprueba los literales de la norma **NTE INEN 1669**. Y este lote de producción puede ser utilizado en los automotores.
- **NTE INEN 1731:2011.** Las tres muestras no se separan ni sufren ningún cambio al ser sometido a esta prueba y también aprueba los literales de la norma **NTE INEN 1669**. Por lo que las muestras son aprobadas para el uso en automotores.

.....  
TÉCNICO RESPONSABLE

SELLO

# PLANOS