



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRUEBAS
PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL
IMPACTO DE VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA
AUTOMOTORES SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1723”**

**MOYOTA PAGUAY ALEX ROLANDO
AGUIRRE MARTÍNEZÁLVARO MANUEL**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012-06-11

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ALEX ROLANDO MOYOTA PAGUAY

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRUEBAS PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE VIDRIOS DE
SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1723”**

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

INGENIERO MECÁNICO

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Geovanny Novillo Andrade
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Iván Cantos Castillo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALEX ROLANDO MOYOTA PAGUAY

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRUEBAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1723”

Fecha de Examinación: 2014-06-02

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Víctor Vásquez V. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Geovanny Novillo A. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Iván Cantos C. ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Víctor Vásquez V.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012-06-11

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ÁLVARO MANUEL AGUIRRE MARTÍNEZ

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRUEBAS PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE VIDRIOS DE
SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1723”**

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

INGENIERO MECÁNICO

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Geovanny Novillo Andrade
DIRECTOR DE TESIS

ASESOR DE TESIS

Ing. Iván Cantos Castillo

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ÁLVARO MANUEL AGUIRRE MARTÍNEZ

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRUEBAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1723”

Fecha de Examinación: 2014-06-02

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Víctor Vásquez V. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Geovanny Novillo A. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Iván Cantos C. ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Víctor Vásquez V.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica 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 ala Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Alex Rolando Moyota Paguay

Álvaro Manuel Aguirre Martínez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a **Dios**, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre **Inés**, por no perder la Fe y por dedicarme cada día un pedacito de sus oraciones y sus buenos deseos y a mi padre **Víctor**, por no dejar que me faltara nada y por comprometerme con su admiración expresada desde niño a ser mejor cada día.

Alex Rolando Moyota Paguay

A Papá y Mamá, porque gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo llegar hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión.

Álvaro Manuel Aguirre Martínez

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 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.

Alex Rolando Moyota Paguay

Un agradecimiento especial a todas esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado.

Espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

Álvaro Manuel Aguirre Martínez

CONTENIDO

Pág.		
1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	<i>Objetivo general</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
2.	REQUERIMIENTOS DE LA NORMA NTE INEN 1669	
2.1	Introducción.....	3
2.2	Definiciones sobre acristalamientos.....	4
2.3	Clasificación y ubicación de los vidrios de seguridad para automotores.....	5
2.4	Requisitos de la norma NTE INEN 1669.....	6
2.4.1	<i>Definición de los ensayos para la aprobación de vidrios de seguridad</i>	7
2.5	Ensayo de impacto con esfera de acero.....	8
2.5.1	<i>Objetivo del ensayo de impacto con esfera de acero</i>	8
2.5.2	<i>Alcance de la norma NTE INEN 1723</i>	8
2.5.3	<i>Equipo requerido</i>	9
2.5.3.1	<i>Esferas de acero</i>	9
2.5.3.2	<i>Soporte para probetas</i>	9
2.5.3.3	<i>Sistema de sujeción y elevación</i>	10
2.5.4	<i>Preparación de la muestra</i>	11
2.5.5	<i>Procedimientos para los ensayos de impacto con esfera de acero</i>	11
2.5.5.1	<i>Procedimiento para el ensayo en vidrio templado</i>	11
2.5.5.2	<i>Procedimiento para el ensayo en vidrio laminado</i>	12
2.6	Informe de resultados.....	12
3.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL PROTOTIPO DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA NTE INEN 1723	
3.1	Parámetros de diseño.....	13
3.1.1	<i>Parámetros geométricos</i>	13
3.1.2	<i>Parámetros físicos</i>	14
3.1.2.1	<i>Dimensiones de las esferas de acero</i>	15
3.2	Evaluación de alternativas.....	17
3.2.1	<i>Sistema telescópico</i>	19
3.2.1.1	<i>Ventajas</i>	19
3.2.1.2	<i>Desventajas</i>	19
3.2.2	<i>Sistema de torre de elevación</i>	20
3.2.2.1	<i>Ventajas</i>	20
3.2.2.2	<i>Desventajas</i>	20
3.2.3	<i>Sistema poste de elevación</i>	20
3.2.3.1	<i>Ventajas</i>	21
3.2.3.2	<i>Desventajas</i>	21
3.3	Método ordinal corregido de criterios ponderados.....	21
3.3.1	<i>Descripción de la ruta solución</i>	25
3.4	Pre - diseño y/o selección de los elementos constitutivos.....	27
3.5	Cálculos de reacciones y momentos del tramo AB.....	27
3.5.1	<i>Cálculos de esfuerzos</i>	29

3.5.1.1	<i>Esfuerzo de flexión</i>	29
3.5.1.2	<i>Esfuerzo de compresión</i>	30
3.6	Cálculo de reacciones y momentos tramo CD.....	31
3.6.1	<i>Cálculos de Esfuerzos</i>	32
3.6.1.1	<i>Esfuerzo de flexión</i>	32
3.6.1.2	<i>Esfuerzo de compresión</i>	32
3.7	Cálculos de reacciones y momentos tramo DE.....	33
3.7.1	<i>Cálculos de esfuerzos</i>	35
3.7.1.1	<i>Esfuerzo de flexión</i>	35
3.7.1.2	<i>Esfuerzo de corte</i>	35
3.8	Análisis del tramo CD como una columna cargada excéntricamente.....	37
3.9	Cálculo y selección del diámetro mínimo del cable.....	41
3.10	Cálculo y selección del diámetro mínimo de la polea.....	42
3.11	Potencia del motor.....	44
3.12	Sistema eléctrico – electrónico.....	44
3.12.1	<i>Requerimientos</i>	44
3.12.2	<i>Microcontroladores</i>	44
3.12.3	<i>Microcontroladores PIC</i>	45
3.13	Descripción de los elementos eléctricos y/o electrónicos seleccionados.....	45
3.13.1	<i>Sensor ultrasónico de distancia</i>	45
3.13.2	<i>Transceiver</i>	46
3.13.3	<i>Electroimán</i>	46
3.14	Descripción general del funcionamiento.....	47
3.15	Tablero de control.....	47
3.16	Circuitos transmisor – receptor y circuito de potencia.....	48
3.17	Manual de operación.....	50
3.18	<i>Guía de seguridad</i>	51
3.19	Guía de mantenimiento.....	52
3.19.1	<i>Nivelación</i>	53
3.19.2	<i>Limpieza</i>	53
3.19.3	<i>Lubricación</i>	53
4.	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL PROTOTIPO	
4.1	Construcción del prototipo.....	54
4.1.1	<i>Requerimientos para la construcción</i>	54
4.1.2	<i>Máquinas herramientas y equipo utilizado</i>	55
4.2	Descripción del proceso de construcción.....	56
4.3	Operaciones tecnológicas de construcción.....	57
4.4	Flujograma sinóptico de construcción.....	60
4.4.1	<i>Montaje de la torre telescópica</i>	62
4.4.2	<i>Flujograma de montaje</i>	62
4.4.3	<i>Descripción de la construcción de los elementos</i>	63
4.4.3.1	<i>Soporte de gabinete de control</i>	64
4.4.3.2	<i>Soporte de probetas</i>	64
5.	ANÁLISIS DE COSTOS	
5.1	Generalidades.....	65
5.2	Clasificación de los costos.....	65
5.2.1	<i>Costos directos</i>	65
5.2.1.1	<i>Materiales</i>	65
5.2.1.2	<i>Equipos</i>	69
5.2.1.3	<i>Mano de obra</i>	70
5.2.1.4	<i>Transporte de materiales y equipos</i>	70
5.3	Costos indirectos.....	71
5.4	Costos totales.....	71

6.	PRUEBAS Y RESULTADOS	
6.1	Introducción.....	72
6.1.1	<i>Materiales y equipos a utilizar en las pruebas de campo.....</i>	72
6.1.2	<i>Procedimiento a seguir en las pruebas.....</i>	72
6.2	Pruebas.....	72
6.2.1	<i>Verificación del soporte de probetas.....</i>	72
6.2.2	<i>Verificación de los pesos de las esferas.....</i>	73
6.2.3	<i>Verificación de caída libre de la esfera.....</i>	74
6.3	Resultados.....	75
6.4	Procedimiento para certificación de vidrios de seguridad.....	75
6.4.1	<i>Requisitos previos.....</i>	75
6.4.2	<i>Etiquetado y embalaje.....</i>	76
6.5	Certificación de vidrios de seguridad para automotores según la norma NTE INEN 1723.....	77
6.5.1	<i>Desarrollo de las hojas de ingreso de vidrios de seguridad.....</i>	77
6.5.2	<i>Desarrollo de las hojas de ensayo de vidrios de seguridad.....</i>	77
6.5.3	<i>Procedimiento.....</i>	77
6.6	Requisitos para la aprobación de vidrios de seguridad para automotores.....	78
7.	DESARROLLO DE HOJAS DE VERIFICACIÓN CONFORME A LA NORMA NTE INEN 1723	
7.1	Propósito.....	80
7.2	Alcance.....	80
7.3	Políticas de operación, normas y lineamientos.....	80
7.4	Organigrama del procedimiento de verificación conforme a la NTE INEN 1723	81
7.5	Descripción del procedimiento de verificación conforme a la NTE INEN 1723	81
7.6	Cronograma del procedimiento de verificación.....	83
7.7	Formato de hojas modelo del procedimiento de verificación.....	84
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
8.1	Conclusiones.....	85
8.2	Recomendaciones.....	86

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.	
1	Definiciones según la norma NTE INEN 1669.....	5
2	Requisitos para vidrios de seguridad.....	7
3	Masas de las esferas de acero endurecido.....	9
4	Espesores nominales.....	12
5	Dimensiones requeridas de las esferas de acero para el ensayo de impacto.....	16
6	Matriz morfológica.....	18
7	Valores utilizados en el método de criterios ponderados.....	22
8	Codificación de alternativas.....	22
9	Criterios a evaluar.....	22
10	Evaluación del peso específico de cada criterio.....	23
11	Evaluación del peso específico del criterio Transporte.....	23
12	Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento.....	23
13	Evaluación del peso específico del criterio Montaje.....	24
14	Evaluación del peso específico del criterio Construcción.....	24
15	Evaluación del peso específico del criterio Peso.....	24
16	Evaluación del peso específico del criterio Costo.....	24
17	Conclusiones para la selección de la alternativa.....	25
18	Partes principales de la torre telescópica.....	25
19	Especificaciones del tubo cuadrado estructural de 60x2mm.....	27
20	Especificaciones del tubo cuadrado estructural de 30x2mm.....	31
21	Especificaciones del tubo cuadrado estructural de 25x2mm.....	33
22	Cables normalizados de acero.....	42
23	Características del motor.....	43
24	Medidas preventivas y riesgos de seguridad.....	52
25	Nivelación del equipo.....	53
26	Limpieza del equipo.....	53
27	Herramientas manuales.....	55
28	Máquinas herramientas.....	55
29	Instrumentos de medición y verificación.....	55
30	Elementos y piezas constitutivas del prototipo telescópico.....	56
31	Operaciones tecnológicas de construcción de la base.....	57
32	Operaciones tecnológicas de construcción del soporte de mástiles.....	57
33	Operaciones tecnológicas de construcción del sistema telescópico.....	58
34	Operaciones tecnológicas de construcción del soporte regulable y brazo.....	59
35	Operaciones tecnológicas de construcción del sistema de control.....	59
36	Operaciones tecnológicas de construcción del soporte de probetas.....	60
37	Operaciones de montaje.....	62
38	Tiempo de construcción del prototipo telescópico.....	63
39	Elementos para la construcción del sistema telescópico.....	63
40	Elementos para la construcción del soporte de control.....	64
41	Elementos para la construcción del soporte de probetas.....	64
42	Costo de materiales y accesorios mecánicos.....	66
43	Costo de materiales y accesorios eléctricos y electrónicos.....	68
44	Costo total de materiales.....	69
45	Costo de equipos y herramientas.....	69
46	Costo de mano de obra.....	70
47	Costo de transporte.....	70
48	Costos totales directos.....	70

49	Costos totales indirectos.....	71
50	Costos totales.....	71
51	Verificación de las dimensiones principales del soporte.....	73
52	Verificación de las masas de las esferas de acero.....	73
53	Verificación de las alturas de ensayo para vidrio templado.....	75
54	Verificación de las alturas de ensayo para vidrio laminado.....	75
55	Tamaños del lote y de la muestra.....	76
56	Altura de impacto y peso de esfera para ensayo en parabrisas.....	78
57	Altura de impacto y peso de esfera para ensayo en vidrio templado.....	78
58	Altura de impacto y peso de esfera para ensayo en vidrio laminado.....	78
59	Requisitos para aprobación de parabrisas y vidrios templados.....	79
60	Requisitos para aprobación de vidrios laminados.....	79
61	Descripción del procedimiento de verificación según NTE INEN 1723.....	81
62	Cronograma del procedimiento de verificación.....	83

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Vidrio de seguridad laminado para automotores.....	3
2	Vidrio de seguridad templado para automotores.....	3
3	Corte esquemático del perfil del vidrio laminado.....	6
4	Dimensiones soporte para probetas.....	9
5	Soporte para ensayo de la esfera de acero.....	10
6	Soporte para ensayo de la esfera de acero construido.....	10
7	Probeta de vidrio de seguridad.....	11
8	Dimensiones de caja de metal para soporte de probetas (mm).....	13
9	Dimensiones del marco superior e inferior (mm).....	14
10	Soporte para ensayo de esferas de acero modificado.....	14
11	Esfera de acero recocido.....	15
12	Sistema telescópico.....	19
13	Sistema de torre de elevación.....	20
14	Sistema poste de elevación.....	21
15	Principales partes de la torre telescópica.....	26
16	Diagrama de cuerpo libre.....	28
17	Diagrama de cuerpo libre.....	31
18	Diagrama de cuerpo libre.....	33
19	Diagrama de cortante.....	34
20	Diagrama de momento.....	34
21	Análisis de esfuerzos de von mises en el tramo DE.....	36
22	Análisis de desplazamientos en el tramo DE.....	36
23	Análisis del coeficiente de seguridad en el tramo DE.....	37
24	Columna cargada excéntricamente.....	37
25	Análisis de esfuerzos de von mises en el tramo CD.....	39
26	Análisis de desplazamientos en el tramo CD.....	40
27	Análisis del coeficiente de seguridad en el tramo CD.....	40
28	Estructura interna de un microcontrolador.....	45
29	Sensor ultrasonico de distancia.....	46
30	Transceiver HR-1020.....	46
31	Electroimán.....	47
32	Tablero de control de la torre telescópica.....	47
33	Circuito del tablero de control – TX.....	48
34	Circuito receptor torre – RX.....	49
35	Circuito de potencia torre – RX.....	50
36	Flujograma de construcción de la base.....	60
37	Flujograma de construcción del soporte de los mástiles.....	60
38	Flujograma de construcción del sistema de elevación telescópico.....	61
39	Flujograma de construcción del soporte regulable y brazo.....	61
40	Flujograma de construcción de los gabinetes de control.....	61
41	Flujograma de construcción del soporte para probetas.....	61
42	Flujograma de montaje del sistema telescópico.....	62
43	Verificación de las dimensiones principales del soporte.....	73
44	Verificación de la masa de la esfera de acero para vidrio laminado.....	74
45	Verificación de la masa de la esfera de acero para vidrio templado.....	74
46	Organigrama del procedimiento de verificación.....	81

LISTA DE ABREVIACIONES

NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
RTE	Reglamento Técnico Ecuatoriano
AISI	Instituto Americano de Hierro y Acero (American Iron and Steel Institute)
SAE	Sociedad de Ingenieros de Automoción (Society of Automotive Engineer)
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for testing and Materials)
CPU	Unidad de Procesamiento Central (Central Processing Unit)
PIC	Circuito Integrado Programable (Peripheral Interface Controller)
ROM	Memoria de solo Lectura (Read Only Memory)
RAM	Memoria de acceso Aleatorio (Random Acces Memory)
LCD	Pantalla de Cristal Líquido (Liquid Crystal Display)
CNC	Control Numérico por Computadora (Computerized Numerical Control)

LISTA DE ANEXOS

- A** NTE INEN 1669. Vidrios de seguridad para automotores
- B** NTE INEN 1723. Determinación de la resistencia al impacto con esfera de acero
- C** Especificaciones del tubo cuadrado estructural
- D** Propiedades mecánicas del acero ASTM A-36
- E** Longitud efectiva de pandeo
- F** Cálculo y selección del diámetro mínimo del cable
- G** Cables normalizados de acero
- H** Poleas para cables de acero normalizadas
- I** Características del motor
- J** Características de los PIC 16F628A -16F878A (datasheet)
- K** Características del sensor ultrasónico de distancia
- L** Características del transceiver
- M** Características del electroimán
- N** Características del medidor de temperatura y humedad
- O** Construcción y montaje del prototipo
- P** Verificación de las dimensiones principales del soporte
- Q** Verificación de los pesos de las esferas
- R** Formato de hojas modelo del procedimiento de verificación

RESUMEN

Se ha diseñado y construido un sistema de pruebas para la realización de ensayos de impacto con esfera de acero, según los requisitos que establecen las normas técnicas ecuatorianas NTE INEN 1669 y NTE INEN 1723, con la finalidad de certificar los requerimientos mínimos que deben cumplir los vidrios de seguridad laminados y templados para automotores (parabrisas, lunetas, ventanas laterales fijas y móviles), que se fabriquen y/o comercialicen en nuestro país destinados al transporte de personas, cargas y mercancías.

Se determinaron los parámetros geométricos y físicos necesarios del equipo previo a la construcción y montaje de las diferentes partes. El equipo consta de una base para el soporte de las probetas de vidrio, una torre de mástiles telescópicos que encajan unos en otros, la elevación y descenso de los mástiles se realiza mediante un sistema de tracción por cable que se enrolla o desenrolla en un tambor que está acoplado a un motor; la sujeción de las esferas de acero endurecido, cuyas masas vienen establecidas en la norma, se realiza mediante la utilización de un electroimán.

La torre tiene un alcance de elevación máxima de 4.5 metros, con una velocidad nominal de 0.023 m/s, utilizando un motor eléctrico de 0.6 Hp de potencia. Todo el sistema es inalámbrico, pudiendo ser operado de forma automática mediante el tablero de control, o manual en caso de falla de la electrónica o error de lectura de las alturas.

Finalmente se elaboraron las hojas modelo del procedimiento a seguir para obtener la certificación de vidrios de seguridad para automotores conforme a los requisitos que establece la norma NTE INEN 1723.

Con la implementación de este sistema de pruebas para la determinación de la resistencia al impacto, se consolida el papel del SERCOMEC como organismo verificador de la conformidad de vidrios de seguridad para automotores complementariamente a la certificación de carrocerías para autobuses.

ABSTRACT

It has been designed and built a proof system for making the impact essays with steel sphere, according to the requirements that establish the Ecuadorian technique norms NTE INEN 1669 and NTE INEN 1723, with the aim to certify the minimal requirements that must accomplish the tempered and laminated security glass for motor vehicles (windscreen, steady rests, side fixed and openable windows), that are made and/or commercialized in our country destined to the transportation of people, charge and goods.

It was determined the geometric and physical parameters necessary of the previous equipment to the construction and montage of the different parts. The equipment consists of a base for the support of the test tubes, a tower of telescopic masts that joining ones in others, the lifting and decrease of the masts that is made by using a cable traction system that rolls or unrolls in a drum which is coupled in an engine; the steel spheres engagement, whose masses coming established in the norm, it is made by means of the usage of an electro-magnet.

The tower has a scope of maximum lifting of 4.5 meters, with a nominal speed of 0.023 m/s, by using an electric engine of 0.6 Hp power. All the system is wireless, it can be operated in automatic way through the control board, or the handbook in case of failure of the electronic or error height reading.

Finally, it was elaborated the model sheets of the procedure to follow for obtaining the certification of the laminated security glass for motor vehicles conforms to the requirements that found the norm NTE INEN 1723.

With the implementing of these proof systems for the determination of the impact resistance, it is consolidated the role of SERCOMEC as a verifier organism of the conformity of laminated security glass for motor vehicles complementary to the certification of the vehicle bodywork for autobuses.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El vidrio ha sido usado por el hombre desde hace milenios. Posiblemente sea el material más viejo fabricado por el ser humano y que aún continúa afectando la vida presente. El vidrio está presente en formas tan diversas como: ventanas, vasos, envases de todo tipo, telescopios, en la electrónica, en la industria del transporte, de la construcción, etc.

Por sus características intrínsecas (brillantez, resistencia al uso, transparencia, etc.), es un material difícilmente sustituible (y, a veces, realmente insustituible) en la mayoría de sus aplicaciones.

Cabe señalar que este trabajo se centra en el vidrio de seguridad para uso automotriz y concretamente para las carrocerías de los autobuses tanto para los parabrisas y las ventanas laterales.

A diferencia de lo que la mayoría de los usuarios creen, los vidrios de un vehículo no sólo cumplen con la función de brindar una visión óptima y proteger el interior del habitáculo de los agentes atmosféricos (sol, lluvia, viento, etc.), sino que además están diseñados para resguardar la seguridad de los ocupantes ante un eventual accidente. De aquí, su denominación de "vidrios de seguridad".

Hoy en día en nuestro mercado, nos encontramos con cristales de seguridad que no logran superar los ensayos que exige la norma. Esto se debe básicamente a que el fabricante no utiliza los materiales adecuados ni las técnicas correctas para su fabricación.

En el Ecuador es de uso obligatorio la norma NTE INEN 1723 y lo que se trata de aplicar con esta norma es el brindar protección y seguridad a los usuarios, minimizando los riesgos de accidentes corporales en caso de colisión de los vehículos.

1.2 Justificación

La calidad es uno de los factores condicionantes para la competitividad de las empresas en los mercados nacionales e internacionales que además proporciona confianza a clientes y consumidores, al garantizar la idoneidad del producto o servicio suministrado. La Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a través del *Centro de Transferencia Tecnológica de Servicios y Construcciones Mecánicas "SERCOMEC"*, como organismo verificador de conformidad de productos, ha visto la necesidad de plantear las facilidades para la implementación de un sistema de ensayos de resistencia al impacto en vidrios de seguridad, que cumpla con los requisitos para su certificación establecidos en los reglamentos y normas vigentes en el país, como son la INEN NTE 1669 e INEN NTE 1723, para vidrios de seguridad para automotores que se fabriquen, y/o comercialicen dentro del país, destinados al transporte de personas, de carga y de mercancías. A su vez el presente proyecto servirá para consolidar el papel del *SERCOMEC* como organismo protagónico en el país en el desarrollo de procesos tecnológicos que permitan mejorar la calidad y seguridad de productos y/o servicios (carrocerías para autobuses, y vidrios de seguridad), ya que en toda la región centro del país no se cuenta con este servicio.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Implementar un sistema de pruebas para la determinación de la resistencia al impacto de vidrios de seguridad para automotores según la Norma NTE INEN 1723.

1.3.2 Objetivos específicos:

Realizar las hojas de verificación tanto para vidrios de seguridad automotriz laminados y templados conforme a la norma NTE INEN 1723.

Construir el equipo para la realización de los ensayos de impacto con esfera de acero y efectuar las pruebas de validación con el fin de establecer el correcto funcionamiento del mismo.

Efectuar los ensayos de prueba para verificar si los vidrios de seguridad automotriz cumplen los requisitos que establece la norma NTE INEN 1669 y 1723.

CAPÍTULO II

2. REQUERIMIENTOS DE LA NORMA NTE INEN 1669

2.1 Introducción

Antes del año 2002, no se controlaba la existencia de vidrios de seguridad, ni si estos cumplían con las normas técnicas ecuatorianas referentes a la seguridad. Eran vidrios que no prestaban ningún tipo de seguridad en los medios de transporte a nivel nacional, a partir del año 2002 se normalizó el tipo de parabrisas y vidrios de seguridad.

Figura 1. Vidrio de seguridad laminado para automotores



Fuente: http://eljagdtiger.blogspot.com/2010_12_01_archive.html

Figura 2. Vidrio de seguridad templado para automotores



Fuente: http://eljagdtiger.blogspot.com/2010_12_01_archive.html

Es así que el directorio del Instituto Ecuatoriano de Normalización con resolución No. 134-2010, (Registro Oficial, 2010), en ejercicio de las facultades que le concede la ley resuelve:

Oficializar con el carácter de OBLIGATORIO la segunda Revisión del Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 034 en materia de “*Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores*”

Este reglamento técnico ecuatoriano establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los vehículos automotores con la finalidad de prevenir los riesgos para la salud, la vida de las personas y evitar prácticas que puedan inducir a error a los usuarios.

Dentro del reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 034, como parte de **requisitos del producto** en el numeral 4.9, menciona que los vidrios que se utilicen en los vehículos deben ser vidrios de seguridad para automotores y deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1669 vigente, o las normas o directivas equivalentes que le sean aplicables.

Los importadores, fabricantes y ensambladores nacionales de vehículos automotores deben cumplir con lo dispuesto en el presente reglamento técnico ecuatoriano.

La evaluación y la certificación de la conformidad exigida en el presente reglamento técnico ecuatoriano deben ser realizadas por entidades debidamente acreditadas o designadas de acuerdo con lo establecido en la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

La Facultad de Mecánica de la ESPOCH requiere a través de este proyecto complementar el laboratorio del SERCOMEC con un “*sistema de pruebas para la determinación de la resistencia al impacto de vidrios de seguridad para automotores según la norma NTE INEN 1723*”, necesaria para realizar uno de los ensayos requeridos en la NTE INEN 1669 referente a vidrios de seguridad.(Registro Oficial, 2010)

2.2 Definiciones sobre acristalamientos

La norma NTE INEN 1669 establece las siguientes definiciones. (ANEXO A)

Tabla 1. Definiciones según la norma NTE INEN 1669

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

Fuente: NTE INEN 1669

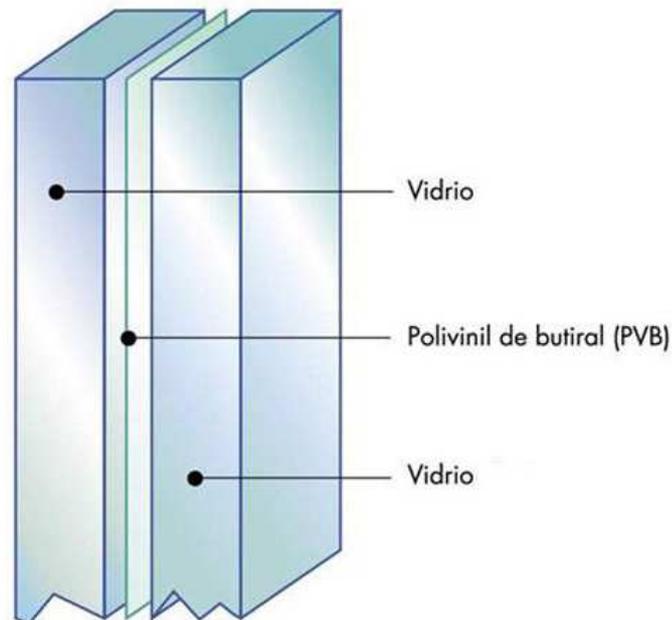
2.3 Clasificación y ubicación de los vidrios de seguridad para automotores

Según la norma NTE INEN 1669, los vidrios de seguridad para automotores, de acuerdo con el proceso de fabricación, se clasifican en los siguientes tipos:

1. Vidrios de seguridad laminados.

2. Vidrios de seguridad templados.

Figura 3. Corte esquemático del perfil del vidrio laminado



Fuente: http://eljagdtiger.blogspot.com/2010_12_01_archive.html

De acuerdo a su ubicación los vidrios de seguridad se clasifican en:

1. Parabrisas.
2. Luneta.
3. Lateral.
4. De techo.

2.4 Requisitos de la norma NTE INEN 1669

Con el fin de precautelar la integridad de las personas en la carretera y minimizar al máximo los posibles daños físicos provocados por cortaduras con vidrios, la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1669, que es de carácter obligatoria para la certificación de vidrios de seguridad, establece los requisitos que deben cumplir los vidrios para automotores terrestres (parabrisas, lunetas, ventanas laterales fijas y móviles), que se fabriquen y/o comercialicen en el país. (INEN, 2011)

Para la certificación de los diferentes tipos de vidrios de seguridad la norma NTE INEN 1669 impone que se cumpla los siguientes requisitos.

Tabla 2. 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
Ensayo de maniquí	X		NTE INEN 1724
Impacto con dardo	X		NTE INEN 1725
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	NTE INEN 1699
Dimensionales	X	X	NTE INEN 1669

Fuente: NTE INEN 1669

Además la norma establece que se debe tener en cuenta las siguientes disposiciones:

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. No deben ser destinados como parabrisas los vidrios de seguridad de tipo templado.(INEN, 2011)

2.4.1 Definición de los ensayos para la aprobación de vidrios de seguridad. Para la aprobación y posterior certificación de acuerdo a la norma NTE INEN 1669 de

undeterminado lote o muestra de vidrios, para que estos puedan considerarse como vidrio de seguridad se deberá cumplir con los siguientes ensayos:

- Fragmentación NTE INEN 1722.
- Impacto de la cabeza ensayo de maniquí NTE INEN 1724.
- Impacto con dardo. NTE INEN 1725.
- Resistencia a la alta temperatura NTE INEN 1726.
- Transmisión luminosa NTE INEN 1727.
- Estabilidad lumínica NTE INEN 1728.
- Resistencia a la abrasión NTE INEN 1730.
- Resistencia a la humedad NTE INEN 1731.
- Distorsión óptica NTE INEN 1729.
- Defectos visuales NTE INEN 1669.
- Dimensionales NTE INEN 1669.

El presente trabajo está basado únicamente en la aplicación de la norma NTE INEN 1723 que corresponde al ensayo de impacto con esfera de acero, el cual se detalla a continuación.

2.5 Ensayo de impacto con esfera de acero

Básicamente la norma NTE INEN 1723 establece que el ensayo de impacto, consiste en dejar caer desde una altura determinada, en caída libre una esfera de acero endurecido de masa definida para los diferentes tipos de vidrios, dentro de un círculo de 25 mm de radio medidos desde el centro de la probeta o muestra de ensayo.

El presente proyecto se enfocará únicamente en la construcción de un prototipo de elevación telescópico que permita realizar pruebas de impacto con esfera de acero según la norma. (ANEXO B)

2.5.1 Objetivo del ensayo de impacto con esfera de acero. La realización de esta norma permite determinar la resistencia al impacto en vidrios de seguridad para automotores.

2.5.2 Alcance de la norma. El alcance de la norma establece que el ensayo de impacto con esfera de acero se realiza tanto a vidrios de seguridad laminados y templados.

2.5.3 Equipo requerido. Para la realización del ensayo de impacto se requiere de:

- Esferas de acero endurecido.
- Soporte para las probetas.

2.5.3.1 Esferas de acero. La masa de las esferas de acero endurecido según sea el caso de vidrio de seguridad laminado o templado se encuentra definidos en la norma, como se muestra en la siguiente tabla.

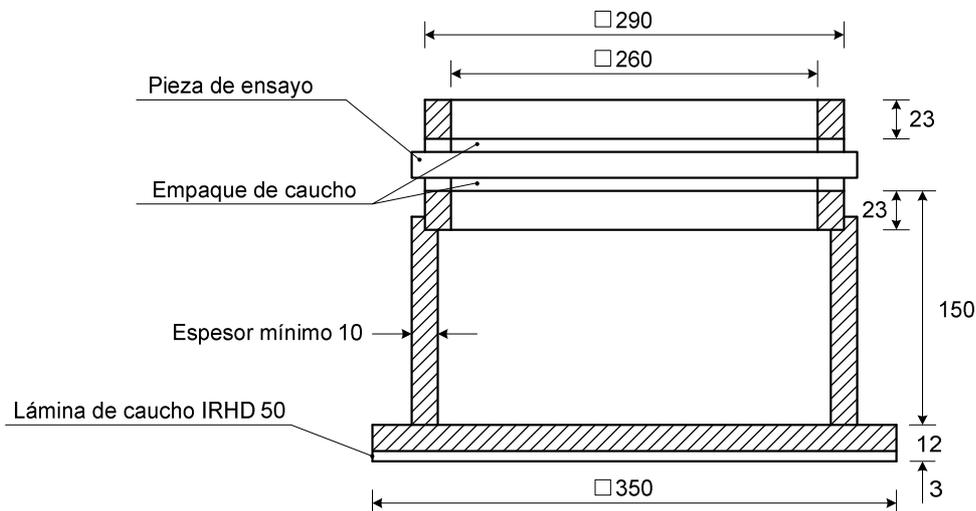
Tabla 3. Masas de las esferas de acero endurecido

MASAS DE LAS ESFERAS DE ACERO ENDURECIDO	
Vidrio templado	Esfera sólida de acero, con una masa de $227 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$
Vidrio laminado	Esfera sólida de acero, con una masa de $2,26 \text{ kg} \pm 20 \text{ g}$

Fuente: NTE INEN 1723

2.5.3.2 Soporte para probetas. El soporte para probetas consiste en dos marcos de metal u otros materiales resistentes, con bordes maquinados, que se ajusta el uno sobre el otro y que tengan en la superficie empaquetaduras de caucho.

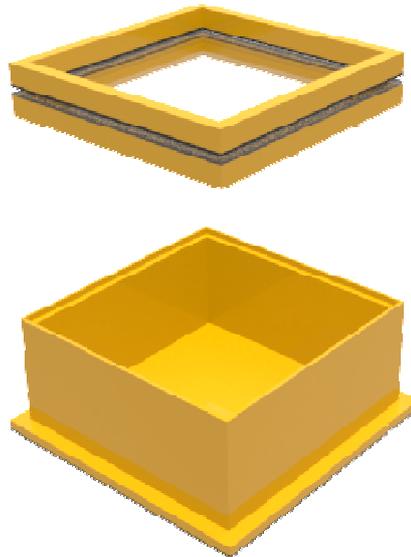
Figura 4. Dimensiones soporte para probetas



Fuente: NTE INEN 1723

El marco inferior descansará sobre una caja de metal u otro material resistente. La probeta de ensayo se mantendrá en su lugar por medio de un marco superior que debe tener una masa aproximadamente de 3 kg o abrazaderas que eviten el movimiento de la muestra. (INEN, 2011)

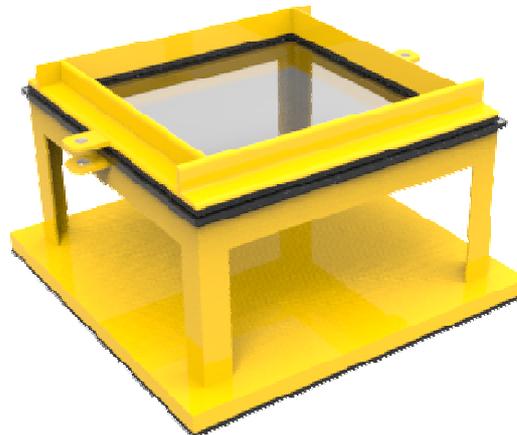
Figura 5. Soporte para ensayo de la esfera de acero



Fuente: NTE INEN 1723

Para el presente proyecto, por no contar con el equipo necesario para la construcción de la misma y tomando en cuenta que la norma establece que tanto los marcos de soporte como la caja de metal pueden construirse con cualquier material resistente se procedió a construir un soporte modificado como se indica en la figura 6.

Figura 6. Soporte para ensayo de la esfera de acero construido



Fuente: Autores

2.5.3.3 Sistema de sujeción y elevación. La norma NTE INEN 1723 no determina ni restringe ni la forma de sujeción de las esferas, ni el sistema o mecanismo de elevación a emplearse en el ensayo, el cual es motivo del presente proyecto de titulación.

2.5.4 Preparación de la muestra:

- a. Antes del ensayo las muestras deben ser acondicionadas como mínimo durante 4 horas a $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $60\% \pm 20\%$.
- b. El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 300x300 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción.(INEN, 2011)

Figura 7. Probeta de vidrio de seguridad



Fuente: Autores

2.5.5 Procedimientos para los ensayos de impacto con esfera de acero. Los procedimientos para cada uno de los ensayos a realizarse vienen definidos según la norma ya sea para vidrio de seguridad laminado o templado para automotores.

2.5.5.1 Procedimiento para el ensayo en vidrio templado. El procedimiento para el ensayo de impacto en vidrio templado se describe a continuación:

1. Tomar cuatro muestras por cada espesor nominal de vidrio a ensayarse.
2. Colocar la probeta de ensayo sobre el soporte.
3. Dejar caer, la esfera de acero de $227\text{ g} \pm 2\text{ g}$ desde una altura especificada para cada espesor nominal del vidrio. La esfera de acero debe caer dentro de un círculo de 25 mm de radio medidos desde el centro de la probeta o muestra de ensayo.
4. La altura de caída (medida desde la parte inferior de la esfera a la superficie superior de la muestra) será tal como se indica en la tabla 4.
5. Se procede a establecer el resultado del ensayo de conformidad con lo enunciado en el literal a) del numeral 5.1.1.2 de la norma NTE INEN 1669.(INEN, 2011)

Tabla 4. Espesores nominales

Espesor del vidrio (mm)	Altura de caída
$e \leq 3,5$	$2 \text{ m}^{+5}_0 \text{ mm}$
$3,5 < e \leq 6,5$	$2,5 \text{ m}^{+5}_0 \text{ mm}$
$6,5 < e$	$2,5 \text{ m}^{+5}_0 \text{ mm}$

Fuente: NTE INEN 1723

2.5.5.2 Procedimiento para el ensayo en vidrio laminado. El procedimiento para el ensayo de impacto en vidrio laminado se describe a continuación:

1. Tomar cuatro muestras preparadas previamente.
2. Colocar la probeta de ensayo sobre el soporte.
3. Dejar caer la esfera de acero de $2,26 \text{ kg} \pm 20 \text{ g}$ desde una altura de $4,0 \text{ m}^{+5}_0 \text{ mm}$, medida desde la parte inferior de la esfera a la superficie superior de la muestra.
4. Se procede a establecer el resultado del ensayo de conformidad con lo enunciado en el literal b) del numeral 5.1.1.2 de la norma NTE INEN 1669. (INEN, 2011)

2.6 Informe de resultados

El informe de resultados debe contener lo siguiente:

- a. Tipo y número de muestra o cualquier otra identificación.
- b. Ensayo efectuado y método aplicado.
- c. Resultado de ensayo.
- d. Condiciones de temperatura y humedad para la preparación de la muestra.
- e. Fecha de ensayo.
- f. Nombre de la persona que realizó el ensayo.
- g. Nombre del laboratorio de ensayos. (INEN, 2011)

En el capítulo 6 correspondiente a pruebas y resultados del presente trabajo se detalla más detenidamente estos procedimientos y se da un modelo de hoja tanto para la recepción de muestras, como para los informes de resultados.

CAPÍTULO III

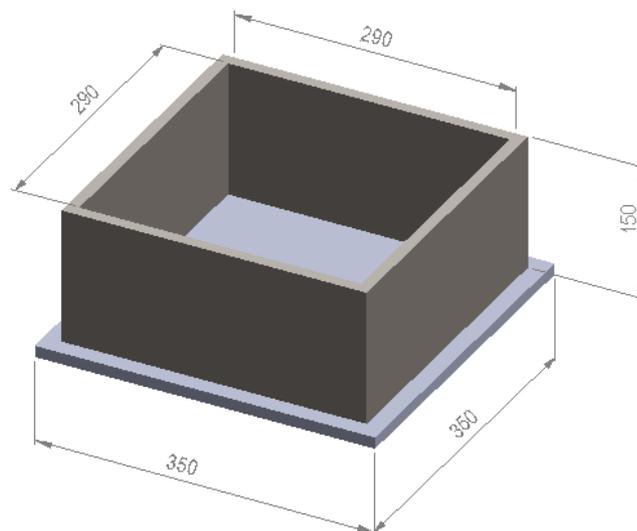
3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL PROTOTIPO DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA NTE INEN 1723

3.1 Parámetros de diseño

La norma NTE INEN 1723 no condiciona ningún tipo de equipo o sistema de elevación para el desarrollo del ensayo de impacto con esfera de acero, por lo tanto primeramente analizaremos los parámetros geométricos del soporte para las probetas de vidrios de seguridad y los parámetros físicos de la esfera de acero.

3.1.1 Parámetros geométricos. Dentro de los parámetros geométricos de los equipos requeridos en la norma NTE INEN 1723, los que no son vinculantes en el diseño y/o construcción del prototipo, se debe considerar únicamente las dimensiones principales del soporte para la realización del ensayo.

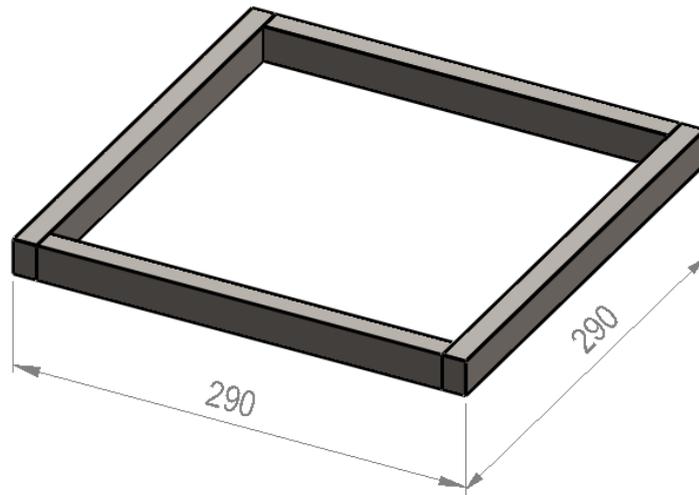
Figura 8. Dimensiones de caja de metal para soporte de probetas (mm)



Fuente: Autores

Cabe señalar también que la norma establece que los materiales requeridos para la construcción de la base y marcos de soporte tendrán los espesores y dimensiones establecidos o pueden ser de cualquier otro material resistente.

Figura 9. Dimensiones del marco superior e inferior (mm)



Fuente: Autores

Por lo tanto tomando como referencia al equipo utilizado para la realización del ensayo de impacto con esfera de acero a empresas certificadoras de vidrios de seguridad para automotores a nivel mundial, en el presente proyecto se construirá una base y soporte de probetas modificado como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Soporte para ensayo de esferas de acero modificado



Fuente: http://agpglass.com/es/intelligent_glass/product/laminated_technology

3.1.2 Parámetros físicos. Teniendo en cuenta que la norma NTE INEN 1723 no condiciona las medidas de las esferas de acero, se debe calcular las dimensiones de las mismas, tomando como referencia la densidad del acero AISI/SAE 1015 y la masa que proporciona la norma.

Figura 11. Esfera de acero recocido



Fuente: http://agpglass.com/es/intelligent_glass/product/laminated_technology

3.1.2.1 Dimensiones de las esferas de acero. La norma NTE INEN 1723 no establece las medidas de las esferas de acero por lo cual se procede a calcular sus dimensiones empleando las diferentes masas proporcionadas por la norma y la densidad del acero AISI/SAE 1015 que es igual a $7,8700 \text{ g/cm}^3$.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Donde:

ρ = densidad $[\text{g/cm}^3]$

v = volumen $[\text{cm}^3]$

m = masa $[\text{g}]$

Para la esfera de acero para vidrios templados cuya masa es de $227\text{g} \pm 2\text{g}$ y despejando de la ecuación (1) el volumen tenemos:

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho}$$

Remplazando los valores tenemos que:

$$V_1 = \frac{227\text{g}}{7,8700 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

$$V_1 = 28,8448 \text{ cm}^3$$

$$r_1 = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} \times v_1}$$

$$r_1 = 1,90251cm$$

$$D_1 = 38,050 mm$$

Para la esfera de acero para vidrios laminados cuya masa es de 2260g ± 20g y despejando de la ecuación (1) el volumen tenemos que:

$$V_2 = \frac{m_2}{\rho}$$

Remplazando los valores tenemos que:

$$V_2 = \frac{2260g}{7,8700 g/cm^3}$$

$$V_2 = 287,1774 cm^3$$

$$r_2 = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} \times v_2}$$

$$r_2 = 4,09280cm$$

$$D_2 = 81,8560 mm$$

En la tabla 5, se muestran las dimensiones requeridas de las esferas de acero para la realización de los ensayos de impacto en vidrio de seguridad templado y laminado para automotores y la realización de la comprobación de las propiedades físicas mediante el software de diseño mecánico Autodesk Inventor.

Tabla 5. Dimensiones requeridas de las esferas de acero para el ensayo de impacto

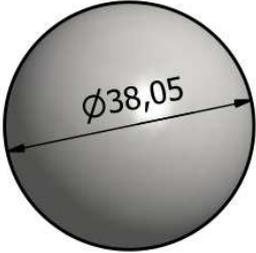
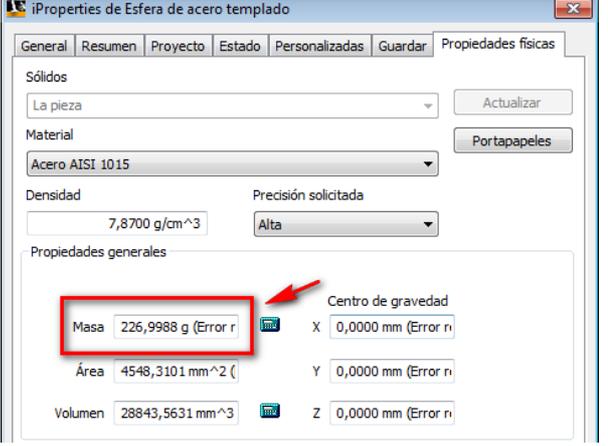
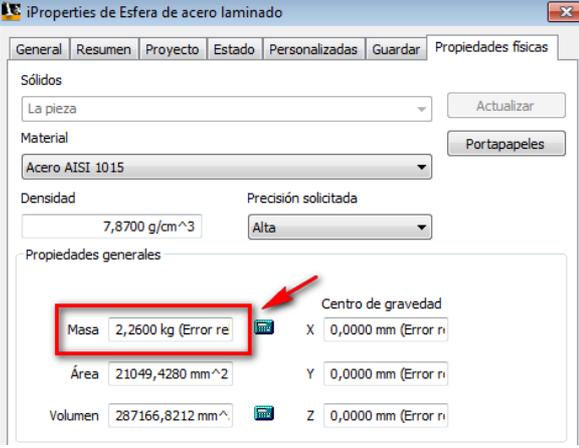
Dimensiones (mm)	Propiedades físicas (masa)
	

Tabla 5. (Continuación)

Dimensiones (mm)	Propiedades físicas (masa)
	

Fuente: Autores

Una vez establecidos los parámetros geométricos y físicos necesarios para la realización del ensayo de impacto con esfera de acero, según la norma NTE INEN 1723 se procede a establecer los requisitos necesarios del prototipo a construirse para la selección de la alternativa mas adecuada.

Las consideraciones a tomarse en cuenta son:

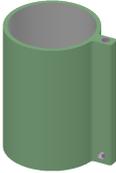
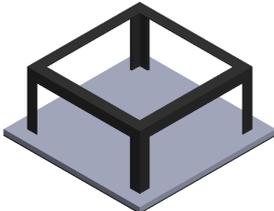
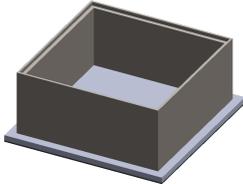
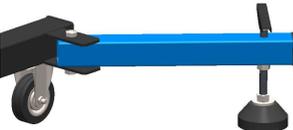
1. El equipo a construirse debera permitir la sujeción, elevación y caída de las esferas de acero a las diferentes alturas requeridas en la norma.
2. El equipo ira acompañado de las instrucciones de uso, montaje y medidas preventivas para evitar posibles accidentes.
3. El equipo debe de ser de fácil construcción y montaje.
4. El equipo debe tener buena estabilidad y rigidez.

3.2 Evaluación de alternativas

Para el diseño y construcción del prototipo se analizan tres sistemas de elevación los mismos que serán evaluados para obtener la mejor alternativa de solución.

Estos sistemas de elevación serán representados en una matriz morfológica que se elabora a partir de la estructura funcional de cada uno, la matriz morfológica no debe ser extensa y debe abarcar las características más relevantes de los equipos.

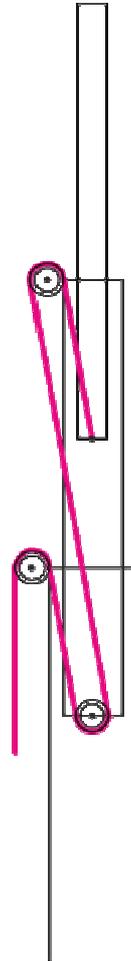
Tabla 6. Matriz morfológica

Funciones Parciales	ALTERNATIVAS		
	1	2	3
Sujeción			
	Seguro	Electroimán	Pinza
Elevación			
	Telescópico	Torre	Poste
Impulso			
	Neumático	Eléctrico	Manual
Soporte			
	Marco de metal con ángulo de 25x4mm	Marco de metal con bordes maquinados	
Base			
	Solo niveladores	Ruedas y niveladores	Empotrado.

Fuente: Autores

3.2.1 Sistema telescópico. Consiste en varias secciones tubulares o cuadradas que encajan unos en otros, la elevación de los mástiles se realiza mediante cable que se encuentra guiado por un sistema de poleas.

Figura 12. Sistema telescópico



Fuente: Autores

3.2.1.1 Ventajas:

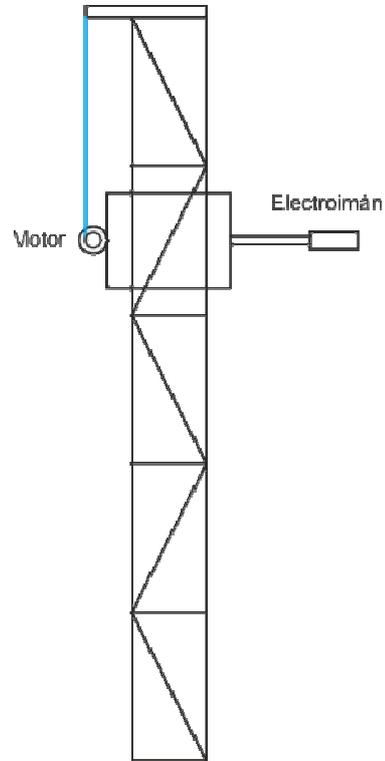
- Es el más sencillo de los sistemas de elevación.
- Se puede accionar de forma hidráulica, polipasto eléctrico o manual.
- Fáciles de maniobrar y transportar hacia los sitios de trabajo.
- Es posible efectuar su instalación sin ninguna restricción de altura.

3.2.1.2 Desventajas:

- Depende mucho del tipo de accionamiento para proporcionar un mayor alcance.
- Necesita estar ubicado en una superficie plana y nivelado para la elevación de las cargas.

3.2.2 Sistema de torre de elevación. Es una torre reforzada accionada mediante un motor eléctrico. El cable de arrollamiento se encuentra enclavado en la parte superior.

Figura 13. Sistema de torre de elevación



Fuente: Autores

3.2.2.1 Ventajas:

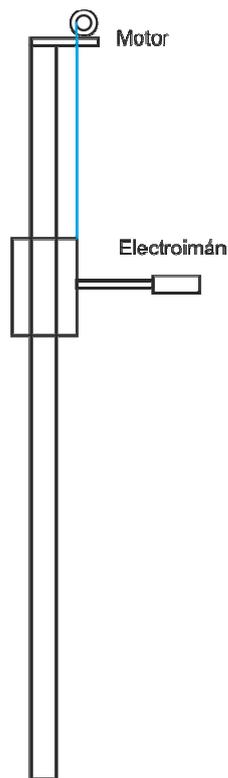
- Elevación de mediana y grandes cargas.
- Fácil mantenimiento.
- No requiere sistema de polipasto.

3.2.2.2 Desventajas:

- Requiere mayor trabajo para su construcción.
- Difícil de transportar.
- Gran peso.
- Mayor costo.

3.2.3 Sistema poste de elevación. Es básicamente un perfil cuadrado metálico montado verticalmente sobre el cual se desliza un carro que transporta la carga.

Figura 14. Sistema poste de elevación



Fuente: Autores

3.2.3.1 Ventajas:

- Permite un posicionamiento fijo para la elevación de las cargas.
- Impulso mediante polipasto de forma eléctrica o manual.
- Fácil construcción.

3.2.3.2 Desventajas:

- Requiere estar empotrado al piso.
- Falla a pandeo.

3.3 Método ordinal corregido de criterios ponderados

Según Riba Carles, en su libro diseño concurrente, se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados que, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos. Este método se basa en unas tablas donde cada criterio (o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores siguientes.

Tabla 7. Valores utilizados en el método de criterios ponderados.

VALOR	CRITERIO
1	Si el criterio de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas
0,5	Si el criterio de las filas es equivalente (=) al de las columnas
0	Si el criterio de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas

Fuente: Riba Carles. Diseño concurrente

Luego, para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución). Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.(RIBA, Carles, 2002)

Las alternativas a evaluarse para la implementación de un sistema de pruebas para la determinación de la resistencia al impacto de vidrios de seguridad para automotores según la norma NTE INEN 1723, son las planteadas en la Tabla 8.

Tabla 8. Codificación de alternativas

Código	Solución
A	Telescópico
B	Torre
C	Mástil

Fuente: Autores

Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes son los que se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Criterios a evaluar

Nº	Criterio
1	Fácil transporte
2	Fácil mantenimiento
3	Fácil montaje
4	Fácil construcción
5	Bajo peso
6	Bajo costo

Fuente: Autores

Entonces se procede a la selección de la mejor alternativa por medio del método ordinal de criterios ponderados a partir de los datos de la Tabla 8 y Tabla 9.

Evaluación de los pesos específicos de los distintos criterios.

Tabla 10. Evaluación del peso específico de cada criterio

Transporte > Mantenimiento > montaje > construcción > peso = costo								
Criterio	Transporte	Mantenimiento	Montaje	Construcción	Peso	costo	$\Sigma+1$	Ponderación
Transporte		1	1	1	1	1	6	0,286
Mantenimiento	0		1	1	1	1	5	0,238
Montaje	0	0		1	1	1	4	0,190
Construcción	0	0	0		1	1	3	0,143
Peso	0	0	0	0		0,5	1,5	0,071
Costo	0	0	0	0	0,5		1,5	0,071
						Σ	21	1

Fuente: Autores

Evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio:

Tabla 11. Evaluación del peso específico del criterio **Trasporte**

Solución A > Solución B > Solución C					
Trasporte	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A		1	1	3	0,500
Solución B	0		1	2	0,333
Solución C	0	0		1	0,167
			Σ	6	1

Fuente: Autores

Tabla 12. Evaluación del peso específico del criterio **Mantenimiento**

Solución A = Solución B > Solución C					
Mantenimiento	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A		0,5	1	2,5	0,417
Solución B	0,5		1	2,5	0,417
Solución C	0	0		1	0,167
			Σ	6	1

Fuente: Autores

Tabla 13. Evaluación del peso específico del criterio **Montaje**

Solución A > Solución C > Solución B					
Montaje	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A		1	1	3	0,500
Solución B	0		0	1	0,167
Solución C	0	1		2	0,333
			Σ	6	1

Fuente: Autores

Tabla 14. Evaluación del peso específico del criterio **Construcción**

Solución C > Solución A > Solución B					
Construcción	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A		1	0	2	0,333
Solución B	0		0	1	0,167
Solución C	1	1		3	0,500
			Σ	6	1

Fuente: Autores

Tabla 15. Evaluación del peso específico del criterio **Peso**

Solución C > Solución A > Solución B					
Peso	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A		1	0	2	0,333
Solución B	0		0	1	0,167
Solución C	1	1		3	0,500
			Σ	6	1

Fuente: Autores

Tabla 16. Evaluación del peso específico del criterio **Costo**

Solución A = Solución C > Solución B					
Costo	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A		1	0,5	2,5	0,417
Solución B	0		0	1	0,167
Solución C	0,5	1		2,5	0,417
			Σ	6	1

Fuente: Autores

El cálculo de la tabla de conclusiones se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Conclusiones para la selección de la alternativa

Conclusión	Trasporte	Mantenimiento	Montaje	Construcción	Peso	Costo	Σ	Prioridad
Solución A	0,1428	0,0992	0,0952	0,0476	0,0238	0,0298	0,4385	1
Solución B	0,0952	0,0992	0,0317	0,0238	0,0119	0,0119	0,2738	3
Solución C	0,0476	0,0397	0,0635	0,0714	0,0357	0,0298	0,2877	2

Fuente: Autores

De la tabla 17, después del análisis realizado por medio del método de criterios ponderados se puede observar que la solución A es la que mejor se ajusta a los criterios de selección por lo que el sistema a implementarse es la torre telescópica.

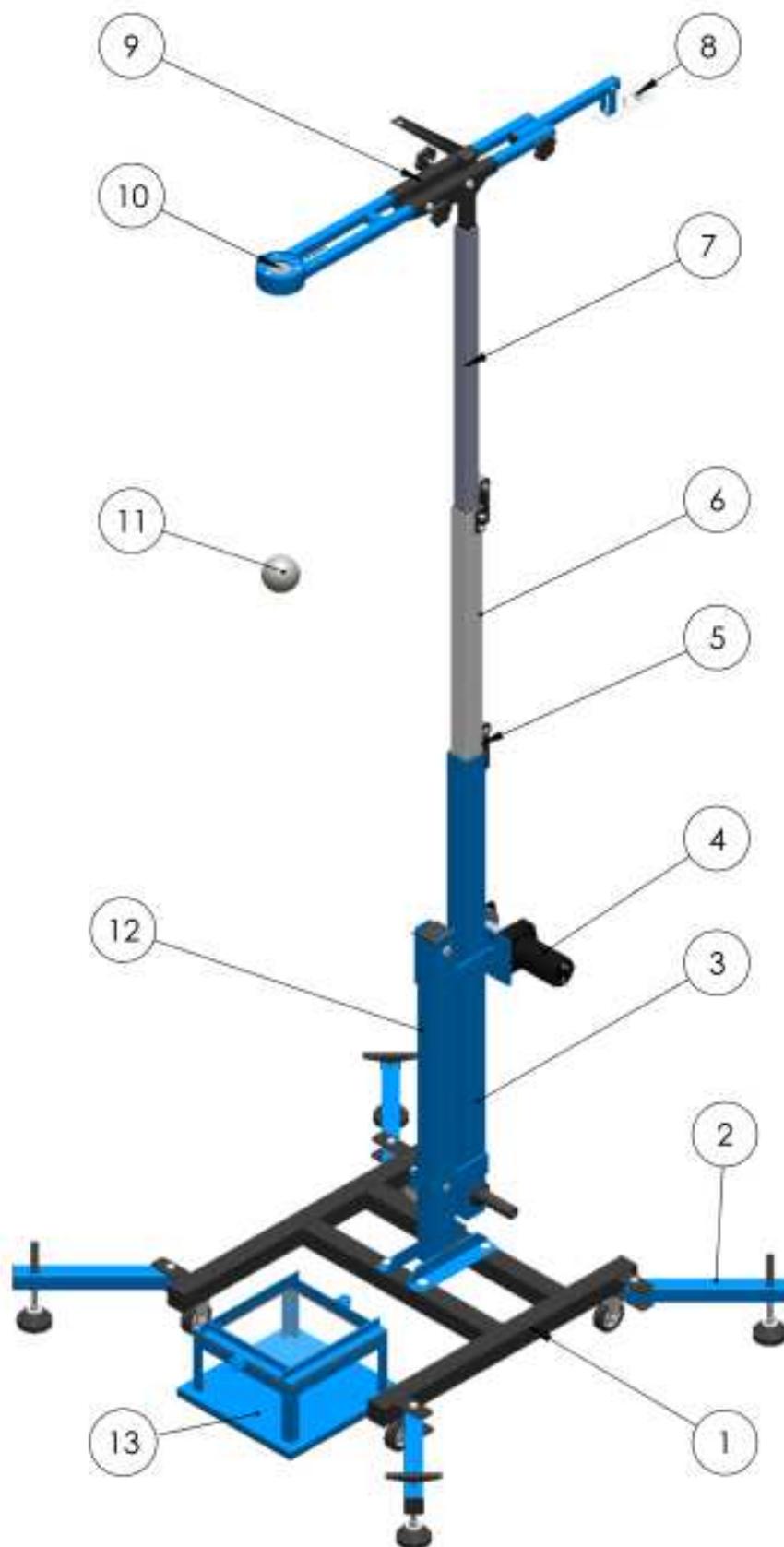
3.3.1 Descripción de la ruta solución. La esfera sólida de acero es sostenida de forma fija por un electroimán y a través de un sistema de elevación telescópico es impulsada por un sistema eléctrico hasta una altura predeterminada según la norma NTE INEN 1723, se deja caer libremente sin ningún impulso sobre la probeta de ensayo que descansa sobre el soporte sujeta con un marco de metal de ángulo de 25x4mm.

Tabla 18. Partes principales de la torre telescópica

Nro.	Descripción	Nro.	Descripción
1	Base	8	Sensor de altura
2	Patas niveladoras	9	Soporte del brazo
3	Mástil 1	10	Electroimán
4	Motor	11	Esfera de acero
5	Soporte poleas	12	Columna
6	Mástil 2	13	Soporte probetas
7	Mástil 3		

Fuente: Autores

Figura 15. Principales partes de la torre telescópica



Fuente: Autores

3.4 Pre - diseño y/o selección de los elementos constitutivos

Uno de los problemas básicos de la ingeniería es seleccionar el material más apropiado y dimensionarlo correctamente, de manera que permita que la estructura o máquina proyectada trabaje con la mayor eficacia.

Para ello, es esencial determinar la resistencia, la rigidez y otras propiedades de los materiales, y después de haber analizado todas las alternativas de diseño anteriormente especificadas, procedemos al diseño y/o selección de los elementos constitutivos de la torre telescópica para la determinación de la resistencia al impacto de vidrios de seguridad para automotores según la norma NTE INEN 1723, para esto se toma en cuenta todos los parámetros y teoremas existentes sobre el diseño de elementos de máquinas.

Por lo tanto a continuación analizaremos los esfuerzos presentes en los elementos de la torre telescópica, generados por una carga a elevar de 10kg que es un peso muy superior al de 2,26 kg que da la norma NTE INEN 1723, garantizando así un buen funcionamiento del equipo.

3.5 Cálculos de reacciones y momentos del tramo AB

El sistema de elevación telescópico en el tramo AB está compuesto de un tubo estructural cuadrado de 60x2mm por 150 cm de longitud empotrado, que está sometido a *flexión* por la carga suspendida y a *compresión* por toda la torre telescópica. (ANEXO C)

Propiedades mecánicas del acero ASTM A - 36. (ANEXO D)

$$S_y = 2530 \text{ kg / cm}^2 \text{ (250 MPa, 36 ksi)}$$

$$E = 200 \text{ GPa} = 2039486,673 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 19. Especificaciones del tubo cuadrado estructural de 60x2mm

DIMENSIONES			ÁREA	EJES X-Xe Y - Y		
L mm	ESPEJOR mm	PESO Kg/6m	Á cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
60	2,0	22,44	4,54	25,12	8,37	2,35

Fuente: Catálogo DIPAC

Donde:

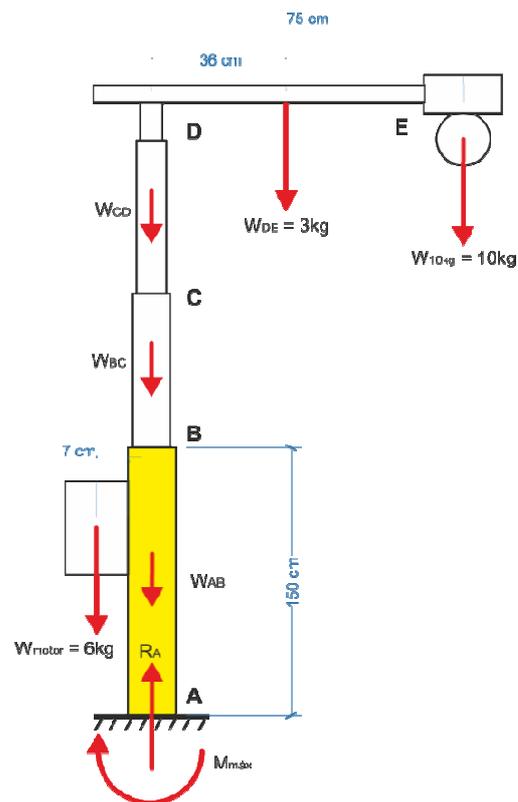
A = Área de la sección transversal del tubo [cm²]

I = Momento de Inercia de la sección [cm⁴]

W = Módulo resistente de la sección [cm³]

i = Radio de giro de la sección [cm]

Figura 16. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Autores

Para determinar el W_{Total} sumamos todos los pesos de los perfiles que soporta el tramo AB más la carga suspendida de 10kg y los 6kg correspondientes al peso del motor.

Para determinar el peso de los tubos se procede de la siguiente manera:

Peso del perfil AB por cada 6m = 22,44kg

Longitud del elemento AB = 1,5m

Por lo tanto:

$$W_{AB} = \frac{22,44 \text{ kg}}{6 \text{ m}} \times 1,5 \text{ m} = 5,61 \text{ kg}$$

Realizamos el mismo cálculo para determinar el peso del resto de elementos:

$$W_{BC} = 3,5 \text{ kg} \quad \rightarrow \quad \text{Peso del Tubo BC}$$

$$W_{CD} = 2,1 \text{ kg} \quad \rightarrow \quad \text{Peso del Tubo CD}$$

$$W_{DE} = 3 \text{ kg} \quad \rightarrow \quad \text{Peso del Tubo DE}$$

El peso del elemento DE se aproxima a 3kg debido a los elementos de unión como pernos y soldadura.

Aplicando $\sum F_A$ se tiene:

$$\begin{aligned} \sum F_A &= 0 \\ R_A + W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DE} + W_1 \text{ kg} + W_{motor} &= 0 \\ R_A + 5,6 \text{ kg} + 3,5 \text{ kg} + 2,1 \text{ kg} + 3 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 6 \text{ kg} &= 0 \\ R_A &= 3,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Luego calculamos el $M_{m\acute{a}x}$ empleando la F3rmula:

$$M = F \times d \quad (2)$$

Donde:

$$F = \text{Fuerza} \quad [\text{kg}]$$

$$d = \text{Distancia} \quad [\text{cm}]$$

Aplicando $\sum M_A = 0$ se tiene:

$$\begin{aligned} M_{m\acute{a}x} &= M_1 \text{ kg} + M_{W_{DE}} + M_{W_{MOTOR}} \\ M_{m\acute{a}x} &= 1 \text{ kg} \times 7 \text{ cm} + 3 \text{ kg} \times 3 \text{ cm} - 6 \text{ kg} \times 7 \text{ cm} \\ M_{m\acute{a}x} &= 8 \text{ kg} - \text{cm} \end{aligned}$$

3.5.1 C3lculos de esfuerzos

3.5.1.1 Esfuerzo de flexi3n. El esfuerzo de flexi3n no presenta fluctuaci3n, es constante.

$$\sigma_{flexi3n} = \frac{M \times c}{I} \quad (3)$$

Donde:

$$M = M_{\text{máx}}$$

c = Distancia de la fibra que más se comprime al eje neutro.

I = Momento de inercia.

Al remplazar valores en la ecuación (2) tenemos que:

$$\sigma_{\text{flexión}} = \frac{8 \text{ kg.cm} \times 3 \text{ cm}}{2,1 \text{ cm}^4} = 9,4 \text{ kg/cm}^2$$

3.5.1.2 Esfuerzo de compresión. El esfuerzo de compresión no presenta fluctuación, es constante.

$$\sigma_{\text{axial}} = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Donde:

F = fuerza [kg]

A = área [cm²]

Como $F = R_A$, y remplazando valores en la ecuación (4) tenemos que:

$$\sigma_{\text{axial}} = 6,7 \text{ kg/cm}^2$$

Se calcula el coeficiente de seguridad aplicando la teoría de la energía de la distorsión para materiales dúctiles.

$$\sqrt{\sigma_y^2 + 3\tau_{yx}^2} = \frac{S_y}{n} \quad (5)$$

Como $\tau_{yx} = 0$, tenemos que:

$$\sigma_y = \frac{S_y}{n} \quad (6)$$

Remplazando valores en la ecuación (6) tenemos que:

$$9,4 \text{ kg/cm}^2 + 6,7 \text{ kg/cm}^2 = \frac{2,4 \text{ kg/cm}^2}{5,8 n}$$

Con el resultado obtenido podemos decir que el perfil seleccionado es adecuado ya que el factor de seguridad es de 24,3 que por criterios de diseño se considera aceptable ya que soportara los esfuerzos que se producen por el peso propio del sistema y de la carga suspendida de 10kg. Además que la carga máxima a elevar será de solamente de 2,26 kg para determinar la resistencia al impacto de vidrios laminados.

3.6 Cálculo de reacciones y momentos tramo CD

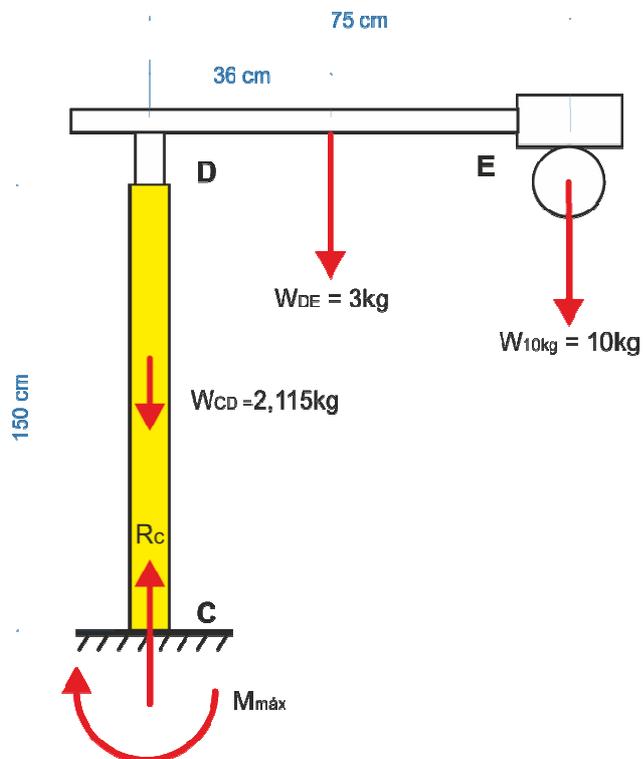
Es un tubo estructural cuadrado de 30x1,5mm de 150 cm de longitud considerado para el análisis como empotrado, que está sometido a *flexión y compresión*.

Tabla 20. Especificaciones del tubo cuadrado estructural de 30x2mm

DIMENSIONES			ÁREA	EJES X-Xe Y - Y		
L mm	ESPELOR mm	PESO Kg/6m	A cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
30	1,5	8,46	1,65	2,19	1,47	1,15

Fuente: Catálogo DIPAC

Figura 17. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Autores

Aplicando $\sum F_c$ se tiene:

$$\begin{aligned}\sum F_c &= 0 \\ R_c + W_{CD} + W_{DE} + W_1 &= 0 \\ R_c + 2,1 \text{ kg} + 3 \text{ kg} + 1 \text{ kg} &= 0 \\ R_c &= -6,1 \text{ kg}\end{aligned}$$

Luego calculamos el $M_{m\acute{a}x}$ empleando la fórmula (2):

$$\begin{aligned}M &= F \times d \\ M_{m\acute{a}x} &= M_1 + M_{w_{DE}} \\ M_{m\acute{a}x} &= 1 \text{ kg} \times 7 \text{ cm} + 3 \text{ kg} \times 3 \text{ cm} \\ M_{m\acute{a}x} &= 8 \text{ kg} \cdot \text{cm}\end{aligned}$$

3.6.1 Cálculos de Esfuerzos

3.6.1.1 Esfuerzo de flexión. El esfuerzo de flexión no presenta fluctuación, es constante.

Al remplazar valores en la ecuación (3) tenemos que:

$$\sigma_{flexi\acute{o}n} = \frac{8 \text{ kg} \cdot \text{cm} \times 1,5 \text{ cm}}{2,1 \text{ cm}^4} = 5,71 \text{ kg/cm}^2$$

3.6.1.2 Esfuerzo de compresión. El esfuerzo de compresión no presenta fluctuación, es constante.

Al remplazar valores en la ecuación (4) tenemos que:

$$\sigma_{axial} = 9,1 \text{ kg/cm}^2$$

Se calcula el coeficiente de seguridad aplicando la teoría de la energía de la distorsión para materiales dúctiles.

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

Como $\tau_{yx} = 0$, y reemplazando valores en la ecuación (6) tenemos que:

$$587,671 \text{ kg / cm}^2 + 9,161 \text{ kg / cm}^2 = \frac{2530,484 \text{ kg / cm}^2}{n}$$

$$n = 4,2$$

Con el resultado obtenido podemos decir que el perfil seleccionado es aceptable, para los requerimientos del sistema telescópico, ya que se obtuvo un coeficiente de seguridad aceptable dentro de las condiciones de diseño.

3.7 Cálculos de reacciones y momentos tramo DE

Es un tubo estructural cuadrado de 20x1,5mm de 75cm de longitud en *Voladizo*, que está sometido a esfuerzos por *flexión* y *corte*.

Tabla 21. Especificaciones del tubo cuadrado estructural de 25x2mm

DIMENSIONES			ÁREA	EJES X-Xe Y - Y		
L mm	ESPEJOR mm	PESO Kg/6m	A cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1,5	5,64	1,05	0,58	0,58	0,74

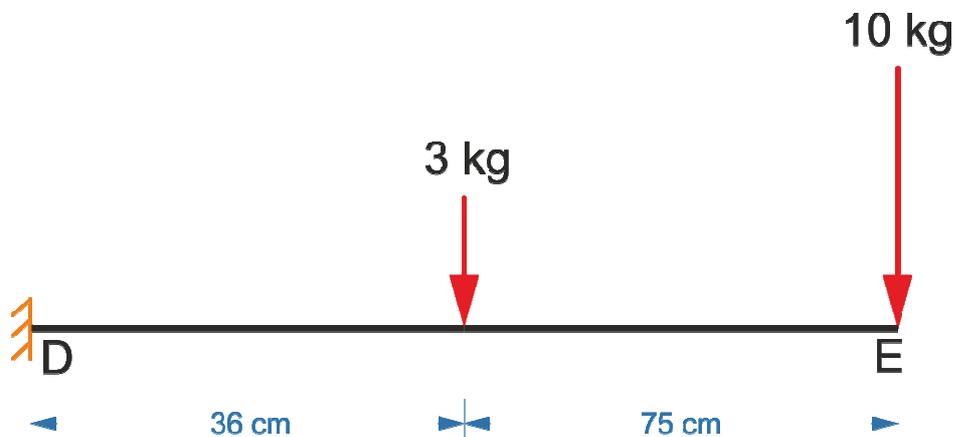
Fuente: Catálogo DIPAC

Cargas aplicadas:

$$P_1 = 10 \text{ kg}$$

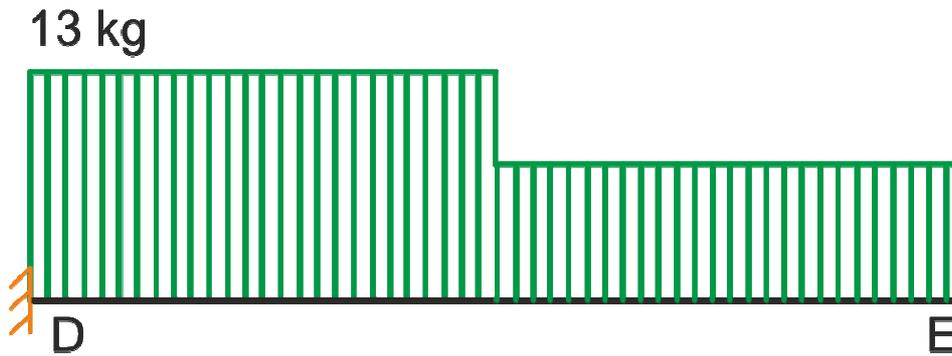
$$P_2 = 3 \text{ kg}$$

Figura 18. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Autores

Figura 19. Diagrama de cortante



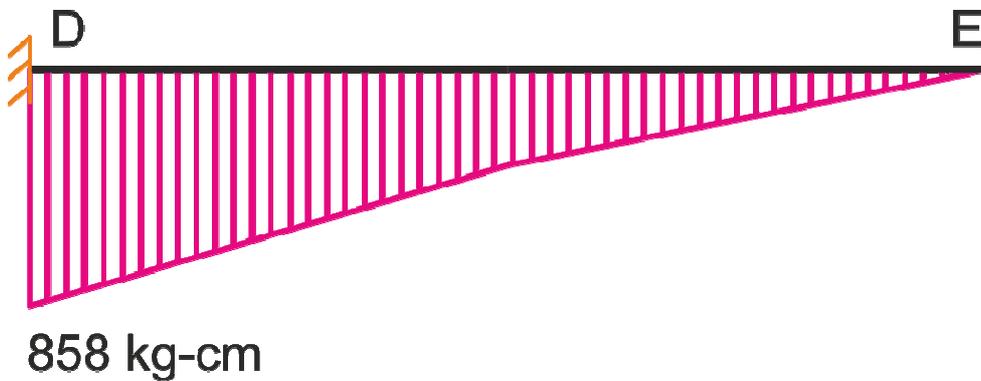
Fuente: Autores

Se determina la R_D haciendo $\sum F_y = 0$

$$R_D = 3kg + 10kg$$

$$R_D = 13kg = 28,67 lb$$

Figura 20. Diagrama de momento



Fuente: Autores

Luego calculamos el $M_{m\acute{a}x}$ en el tramo DE.

$$\sum M_D = 0$$

$$M_{m\acute{a}x} = M_1 + M_2$$

$$M_{m\acute{a}x} = 10kg \times 75cm + 3kg \times 36cm$$

$$M_{m\acute{a}x} = 858kg \times cm = 62,07 lb - ft$$

3.7.1 Cálculos de esfuerzos

3.7.1.1 Esfuerzo de flexión. El esfuerzo de flexión no presenta fluctuación, es constante.

Al remplazar valores en la ecuación (3) tenemos que:

$$\sigma_{flexión} = \frac{8 \text{ kg} \times \text{cm} \times 1 \text{ cm}}{1,1 \text{ cm}^4} = 7,6 \text{ kg/cm}^2$$

3.7.1.2 Esfuerzo de corte. El esfuerzo de cortante no presenta fluctuación, es constante y se la determina por la siguiente fórmula:

$$\tau_{xy} = \frac{F}{A} \quad (7)$$

Donde:

$$\tau_{xy} = \text{Esfuerzo de corte.}$$

Como $F = R_D$, y obteniendo el valor del área en la tabla 1, de donde: $A = 1,0 \text{ cm}^2$, como el tramo DE se compone de 2 tubos se multiplica el área y reemplazando los valores en la ecuación (5) tenemos que:

$$\tau_{xy} = \frac{1 \text{ kg}}{1,0 \times 2 \text{ cm}^2}$$

$$\tau_{xy} = 6,1 \text{ kg/cm}^2$$

Se calcula el coeficiente de seguridad aplicando la teoría de la energía de la distorsión para materiales dúctiles. Reemplazando los esfuerzos en la fórmula (5) se tiene:

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

Entonces tenemos que:

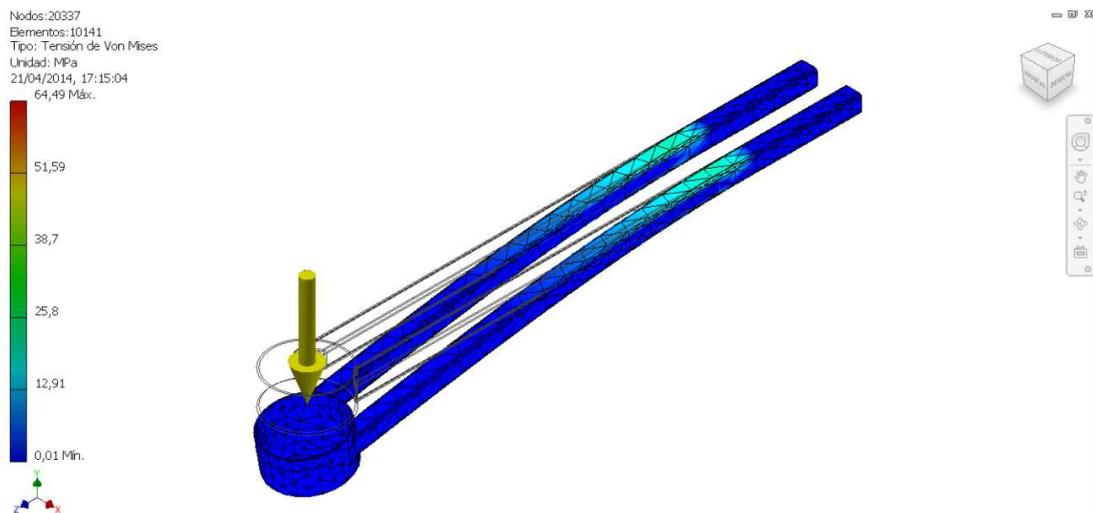
$$\sqrt{\left(\frac{7,6 \text{ kg/cm}^2}{3,5}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{6,1 \text{ kg/cm}^2}{9}\right)^2} = \frac{2,4 \text{ kg/cm}^2}{5,8 n}$$

$$n = 3,4$$

Las dimensiones de este perfil son adecuados para que no falle por cizalladura y flexión que son los esfuerzos a los que está sujeta por suspender de ella una carga de 10 Kg, ya que se obtuvo un coeficiente de seguridad de 3,42 aceptable dentro de las condiciones de diseño.

Utilizando el software de diseño mecánico *Autodesk Inventor Profesional 2013*, se realiza una comprobación de los cálculos efectuados de la viga en voladizo.

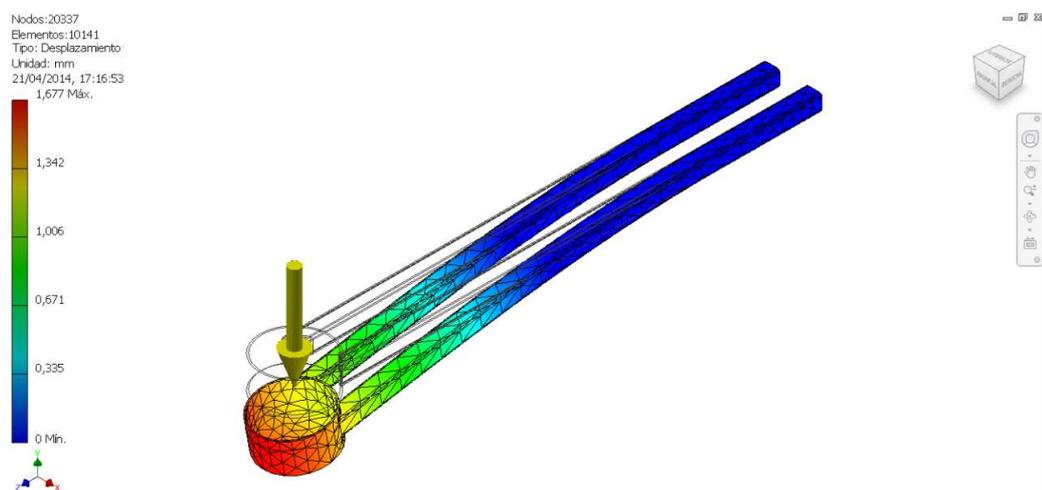
Figura 21. Análisis de esfuerzos de von mises en el tramo DE



Fuente: Autores

De acuerdo a la simulaci3n realizada en el software el máximo esfuerzo soportado es de 64,49 MPa lo cual está por debajo de los 250MPa que es el límite de fluencia del material.

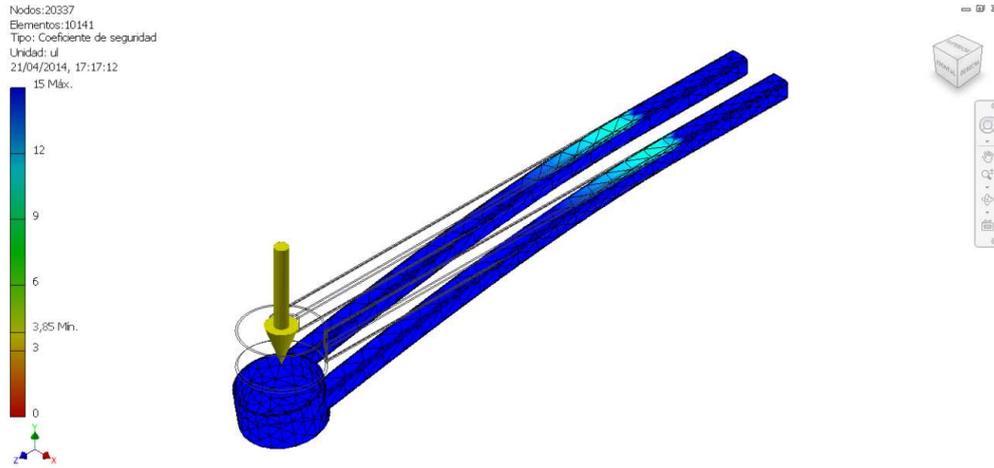
Figura 22. Análisis de desplazamientos en el tramo DE



Fuente: Autores

Mediante la simulación realizada en el software autodesk inventor profesional 2013 la máxima deformación obtenida es de apenas de 1,677 mm lo cual se encuentra dentro de los requerimientos en el diseño de la máquina.

Figura 23. Análisis del coeficiente de seguridad en el tramo DE



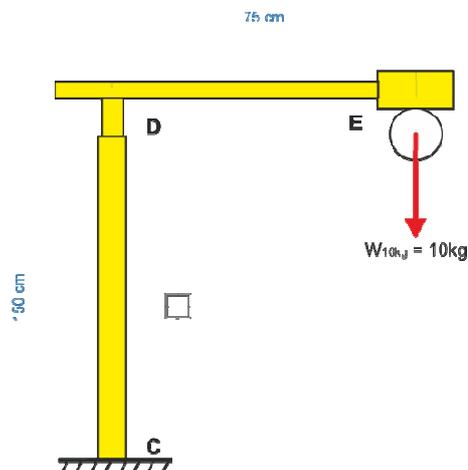
Fuente: Autores

Mediante la simulaci3n realizada en el software se observa que el coeficiente de seguridad mínimo en el tramo DE es de 3,85.

3.8 Análisis del tramo CD como una columna cargada excéntricamente

Se realiza el análisis para este elemento específicamente puesto que es el más susceptible a falla por pandeo debido al tamaño de su secci3n en relaci3n a al resto de elementos. Para este análisis se considera el un extremo fijo y el otro libre.

Figura 24. Columna cargada excéntricamente



Fuente: Autores

Para lo cual se emplea la ecuación de la secante.

$$P_{crit} = \frac{S_y A / 2}{1 + \frac{ec}{r_g^2} \frac{s}{e} \left[\frac{l_e}{2r_g} \sqrt{\frac{p_{crit}}{EA}} \right]} \quad (8)$$

Donde:

S_y = Límite de fluencia.

E = Módulo de elasticidad del material de la columna.

A = Área de la sección transversal de la columna.

r_g = Radio de giro.

l_e = Longitud efectiva. (ANEXO E)

e = Excentricidad de la carga.

c = Distancia desde el eje neutro a la fibra externa de la columna.

$$S_y = 204,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 204,6 \text{ GPa} = 204,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 16,3 \text{ cm}^2$$

$$I = 2,1 \text{ cm}^4$$

$$r_g = 1,1 \text{ cm}$$

$$l_e = 2 \times l = 3 \text{ cm}$$

$$e = 7 \text{ cm}$$

$$c = 1,5 \text{ cm}$$

Estos datos se obtienen de la tabla 20, para un tubo estructural cuadrado de 30x30x 1,5mm. Reemplazamos estos valores en la ecuación (8) tenemos:

$$P_{crit} = \frac{(204,4 \text{ kg/cm}^2) \times (16,3 \text{ cm}^2) / 2}{1 + \frac{(7 \text{ cm}) \times (1,5 \text{ cm})}{(1,1 \text{ cm})^2} \frac{s}{e} \left[\frac{3 \text{ cm}}{2 \times (1,1 \text{ cm})} \sqrt{\frac{p_{crit}}{(16,3 \text{ cm}^2) \times (204,6 \text{ kg/cm}^2)}} \right]}$$

$$P_{crit} = \frac{2,6}{1 + 8,0 \frac{s}{e} \left[\frac{1,36}{1} \sqrt{p_{crit}} \right]}$$

Determinamos P_{crit} iterando, un dato inicial para P_{crit} es el valor que se obtiene de la condición de carga concéntrica.

$$P_1 = \frac{2,6}{1 + 8,0 \sqrt{1,0}} = 2,2 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{2,61}{1 + 8,0 \sqrt{2,2}} = 2,2 \text{ kg}$$

La carga crítica para la condición de carga excéntrica es de 24,256 kg.

$$P = \frac{P_{crit}}{n}$$

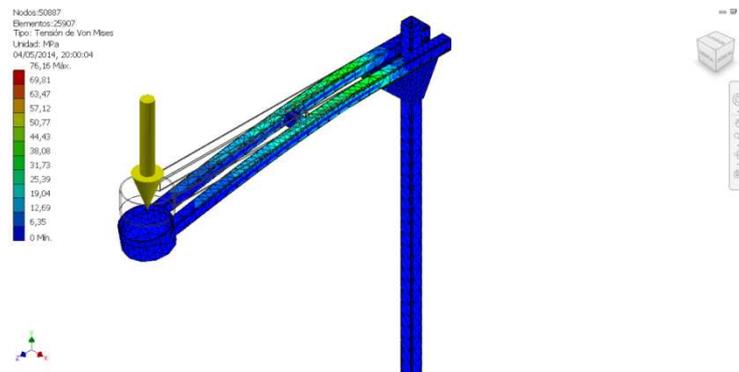
Como conocemos la carga excéntrica $P = 1 \text{ kg}$, determinamos el coeficiente de seguridad.

$$n = \frac{2,2 \text{ kg}}{1 \text{ kg}} = 2,4$$

Para pandearse necesita una carga de 24,256 kg, es decir que con la carga de 10 kg se obtiene un coeficiente de seguridad de 2,4 aceptable dentro de las condiciones de diseño.

Utilizando el software de diseño mecánico Autodesk Inventor Profesional 2013 se realiza una comprobación de los cálculos realizados del tramo 3 cargado excéntricamente.

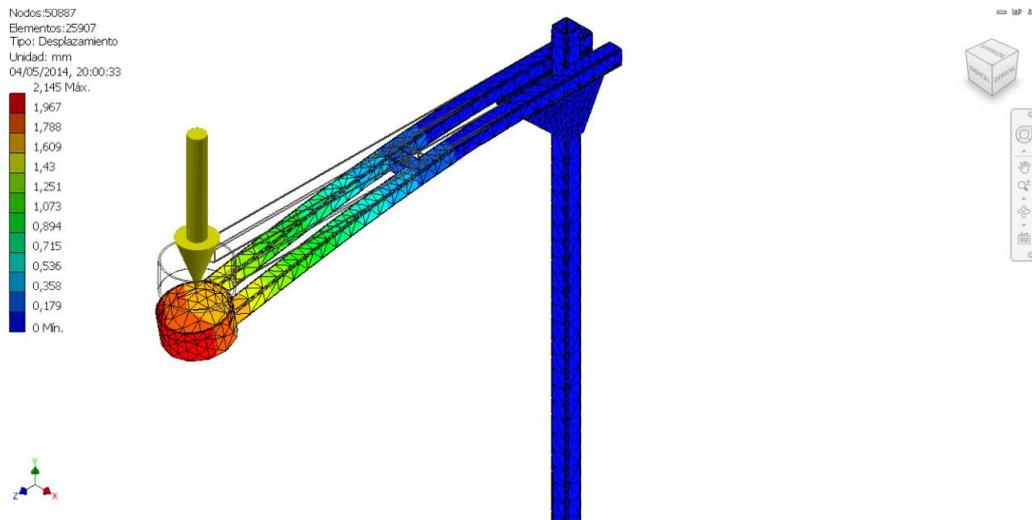
Figura 25. Análisis de esfuerzos de von mises en el tramo CD



Fuente: Autores

De acuerdo a la simulación realizada en el software el máximo esfuerzo soportado es de 76.16 MPa lo cual está por debajo de los 250MPa que es el límite de fluencia del material.

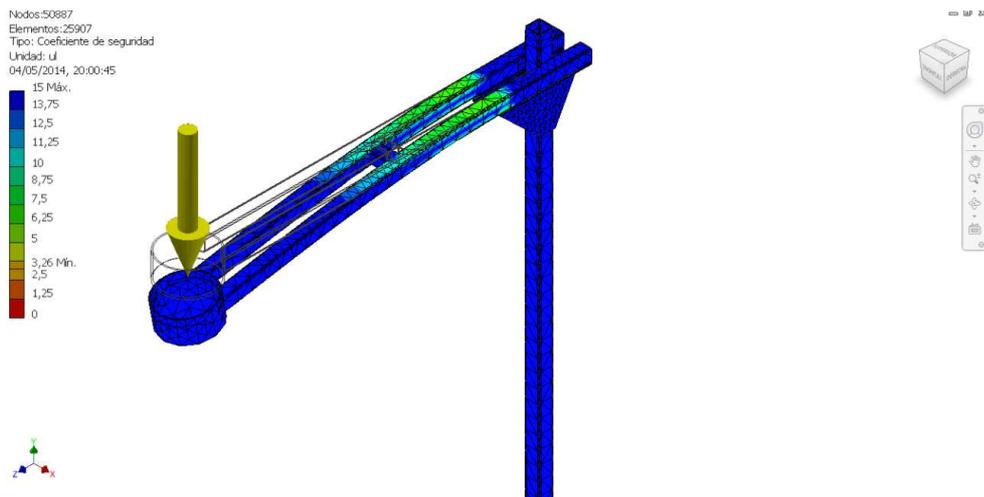
Figura 26. Análisis de desplazamientos en el tramo CD



Fuente: Autores

Mediante la simulaci3n realizada en el software se puede observar que el máximo desplazamiento que puede darse en el tramo CD cargado excéntricamente es de apenas 2,145mm, por lo cual se lo considera aceptable.

Figura 27. Análisis del coeficiente de seguridad en el tramo CD



Fuente: Autores

Mediante la simulaci3n realizada en el software se observa que el coeficiente de seguridad mínimo en el tramo CD en su máxima extensi3n es de 3,26.

3.9 Cálculo y selección del diámetro mínimo del cable

Según el prontuario e máquinas de (LARBURU, 1995), El cable según su aplicación, considerando cargas y servicio, se tiene:

Grupo I Cables sometidos a cargas parciales y servicio poco frecuente. (ANEXO F).

Para seleccionar el cable de acero para nuestro sistema telescópico, partimos del peso de los elementos W_{BC} , W_{CD} , W_{DE} y carga suspendida W_{10kg} .

$$T = 3,5 \text{ kg} + 2,1 \text{ kg} + 3 \text{ kg} + 1 \text{ kg} = 1,6 \text{ kg}.$$

La carga total o tracción a que está sometida el cable se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$T_t = T \times \frac{1}{\eta} \quad (9)$$

En donde:

T_t = La carga total o tracción a que está sometido el cable.

T = Carga neta.

η = Rendimiento del sistema considerando, $\eta = 0,95$ (Por rozamientos).

$$T_t = 1,6 \text{ kg} \times \frac{1}{0,95} = 1,68 \text{ kg}$$

Para determinar la carga de rotura se utiliza la ecuación:

$$T_r = (T_t \times s) \quad (10)$$

En donde:

T_r = Carga de rotura.

T_t = Carga total o tracción a que está sometido el cable.

s = Coeficiente de seguridad según la aplicación del cable se toma $s = 7$ (Grupo I).

Por lo tanto reemplazando valores, la carga de rotura será:

$$T_r = 1,68 \text{ kg} \times 7 = 11,76 \text{ kg}$$

Para el diámetro del cable se tiene:

$$d \approx k \sqrt{T_t} \quad (11)$$

En donde:

d = Diámetro del cable.

T_t = Carga total o tracción a que está sometido el cable.

k = Coeficiente, que se dispone de acuerdo a la aplicación del cable, se toma k = 0,33 (Grupo I).

Por lo tanto reemplazando valores, el diámetro del cable será:

$$d \approx 0,3 \sqrt{1,6} = 1,4 \text{ mm}$$

De la Tabla 22, se selecciona un cable de 3 mm de diámetro y 160 kg/mm², de 500 kg de resistencia a la rotura. (ANEXO G)

Tabla 22. Cables normalizados de acero

CABLES DE ACERO			6 x 19 + 1 (FC)	DIN: 3060	
Diámetro cable (mm.)	Diámetro alambre (mm.)	Sección cable (mm ²)	Peso (Kg./m.)	CRM/MBL 1770 N/mm ² Kn.	CRM/MBL 1770 N/mm ² Kg.
3	0,20	7	0,03	4,90	498

Fuente: <http://www.probrisa.com/p-cables-de-acero.html>

3.10 Cálculo y selección del diámetro mínimo de la polea

Se realiza el cálculo y selección para la polea que está sometida a mayor carga. El diámetro de la polea resulta de la ecuación:

$$D \approx s \sqrt{T_t} \quad (12)$$

En donde:

D = Diámetro mínimo de la polea.

s = Coeficiente de seguridad según la aplicación del cable se toma s = 7 (Grupo I).

T_t = Carga total o tracción a la que está sometido el cable.

Reemplazando valores, el diámetro mínimo de la polea será:

$$D \approx 7 \sqrt[5]{1,6} = 3,9 \text{ mm}$$

Por lo tanto se seleccionara una polea de diámetro D = 38 mm. (ANEXO H)

3.11 Potencia del motor

Para poner en funcionamiento el sistema telescópico, el cable necesita ser dotado de la potencia necesaria. Como se dispone de un motor de 12V-DC con las siguientes características. (ANEXO I)

Tabla 23. Características del motor

MOTOR DE IMÁN PERMANENTE	
Potencia:	0,6 HP.
Voltaje:	12V DC.
Velocidad:	0,023 m/s a 25 Amperios.

Fuente: Autores

Es necesario por tanto calcular la potencia que requiere el sistema para determinar si este motor satisface nuestra necesidad, para esto se debe tener en cuenta la capacidad máxima de elevación que es de 10 Kg, y además se toma en cuenta el peso propio de los elementos del sistema telescópico que se considera de 8,625 Kg, por lo que se tiene una carga total de 18,625 Kg.

A continuación se describe la siguiente ecuación cuando la máquina prescinde de contrapeso.

$$P = \frac{Q \times v}{1} \quad (13)$$

Dónde:

- P = Potencia mecánica necesaria [HP]
- Q = Carga total del elevador [Kg]
- v = Velocidad (0.023) [m/s]
- 130 = Factor de conversión

La potencia a desarrollarse en el eje de salida del motor es de:

$$P = \frac{1,6 \text{ kg} \times 0,0 \text{ m/s}}{1}$$

$$P = 0,0 \quad HP$$

Por lo tanto se puede acoplar nuestro motor al sistema.

3.12 Sistema eléctrico – electrónico

3.12.1 Requerimientos. Dentro de los requerimientos del equipo en la parte eléctrica y electrónica para la implementación del sistema de pruebas de impacto se detallan los siguientes.

1. El sistema debe ser inalámbrico.
2. Sujeción de las esferas mediante un electroimán.
3. Lectura de datos de temperatura, humedad.
4. Sensor ultrasónico de distancia para detener el sistema a la altura requerida.
5. El funcionamiento debe ser automático o manual.

3.12.2 Microcontroladores. Según (TORRITI, 2007), los microcontroladores son computadores digitales integrados en un chip que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa, una memoria para almacenar datos y puertos de entrada salida. A diferencia de los microprocesadores de propósito general, como los que se usan en los computadores PC, los microcontroladores son unidades autosuficientes y más económicas.

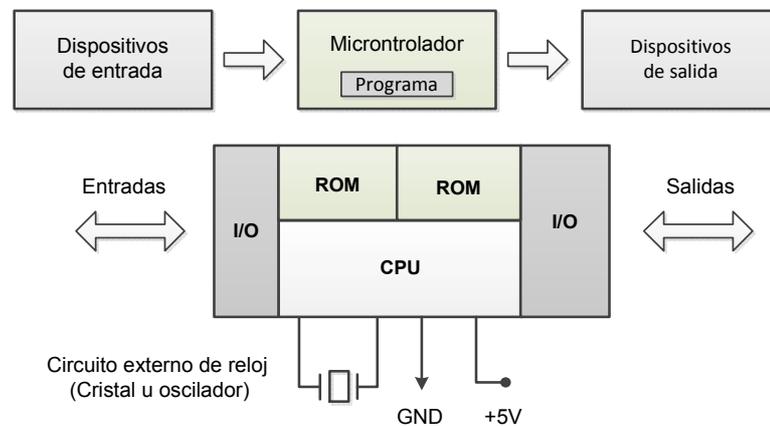
El funcionamiento de los microcontroladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos lenguajes de programación. Además, la mayoría de los microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces.

Por las características mencionadas y su alta flexibilidad, los microcontroladores son ampliamente utilizados como el cerebro de una gran variedad de sistemas embebidos que controlan máquinas, componentes de sistemas complejos, como aplicaciones industriales de automatización y robótica, domótica, equipos médicos, sistemas aeroespaciales, e incluso dispositivos de la vida diaria como automóviles, hornos de microondas, teléfonos y televisores. (TORRITI, 2007)

3.12.3 Microcontroladores PIC. Según (CORRALES, 2006), un microcontrolador PIC es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las ordenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica, sus partes o componentes principales son:

- *Memoria ROM*, (memoria de solo lectura).
- *Memoria RAM*, (memoria de acceso aleatorio).
- *Líneas de entrada / salida (I/O)*, también llamados puertos.
- *Lógica de control*, coordina la interacción entre los demás bloques.

Figura 28. Estructura interna de un microcontrolador.



Fuente: Autores

El microcontrolador como se observa en la figura, es un microcomputador, el cual necesita de periféricos de entrada y salida para su correcta utilización.

Las entradas dependiendo de la aplicación pueden ser: sensores, teclados, pulsadores, switch, etc. Las salidas igualmente dependiendo de la aplicación pueden ser: leds, display, LCD, relés, computadoras etc. (CORRALES, 2006)

Para el presente proyecto se utilizará un PIC 16F628A para el transmisor y un PIC 16F878A para el receptor. (ANEXO J)

3.13 Descripción de los elementos eléctricos y/o electrónicos seleccionados

3.13.1 Sensor ultrasónico de distancia. Para la medición de las diferentes alturas se utilizará un sensor de la marca LV MAX SONAR EZ1 (ANEXO K)

Este tipo de sensores permiten detectar objetos a una distancia de 0 a 6,24 metros. Su alimentación se realizará con 5V con un consumo de 2mA. Se empleara una señal externa para iniciar / detener cada nuevo ciclo.

Figura 29. Sensor ultrasonico de distancia



Fuente:http://www.maxbotix.com/Ultrasonic_Sensors/MB1010.htm

3.13.2 Transceiver. Para la comunicación inalámbrica se empleara un transceiver tipo HR-1020, este es un dispositivo electrónico que cuenta con un transmisor y un receptor que comparten parte de la circuitería o se encuentran dentro de la misma caja. Cuando el transmisor y el receptor no tienen en común partes del circuito electrónico se conoce como transmisor - receptor. Su voltaje de funcionamiento oscila entre 1.9 ~ 5 V, La distancia de transmisión es de 200 - 300 metros (dependiendo de la configuración de la velocidad, el medio ambiente y la comunicación). Es utilizado principalmente para control remoto industrial, sistemas de seguridad, control de vehículos, adquisición de datos, conexión de datos inalámbrica, telemetría, etc. (ANEXO L)

Figura 30. Transceiver HR-1020



Fuente:<http://fabtolab.com/NRF905-transceiver-433MHz-wireless-module>

3.13.3 Electroimán. Para la sujeción de la esfera de acero, la torre telescópica está provista de un imán elevador magnético (electroimán) que tiene una fuerza de retención de 100 N/26 libras suficientes para elevar el sistema.

Su voltaje de funcionamiento es de 12V DC, este tipo de electroimanes es utilizado extensamente en automatizaciones: línea de montaje, máquinas de clasificación, el brazo mecánico, instalación experimental, etc. (ANEXO M)

Figura 31. Electroimán



Fuente: <http://www.ebay.com/itm/12V-80kg-176LB-65mm-Holding-Electromagnet-Lift-Solenoid>

3.14 Descripción general del funcionamiento

Energizar el circuito transmisor del tablero de control (TX) y luego el circuito receptor de la torre (RX). Es así que por ejemplo al pulsar el botón (*ELECTROIMÁN*) del tablero de control a través del regulador de voltaje 7805 se transmite una señal de 5V al PIC 16F628A y este a través del transceiver (TX) recibe la señal y el PIC 16F876A procesa la información recibida este a su vez envía una señal a la R_1 la que limita la corriente para que no se queme el led y el optocoupler 4N25, por medio del optocoupler se energiza la resistencia R_5 y a través de esta se enciende el transistor y entra en corte y saturación, inmediatamente excita a la bobina para que funcione el relé RL1 permitiendo que por medio de la fuente se energizar el electroimán. El procedimiento descrito para el botón (*ELECTROIMÁN*) es similar para el resto de botones.

3.15 Tablero de control

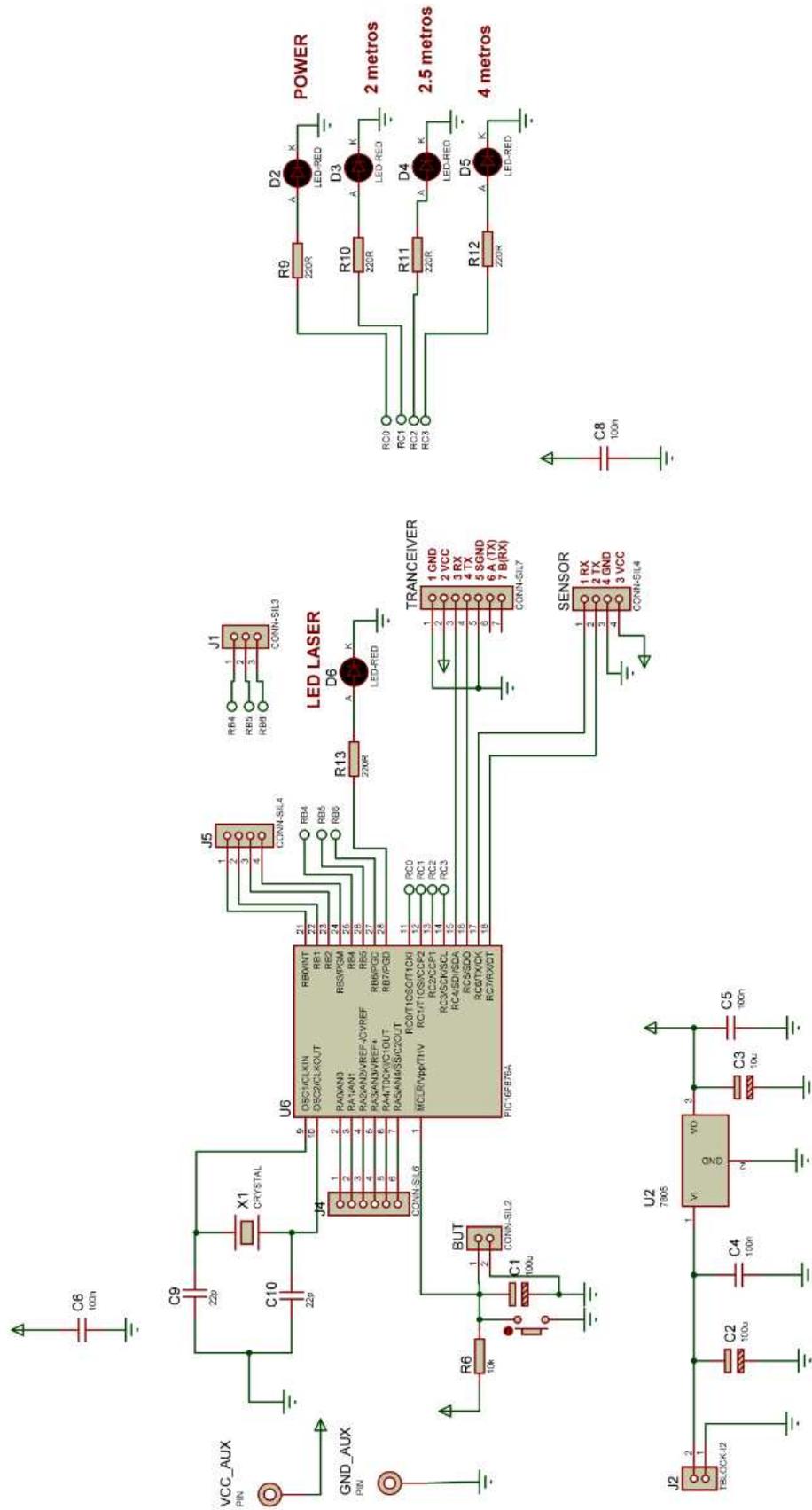
En la figura 32 se muestran las diferentes opciones del tablero de control, el cual contiene 4 pulsadores para seleccionar las diferentes alturas de caída de la esfera de acero, un medidor de temperatura y humedad (ANEXO N), 1 switch para el láser de centrado y otro para el electroimán, además de un botón de reseteo, internamente el tablero de control está provisto de un circuito electrónico controlado por un PIC 16F628A que mediante el transceiver emisor (TX) envía las ordenes al transceiver del receptor (RX) de la torre telescópica.

Figura 32. Tablero de control de la torre telescópica



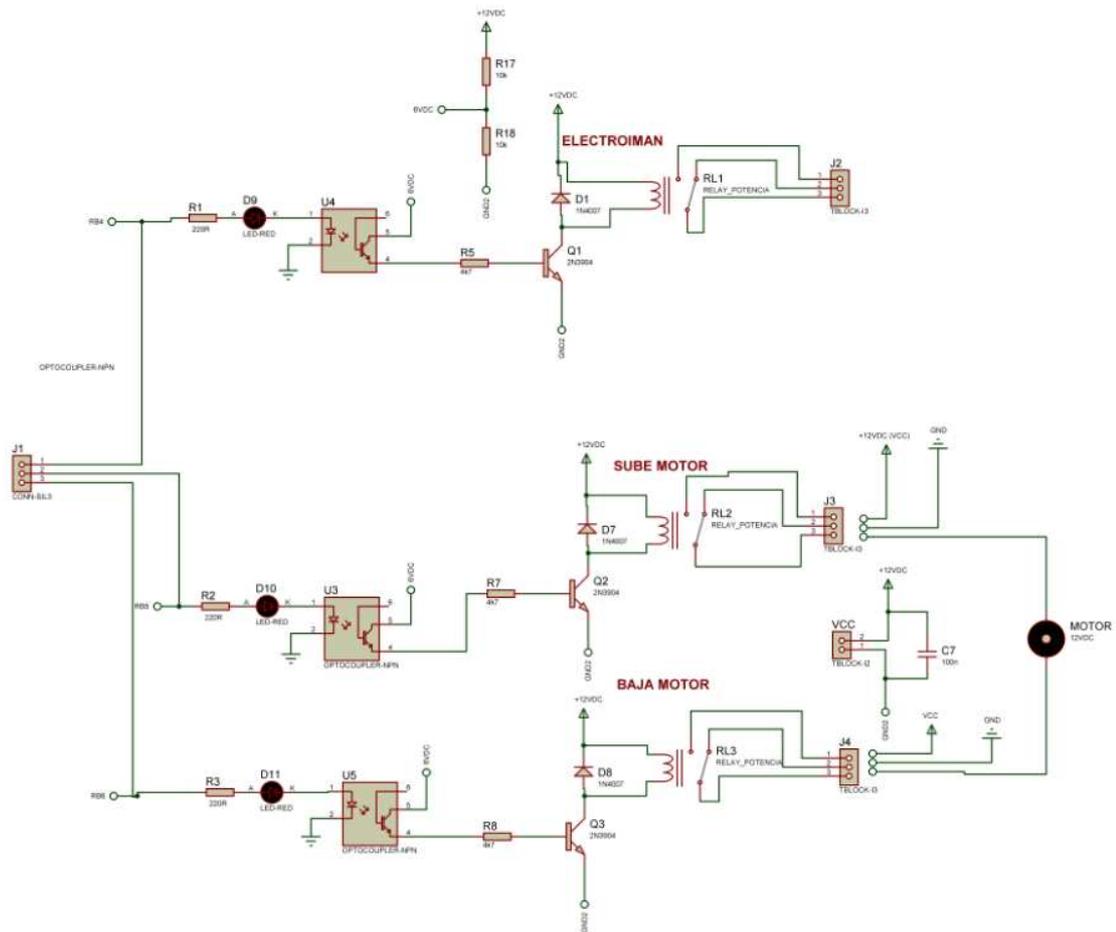
Fuente: Autores

Figura 34. Circuito receptor torre - RX



Fuente: Autores

Figura 35. Circuito de potencia torre - RX



Fuente: Autores

3.17 Manual de operación

Antes de proceder a realizar el ensayo de impacto con esfera de acero se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Ubicar la torre telescópica para ensayos de impacto con esferas de acero en una superficie plana.
2. Extender las patas niveladoras a la posición de apertura máxima y realizar la nivelación horizontal y vertical de la misma de la misma.
3. Verificar en el tablero de control que todos los botones e interruptores se encuentren en la posición de apagado (**OFF**).
4. Verificar la correcta nivelación del sensor para una correcta lectura de las alturas.
5. Conectar a la línea de corriente de 110 volt primeramente la torre telescópica y después el tablero de control para energizar el sistema.

6. Encender la caja de control de la torre telescópica ubicando el botón (**ON/OFF**) en la posición de encendido (**ON**).
7. Encender el tablero de control ubicando el botón (**ON/OFF**) en la posición de encendido (**ON**).
8. Colocar el soporte de probetas en la apertura de la base de la torre telescópica para realizar el correcto centrado del mismo.
9. Activar del tablero de control la opción (**LÁSER**) ubicando el botón en la posición de encendido (**ON**).
10. Centrar manualmente mediante la luz del puntero láser el soporte de probetas en la posición inicial de la torre telescópica.
11. Verificar que la burbuja de nivel del sensor se encuentre nivelada.
12. Chequear que no exista ningún objeto que pueda causar interferencia entre el sensor y la superficie plana de referencia.
13. Realizar un ensayo en vacío seleccionando del tablero de control la altura requerida para verificar el correcto centrado del soporte de probetas.
14. Presionar del tablero de control la opción (**RETURN**) para que la torre telescópica regrese a la posición de inicio.
15. Desactivar del tablero de control la opción (**LÁSER**) ubicando el botón en la posición de apagado (**OFF**).
16. Activar del tablero de control la opción (**IMÁN**) ubicando el botón en la posición de encendido (**ON**).
17. Colocar en la base inferior del electroimán la esfera de acero de acuerdo al tipo de vidrio de seguridad para automotores a ensayarse.
18. Seleccionar pulsando del tablero de control la altura requerida de acuerdo al tipo de vidrio de seguridad para automotores a ensayarse.
19. Desactivar del tablero de control la opción (**IMÁN**) ubicando el botón en la posición de apagado (**OFF**).
20. Presionar del tablero de control la opción (**RETURN**) para que la torre telescópica regrese a la posición de inicio.

3.18 Guía de seguridad

Para la realización del ensayo de impacto con esferas de acero, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad, las mismas que se detallan en tabla 24.

Tabla 24. Medidas preventivas y riesgos de seguridad

MEDIDAS PREVENTIVAS	
	Utilizar guantes.
	Utilizar calzado de seguridad.
	Utilizar casco.
	Usar protección ocular.
	Mantener orden y limpieza.
RIESGOS	
	Riesgo se caída de objetos.

Fuente: Autores

3.19 Guía de mantenimiento

Para un correcto funcionamiento e incrementar el tiempo de vida útil de la torre telescópica, es necesario realizar un mantenimiento preventivo semestralmente. Teniendo en cuenta las siguientes situaciones como causas de posibles fallas en el sistema electrónico y mecánico.

- Nivelación.
- Limpieza.
- Lubricación.

3.19.1 Nivelación. La nivelación del sistema telescópico es muy importante para garantizar la caída de la esfera en la parte central de la probeta.

Tabla 25. Nivelación del equipo

Elemento	Función	Manera de nivelación
Sensor ultrasónico de distancia.	Censa las alturas dependiendo del tipo de vidrio a ensayarse.	Verificar que la burbuja del ojo de buey este centrada.
Base de la Torre telescópica.	Soporta los mástiles de la torre.	Verificar que la burbuja del ojo de buey este centrada.

Fuente: Autores

3.19.2 Limpieza. Es necesario realizar una limpieza del sistema en general.

Tabla 26. Limpieza del equipo

Elemento	Función	Manera de limpieza
Soporte de probetas.	Permite la sujeción de una probeta con el marco superior para ejecutar el ensayo.	Realizar un barrido de los fragmentos de vidrio.
Torre telescópica.	Eleva las esferas para realizar los ensayos.	Utilizando guaipe realizar una limpieza general.

Fuente: Autores

3.19.3 Lubricación. La lubricación se lo debe realizar en las partes en fricción de los mástiles de la torre telescópica para evitar un menor esfuerzo del motor.

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL PROTOTIPO

En el presente capítulo se presentan los diferentes diagramas y esquemas mediante los cuales se explica cada uno de los procesos tanto de la construcción y el montaje de la torre telescópica.

4.1 Construcción del prototipo

Para la construcción de la torre telescópica para el ensayo de impacto con esfera de acero, es importante tener en cuenta algunas consideraciones básicas, tales como que el taller mecánico disponga de los equipos, máquinas y herramientas necesarias para la fabricación de cada uno de los elementos mecánicos que lo conforman. Es también muy importante la facilidad de adquisición del material y/o elementos que se emplearán, por lo que su construcción se realizará con materiales existentes en el mercado local.

En la construcción de la torre telescópica se utilizan tubos estructurales cuadrados insertados uno dentro de otro, los demás componentes se ensamblan mediante juntas soldadas o empernadas, las cuales se construyen de acuerdo a los planos de taller.

Estos procesos se seleccionan de tal manera que la construcción no requiera de máquinas y/o equipos especiales o mano de obra especializada para evitar el incremento en el costo total de la torre telescópica. La construcción implica entre otros los procesos de corte, soldado, pulido, doblado, rectificado. Parte del proceso de construcción, así como el prototipo construido se presentan en el (ANEXO O).

4.1.1 Requerimientos para la construcción. Para la construcción de los diferentes elementos que conforman el equipo, se emplean por ejemplo, máquinas herramientas como torno, fresadora, limadora, suelda eléctrica, etc.; así como herramientas manuales como, taladro, limas, arco de sierra, amoladora, esmeril, etc.; e instrumentos de medición como, calibrador, escuadras, cinta métrica, nivel, flexómetro, etc.

4.1.2 Máquinas herramientas y equipo utilizado. En las Tabla 27, Tabla 28 y Tabla 29, se muestran las designaciones de cada una de las herramientas, máquinas herramientas e instrumentos de medición, para interpretar el cursograma de construcción de cada uno de los sistemas.

Tabla 27. Herramientas manuales

Designación	Herramientas manuales
H	Arco de sierra Prensa Taladro de mano Limas Amoladora Escuadras Brocas Martillo Llaves Rayador Punto Machuelos

Fuente: Autores

Tabla 28. Máquinas Herramientas

Designación	Máquina herramienta
MH1	Sierra de disco
MH2	Taladro de pedestal
MH3	Equipo de suelda eléctrica
MH4	Equipo de pintura
MH5	Esmeril
MH6	Amoladora
MH7	Torno
MH8	Fresadora

Fuente: Autores

Tabla 29. Instrumentos de medición y verificación

Designación	Instrumentos de medición
I	Calibrador Escuadras Nivel Flexómetros Cinta métrica Plomada

Fuente: Autores

4.2 Descripción del proceso de construcción

A continuación en la tabla se presentan algunos de los elementos que constituyen la torre telescópica para de ensayo de impacto con esfera de acero detallando los procedimientos de fabricación.

Tabla 30. Elementos y piezas constitutivas del prototipo telescópico

Sistema	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
Base	Estructura	1	ASTM A36
	Brida	4	ASTM A36
	Pies niveladores	4	AISI 304
	Ruedas con freno	4	IMSA
	Regatones	4	Caucho
Sistema de Soporte	Columna	1	ASTM A36
	Sujeción de columna	2	ASTM A36
	Tapa	1	Caucho
Sistema Telescópico	Tubo cuadrado estructural	3	ASTM A36
	Pletina	2	ASTM A36
	Sujetadores columna	2	ASTM A36
	Motor	1	12 CV - DC
	Placa motor	1	ASTM A36
	Poleas de acero	3	AISI 304
	Cable de acero	1	DIN 3060
	Pasadores	2	AISI 304
	Guías	16	ASTM A36
Soporte probetas	Base soporte	1	ASTM A36
	Estructura	1	ASTM A36
	Cubierta	1	ASTM A36
	Sujetadores	1	ASTM A36
	Aliviador de impacto	3	Caucho
Componentes Control y Potencia	Pulsadores	12	IEC 61131
	Transceiver	1	HR -1020
	Interruptor de palanca	2	2x2 GR
	Bornera de 2 contactos	5	AWG
	Zócalo 18 pines	1	DC -18 Pin
	Fuente	1	30A - 12V
	Cable multifilar	1	UTP
	Electroimán	1	12V DC 30 kg
	PIC	1	16F628A
	Diodo láser	1	650nm 5mW 5V
	Medidor de temp./humedad	1	NT311
	Gabinetes modulares	2	I-0306
	Enchufe 3 patas	2	AWG

Fuente: Autores

4.3 Operaciones tecnológicas de construcción

Las principales operaciones tecnológicas que fueron necesarias para construcción del prototipo telescópico para ensayo de impacto con esfera de acero se detallan a continuación.

Tabla 31. Operaciones tecnológicas de construcción de la base

Sistema	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No.	Operación tecnológica	
Base	Estructura	1	Trazado	5.00
		2	Corte	20.00
		3	Taladrado (broca)	15.00
		4	Soldado	25.00
		5	Limpieza viruta/escoria	5.00
		6	Pulido	10.00
		7	Pintado	20.00
	Bridas	8	Trazado	5.00
		9	Corte	20.00
		10	Doblado	15.00
		11	Taladrado (broca)	15.00
		12	Soldado	25.00
		13	Limpieza viruta/escoria	5.00
		14	Pulido	10.00
		15	Pintado	20.00
Base	Patas Estabilizadoras	16	Trazado	5.00
		17	Corte	20.00
		18	Taladrado (broca)	15.00
		19	Limpieza viruta/escoria	5.00
		20	Pulido	10.00
		21	Pintado	20.00
Total				290.00

Fuente: Autores

Tabla 32. Operaciones tecnológicas de construcción del soporte de mástiles

Sistema	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No.	Operación tecnológica	
Soporte de Mástiles	Columna	22	Trazado	5.00
		23	Corte	10.00
		24	Taladrado (broca)	15.00
		25	Limpieza viruta	5.00
		26	Pulido	15.00
		27	Pintura	10.00

Tabla 32. (Continuación)

	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No.	Operación tecnológica	
Soporte de Mástiles	Angulo Sujeción	28	Trazado	5.00
		29	Corte	15.00
		30	Taladrado (broca)	10.00
		31	Soldado	10.00
		32	Limpieza viruta/escoria	5.00
		33	Pulido	10.00
		34	Pintura	15.00
				130.00

Fuente: Autores

Tabla 33. Operaciones tecnológicas de construcción del sistema telescópico

Sistema	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No.	Operación tecnológica	
Sistema de Elevación Telescópico	Mástiles	35	Trazado	5.00
		36	Corte	20.00
		37	Taladrado (broca)	18.00
		38	Limpieza viruta/escoria	10.00
		39	Pulido	15.00
		40	Pintura	20.00
	Guías Mástiles	41	Trazado	5.00
		42	Corte	25.00
		43	Soldado	20.00
		44	Rectificado	90.00
	Orejas de sujeción	45	Trazado	5.00
		46	Corte	15.00
		47	Taladrado (broca)	12.00
		48	Soldado	20.00
		49	Limpieza viruta/escoria	5.00
		50	Pulido	12.00
		51	Pintura	20.00
	Placa soporte motor	52	Trazado	5.00
		53	Corte	12.00
		54	Taladrado (broca)	20.00
		55	Soldado	10.00
56		Limpieza	5.00	
57		Pulido	10.00	
58		Pintura	20.00	
Soporte poleas	59	Trazado	5.00	
	60	Corte	25.00	
	61	Taladrado (broca)	12.00	

Tabla 33. (Continuación)

Sistema	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No.	Operación tecnológica	
	Soporte poleas	62	Machuelado	5.00
		63	Limpieza viruta	5.00
		64	Pulido	15.00
		65	Pintura	15.00
Total				489.00

Fuente: Autores

Tabla 34. Operaciones tecnológicas de construcción del soporte regulable y brazo

Sistema	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No.	Operación tecnológica	
Soporte regulable y brazo	Soporte brazo	66	Trazo	5.00
		67	Corte	20.00
		68	Taladrado	20.00
		69	Soldado	15.00
		70	Limpieza	10.00
		71	Pulido	10.00
		72	Pintura	15.00
	Aletas	73	Trazo	10.00
		74	Corte	20.00
		75	Doblado	20.00
		76	Soldado	40.00
	Brazo	77	Trazo	10.00
		78	Corte	20.00
		79	Soldado	20.00
		80	Pintura	60.00
	Arandela electroimán	81	Trazado	5.00
		82	Taladrado	5.00
	Total			

Fuente: Autores

Tabla 35. Operaciones tecnológicas de construcción del sistema de control

Sistema	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No.	Operación tecnológica	
Sistema de Control y Potencia	Gabinetes	86	Trazado	30.00
		87	Corte	40.00
		88	Doblado	20.00
		89	Soldado	20.00
		90	Taladrado (broca)	10.00
		91	Limpieza	10.00
		92	Pulido	12.00
		93	Pintura	20.00
Total				162.00

Fuente: Autores

Tabla 36. Operaciones tecnológicas de construcción del soporte de probetas

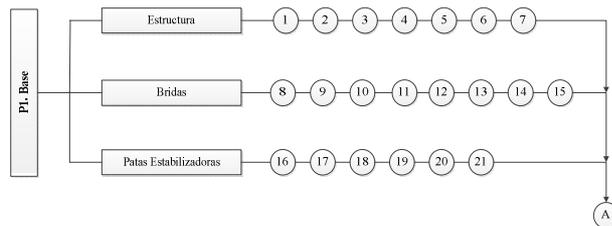
Sistema	Elemento	Descripción		Tiempo (min)
		No.	Operación tecnológica	
Soporte Probetas de Ensayo	Placa Base	94	Trazo	5.00
		95	Corte (plasma)	20.00
		96	Rectificado	40.00
	Marco Inferior	97	Trazo	10.00
		98	Corte	20.00
		99	Soldado	20.00
		100	Rectificado	40.00
	Marco Superior	101	Trazo	10.00
		102	Corte	20.00
		103	Soldado	20.00
		104	Rectificado	60.00
	Orejas Sujeción	105	Trazo	10.00
		106	Corte	10.00
		107	Taladrado (broca)	10.00
108		Soldado	10.00	
			Total	305.00

Fuente: Autores

Los tiempos muertos existentes en el proceso de construcción han sido omitidos los mismos que generalmente suelen ocasionar demora en la construcción del equipo.

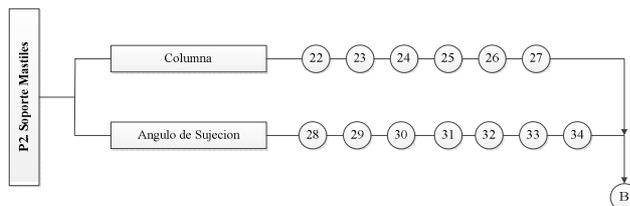
4.4 Flujograma sinóptico de construcción

Figura 36. Flujograma de construcción de la base



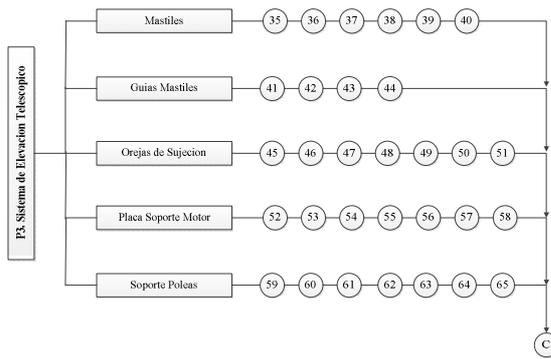
Fuente: Autores

Figura 37. Flujograma de construcción del soporte de los mástiles



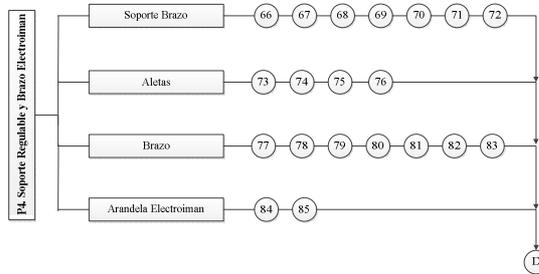
Fuente: Autores

Figura 38. Flujograma de construcción del sistema de elevación telescópico



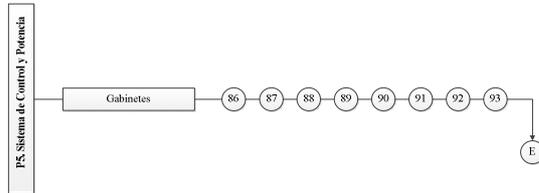
Fuente: Autores

Figura 39. Flujograma de construcción del soporte regulable y brazo



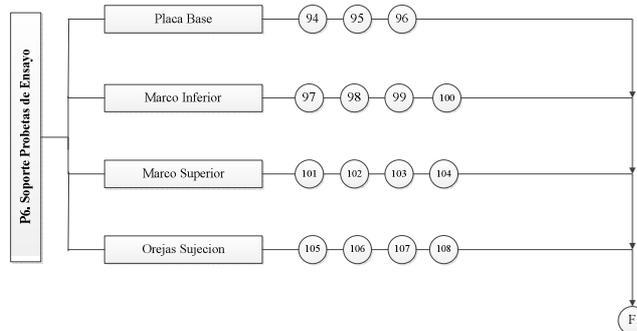
Fuente: Autores

Figura 40. Flujograma de construcción de los gabinetes de control



Fuente: Autores

Figura 41. Flujograma de construcción del soporte para probetas



Fuente: Autores

4.4.1 Montaje de la torre telescópica. Las diferentes operaciones y tiempos empleados en el montaje del prototipo telescópico de detallan en la tabla 37.

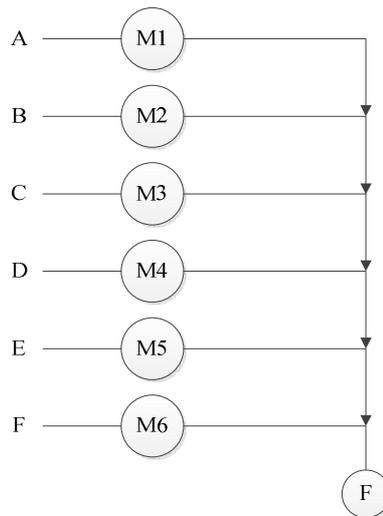
Tabla 37. Operaciones de montaje

MONTAJE DE LA TORRE TELESCÓPICA		
ÍTEM	OPERACIÓN	TIEMPO (min)
M1	Montaje de la base	10.00
M2	Montaje del soporte	25.00
M3	Montaje sistema telescópico	40.00
M4	Montaje soporte regulable	15.00
M5	Montaje sistema de control	30.00
M6	Montaje de soporte de probetas	10.00
TOTAL MONTAJE		130.00

Fuente: Autores

4.4.2 Flujograma de montaje

Figura 42. Flujograma de montaje del sistema telescópico



Fuente: Autores

El flujograma de montaje mostrado en la figura 42, indica las distintas operaciones de montaje señaladas, así como también su secuencia para la construcción; hay que destacar además que el tiempo de montaje total es de 130 horas más el tiempo de construcción de los distintos elementos que es de 22.93 horas, más un tiempo estimado de imprevistos (electrónica) igual a 160 horas, se tiene que el tiempo total de construcción de la torre telescópica para ensayos de impacto con esfera de acero es el mostrado en la tabla 38.

Tabla 38. Tiempo de construcción del prototipo telescópico

TIEMPOS DE CONSTRUCCIÓN	
PROCESOS	HORAS
Construcción de elementos	22.93
Montaje de elementos	2.17
Imprevistos (electrónica)	160.00
TOTAL	185.1

Fuente: Autores

Tomando en cuenta que las jornadas de trabajo corresponden a 8 horas diarias, tenemos que el tiempo de construcción es 23.14 días.

4.4.3 Descripción de la construcción de los elementos

Tabla 39. Elementos para la construcción del sistema telescópico

ELEMENTO	FIGURA	FUNCIÓN
Tubo cuadrado estructural (ASTM A36)		Determina la base la cual se encuentra apoyada sobre ruedas: la columna de soporte de los mástiles se encuentra sujeta mediante pernos, la base cuenta con patas estabilizadoras.
Tubo cuadrado estructural (ASTM A36)		Conjunto de mástiles extensibles mediante cable de acero manejadas por un juego de poleas que permiten el ascenso y descenso.
Tubo cuadrado estructural (ASTM A36)		Forman la base de soporte regulable del brazo en el cual está sujeto el electroimán.

Fuente: Autores

4.4.3.1 Soporte de gabinete de control

Tabla 40. Elementos para la construcción del soporte de control

ELEMENTO	FIGURA	FUNCIÓN
Tubo cuadrado estructural (ASTM A36)		Permite formar la base de soporte del gabinete de control.

Fuente: Autores

4.4.3.2 Soporte de probetas

Tabla 41. Elementos para la construcción del soporte de probetas

ELEMENTO	FIGURA	FUNCIÓN
Placa de acero (ASTM A36) 350x350x15mm. Ángulo (ASTM A36) (25x4mm).		Conforman la placa base, marco superior e inferior del soporte de probetas.

Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE COSTOS

5.1 Generalidades

En este capítulo se presenta el análisis de costos (indirectos, directos y totales), para la construcción del equipo para la realización de ensayos de impacto, considerando la adquisición de los equipos y materiales en función de precios del mercado local, y la construcción basados en normas de calidad.

5.2 Clasificación de los costos

Los costos pueden ser:

- Costos directos.
- Costos indirectos.

5.2.1 Costos directos. Son aquellos que pueden identificarse directamente con un objeto de costos, sin necesidad de ningún tipo de reparto.

Los costos directos se derivan de la existencia de aquello cuyo costo se trata de determinar, sea un producto, un servicio, una actividad, como por ejemplo:

- Materiales.
- Equipos.
- Mano de Obra.
- Transporte.

5.2.1.1 Materiales. Los costos de materiales utilizados en el presente proyecto, están enfocados en la correcta ejecución de un concepto de trabajo, facilidad de adquisición en el mercado y que además cumplan con las normas de calidad y especificaciones.

Tabla 42. Costo de materiales y accesorios mecánicos

COSTO DE MATERIALES Y ACCESORIOS MECÁNICOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Tuboestruc. cuadrado 60x60x2mm	m	1	24,41	24,41
Tuboestruc. cuadrado 50x50x2mm	m	1	18,75	18,75
Tuboestruc. cuadrado 40x40x2mm	m	1	15,50	15,50
Tuboestruc. cuadrado 30x30x2mm	m	1	11,94	11,94
Tuboestruc. cuadrado 25x25x2mm	m	1	11,40	11,40
Placa de acero 350x350x12mm	kg	12	1,450	17,40
Ángulo 11/2x1/4mm	m	1	24,04	24,04
Perno 1/4x1in	u	12	0,150	1,800
Arandela de presión 1/4in	u	12	0,030	0,360
Tuerca 1/4in	u	12	0,040	0,480
Perno 3/8x1in	u	1	0,015	0,015
Arandela de presión 3/8in	u	2	0,080	0,160
Tuerca 3/8in	u	2	0,080	0,160
Perno 5/16x4in	u	4	0,580	2,320
Arandela presión 5/16in	u	4	0,150	0,600
Tuerca 5/16in	u	4	0,140	0,560
Perno 1/2x3 1/2	u	4	0,450	1,800
Arandela de presión 1/2in	u	4	0,150	0,600
Tuerca 1/2in	u	4	0,140	0,560
Perno 7/16x4in	u	4	0,500	2,000
Arandela de presión 7/16in	u	2	0,080	0,160
Tuerca 7/16in	u	2	0,100	0,200
Perno de 3/8x3in	u	1	0,300	0,300
Tornillo 3/16x4in	u	4	0,160	0,640
Arandela plana 3/16in	u	16	0,040	0,640
Arandela de presión 3/16in	u	16	0,050	0,800
Tuerca 3/16in	u	16	0,030	0,480
Tuerca mariposa 3/16in	u	4	0,180	0,720
Tornillo 3/16x1in	u	12	0,050	0,600
Tornillo 1/8x1in	u	16	0,040	0,640
Tuerca 1/8in	u	16	0,020	0,320
Arandela plana 1/8in	u	16	0,030	0,480
Niveladores	u	4	2,350	9,400
Rodamiento con base 1x1/2in	u	3	6,480	19,44
Cable de acero 3mm	m	6	0,800	4,800
Grilletes	u	2	0,500	1,000
Disco de corte (7x1/16in)	u	3	2,100	6,300
Arandela plana 4in	u	2	0,830	1,660
Rueda giratoria	u	4	2,700	10,80
Electrodos AGA 6011 (1/8)	kg	2	2,200	4,400
Regatones 2in	u	4	0,80	3,200

Tabla 42. (Continuación)

COSTO DE MATERIALES Y ACCESORIOS MECÁNICOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Regatones 1/ 1/4in	u	10	0,35	3,500
Regatón 3in	u	1	3,00	3,000
Tapa electroimán	u	1	2,00	2,000
Nivelador de piso 3/8in	u	4	0,59	2,360
Ajustador 3/8in	u	2	0,50	1,000
Ajustador 5/16in	u	5	0,85	4,250
Motor 12V DC	u	1	116,29	116,29
Nivel ojo de buey	u	2	1,75	3,500
Manijas	u	2	1,50	3,000
Plancha 400x400x3mm	kg	3	0,70	2,100
Manguera de presión espiral 3/4	m	6	10,00	10,00
Caucho IRHD 50	m	0,5	22,00	11,00
Llave hexagonal	u	1	1,00	1,000
Broca IRWIN 1/2in	u	1	12,50	12,50
Broca IRWIN 3/8in	u	1	5,90	5,900
Broca IRWIN 3/16in	u	1	1,95	1,950
Broca IRWIN 1/8in	u	1	1,20	1,200
Pintura esmalte negro	lt	1	3,13	3,130
Pintura esmalte azul	lt	1	3,13	3,130
Pintura esmalte aluminio	lt	1	4,69	4,690
Flexómetro 5m	u	1	1,50	1,500
Waipe	lb	1	1,34	1,340
Lija de agua	u	5	0,31	1,550
Tiñer	lt	4	1,34	5,360
Brocha 1/5in	u	1	0,27	0,270
Cemento de contacto	u	1	1,03	1,030
Guantes pupos	u	2	1,12	2,240
Platina 2x1/4in	m	2	2,53	5,060
Esfera de acero 2,26 kg	u	1	35,00	35,00
Esfero de acero 227 g	u	1	15,00	15,00
Balanza digital	u	1	25,00	25,00
Soporte con rótula	u	1	10,00	10,00
Tuerca mariposa de 1/2in	u	2	0,75	1,500
Perno 1/2x2in	u	2	0,28	0,560
Probetas de vidrio laminado	u	4	7,20	28,80
Probetas de vidrio templado	u	4	5,00	20,00
Empaques de caucho	u	2	0,25	0,500
Lima redonda grano grueso	u	1	2,50	2,500
			TOTAL	554,401

Fuente: Autores

Tabla 43. Costo de materiales y accesorios eléctricos y electrónicos

COSTO DE MATERIALES Y ACCESORIOS ELÉCTRICOS - ELECTRÓNICOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Pulsador	u	12	2,680	32,160
Resistencia 4,7k	u	13	0,030	0,390
Resistencia 10k	u	2	0,030	0,060
Resistencia 220k	u	12	0,030	0,360
Led	u	11	0,270	2,970
Molex de 7	u	2	0,760	1,520
Bornera de 2	u	5	0,760	3,800
Capacitor 100nF	u	10	0,090	0,900
Capacitor 10uF	u	2	0,090	0,180
Capacitor 100uF	u	4	0,130	0,520
Regulador 7805	u	2	0,500	1,000
PIC 16F628A	u	2	3,350	6,700
Zócalo de 18 pines	u	2	0,140	0,280
UTP Multifilar	u	20	0,890	17,80
Diodo láser	u	1	4,460	4,460
Transceiver	u	2	44,640	89,28
Molex de 2	u	10	0,450	4,500
2N3904	u	3	0,090	0,270
1N4007	u	3	0,090	0,270
Relé de potencia	u	3	4,470	13,410
Baquelita A4	u	1	6,700	6,700
Cloruro férrico	u	5	0,540	2,700
Electroimán	u	1	111,950	111,950
Fuente 1A	u	1	13,500	13,500
Fuente 30A	u	1	71,460	71,460
Amarra veto	u	1	1,500	1,500
Espiral para cable 3/8	u	1	3,520	3,520
Gabinete liviano 30x20x15	u	1	18,750	18,750
Gabinete liviano 30x20x16	u	1	23,080	23,080
Extensión 2x16	u	1	3,750	3,750
Cable flex. AWG #10	u	12	0,450	5,400
Enchufe 3 patas	u	2	0,750	1,500
Tomacorriente	u	2	1,250	2,500
Medidor Temp/Humedad	u	1	20,000	20,000
Placa acrílico 20x50x4mm	u	1	10,000	10,000
Placa acrílico 30x30x4mm	u	1	8,750	8,750
Alzas plásticas	u	12	0,250	3,000

Tabla 43. (Continuación)

COSTO DE MATERIALES Y ACCESORIOS ELÉCTRICOS - ELECTRÓNICOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Diodo láser	u	1	15,00	15,00
Taype	u	2	0,540	1,080
Estilete	u	1	2,230	2,230
Brujita	u	2	0,270	0,540
Cinta doble fax	u	1	0,500	0,500
Adhesivos	u	1	2,000	2,000
Adaptador de corriente 12V	u	1	12,00	12,00
TOTAL				528,240

Fuente: Autores

Tabla 44. Costo total de materiales

COSTO TOTAL DE MATERIALES	
MATERIALES Y ACCESORIOS	COSTO
MECÁNICOS	554,401
ELÉCTRICOS - ELECTRÓNICOS	528,240
SUBTOTAL (A)	1082,64

Fuente: Autores

5.2.1.2 Equipos. El costo de los equipos depende directamente de la calidad y las condiciones de trabajo y operación a la cual será sometido en un periodo específico de tiempo.

Tabla 45. Costo de equipos y herramientas

COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			
DESCRIPCIÓN	COSTO - HORA	HORAS - EQUIPO	SUBTOTAL
Soldadora eléctrica	3,00	5,00	15,00
Taladro pedestal	1,75	5,00	8,750
Sierra de disco	1,50	3,00	4,500
Fresadora	8,00	4,00	32,00
Cizalladora	0,30	2,00	0,600
Dobladora de tol	1,00	1,00	1,000
Esmeril	1,15	1,25	1,437
Amoladora	1,20	2,00	2,400
Machuelo	0,75	1,00	0,750
Equipo de pintura	2,15	2,00	4,300
SUBTOTAL (B)			70,737

Fuente: Autores

5.2.1.3 Mano de obra. Este rubro es directamente relacionado con los salarios que percibe el personal que de forma directa o indirecta que colabora en la elaboración del producto o el servicio que se va elaborar.

Este salario depende de muchos factores como son: mano de obra calificada, no calificada, tipo de ocupación entre otras, y este tiene un mínimo regido por el ministerio de trabajo.

Tabla 46. Costo de mano de obra

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CAT.	COSTO - HORA	HORAS	SUBTOTAL
Ayudante mecánico	3	2,58	30,00	77,40
Tornero/Fresador	1	2,58	20,00	51,60
SUBTOTAL (C)				129,00

Fuente: Autores

5.2.1.4. Transporte de materiales y equipos. El gasto representativo por transporte puede darse en el caso de no encontrar los equipos y materiales en el mercado local, para lo cual se procederá a la importación de los mismos, tal es el caso del electroimán, y de la fuente de 30A.

Tabla 47. Costo de transporte

TRANSPORTE	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Transporte materiales al taller	20,00
Transporte prototipo a ESPOCH	10,00
Importación Fuente 30A y electroimán 120N -26 lb	100,00
SUBTOTAL (D)	
	130,00

Fuente: Autores

Tabla 48. Costos totales directos

COSTOS DIRECTOS		COSTO
MATERIALES Y ACCESORIOS	SUBTOTAL (A)	1082,64
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	SUBTOTAL (B)	70,737
MANO DE OBRA	SUBTOTAL (C)	129,00
TRANSPORTE	SUBTOTAL (C)	130,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS		1412,377

Fuente: Autores

5.3 Costos indirectos

Son aquellos costos que participan en el proceso productivo; pero que no se incorporan físicamente al producto final. Estos costos están vinculados al periodo productivo y no al producto terminado, éstos pueden ser mano de obra indirecta, gastos indirectos, materiales indirectos, gastos de administración, impuestos, etc.

Para el caso de este trabajo se toma en cuenta los costos ingenieriles e imprevistos que se pueden llegar a presentar.

Tabla 49. Costos totales indirectos

COSTOS INDIRECTOS				
COSTOS INGENIERILES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Diseño electrónico	Hora	194	2,81	545,14
Supervisión	Hora	20	2,81	56,200
Imprevistos 5% (CD)				70,619
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				671,959

Fuente: Autores

5.4 Costos totales

Es la suma de los costos directos más los costos indirectos.

Tabla 50. Costos totales

COSTOS TOTALES	
DESCRIPCIÓN	COSTO
TOTAL COSTOS DIRECTOS	1412.337
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	671.959
VALOR TOTAL	2084,336

Fuente: Autores

Realizado el análisis de costos se tiene que el costo total del de la construcción de la torre telescópica para ensayos con esfera de acero es de: 2084,336 USD.

CAPÍTULO VI

6. PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 Introducción

Una vez realizada la construcción y montaje de la torre telescópica para ensayo de impacto con esfera de acero, es conveniente realizar las pruebas de campo acorde con el protocolo de pruebas, estas tienen como objetivo verificar el correcto funcionamiento de la máquina, las dimensiones del soporte de probetas, la altura de caída y el peso de las esferas de acero.

6.1.1 *Materiales y equipos a utilizar en las pruebas de campo:*

1. Flexómetro.
2. Balanza digital.
3. Nivel de burbuja.

6.1.2 *Procedimiento a seguir en las pruebas.* Para realizar el control y las pruebas se sigue el siguiente procedimiento.

- Verificar que las dimensiones tanto de alto, ancho y largo del soporte de las probetas se encuentren dentro de las especificaciones dadas en la norma NTE INEN 1723.
- Verificar los pesos de las esferas de acero de acuerdo a las especificaciones de la norma NTE INEN 1723.
- Verificar las diferentes alturas de caída libre de las esferas de acero, se encuentren en los rangos permitidos en la norma NTE INEN 1723.

6.2 Pruebas

6.2.1 *Verificación del soporte de probetas.* Tomando en cuenta que no se dispuso de la herramienta y maquinaria necesaria para la construcción del soporte de probetas con planchas de acero como indica la norma.

La estructura del soporte para el ensayo de impacto con esfera de acero, se la fabricó en ángulo estructural de 25x4mm, respetando las dimensiones establecidas en la norma. (ANEXO P)

Tabla 51. Verificación de las dimensiones principales del soporte

SOPORTE PARA ENSAYO DE LA ESFERA DE ACERO				
DIMENSIÓN	NORMA	PROTOTIPO	ACEPTACIÓN	
			SI	NO
Largo (mm)	290	290	X	
Ancho (mm)	290	291	X	
Alto (mm)	150	149	X	

Fuente: Autores

Figura 43. Verificación de las dimensiones principales del soporte



Fuente: Autores

6.2.2. Verificación de los pesos de las esferas. Debido a la necesidad de personal y/o equipo especializado (CNC) y al alto costo de fabricación de las esferas, éstas se seleccionaron en el medio local, respetando la masa aproximada establecida en la norma NTE INEN 1723. (ANEXO Q)

Tabla 52. Verificación de las masas de las esferas de acero

ESFERAS DE ACERO							
MASA (gr)	NORMA	PROTOTIPO			PROMEDIO	ACEPTACIÓN	
						SI	NO
Laminados	2260 ± 20	2265	2264	2263	2264	X	
Templados	227 ± 2	228	230	229	229	X	

Fuente: Autores

Figura 44. Verificación de la masa de la esfera de acero para vidrio laminado



Fuente autores

Figura 45. Verificación de la masa de la esfera de acero para vidrio templado



Fuente: Autores

6.2.3. Verificación de caída libre de la esfera. La norma NTE INEN 1723, no establece el tipo de máquina, sistema o mecanismo de elevación a utilizarse en el ensayo de impacto con esfera de acero, por lo tanto lo que interesa en esta verificación es que el prototipo telescópico eleve las esferas a las alturas establecidas dentro de la norma.

Tabla 53. Verificación de las alturas de ensayo para vidrio templado

Altura de caída de la esfera de acero vidrio templado								
Espesor (mm)	Norma (cm)	Tol. (mm)	Prototipo			Prom.	Aceptación	
							SI	NO
menor a 3,5	200	± 5	200,9	200,3	200,8	200,66	X	
de 3,5 a 6,5	250	± 5	250,8	250,6	249,4	250,26	X	
mayor a 6,5	250	± 5	250,8	250,6	249,4	250,26	X	
Vidrio templado	400	± 5	400,7	400,9	398,7	400,10	X	

Fuente: Autores

Tabla 54. Verificación de las alturas de ensayo para vidrio laminado

Altura de caída de la esfera de acero vidrio laminado								
Espesor (mm)	Norma (cm)	Tol. (mm)	Prototipo			Prom.	Aceptación	
							SI	NO
-	400	± 5	400,7	400,9	398,7	400,10	X	

Fuente: Autores

6.3 Resultados

- De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de campo, El peso de las esferas se encuentran dentro del rango permitido en la norma NTE INEN 1723.
- El soporte para las probetas de ensayo cumple con las dimensiones requeridas.
- Se observa que los diferentes elementos y partes que conforman la torre telescópica para ensayos de impacto con esfera de acero, funcionan correctamente sin carga y de igual forma al estar con carga trabaja sin ningún problema, permitiendo la elevación y caída de las esferas a las diferentes alturas requeridas.

6.4 Procedimiento para certificación de vidrios de seguridad

6.4.1 Requisitos previos. Previo a la realización del ensayo de impacto con esfera de acero para la certificación de vidrios de seguridad automotriz, se debe tener en cuenta el procedimiento de muestreo indicado en la norma NTE INEN 1721, que se resume en los siguientes aspectos.

Tabla 55. Tamaños del lote y de la muestra

Tamaño del lote		Número de muestras	
		Ensayo no destructivo	Ensayo destructivo
Hasta	25	2	1
26	50	3	2
51	150	5	3
151	500	8	5
501	3200	13	8
3201	35000	20	13

Fuente: NTE INEN 1721

Además se debe tener en cuenta que:

- Las unidades de muestreo no deben alterarse hasta el momento del ensayo.
- Las muestras deben tomarse de la bodega de productos terminados del fabricante, para productos nacionales o de las bodegas de aduana para productos de importación.
- Este método es de aplicación al muestreo para inspección y ensayos antes de la aceptación o rechazo de partidas individuales (consignaciones) en caso de que no se disponga de la información necesaria respecto al control de calidad o ensayos durante el proceso de fabricación.
- También se usa como método de adjudicación en caso de litigio.
- El muestreo para aceptación o rechazo se determinara de común acuerdo entre fabricante y comprador.(INEN, 2011)

6.4.2 Etiquetado y embalaje. Cada vidrio de seguridad debe llevar marcado con caracteres indelebles en un lugar visible lo siguiente:

- a) Razón social del fabricante y marca comercial.
- b) Denominación del producto, clase y tipo de vidrio.
- c) Identificación del lote de producción.
- d) Espesor.
- e) Norma INEN de referencia.
- f) Dirección del fabricante, ciudad y país.
- g) Las demás especificaciones exigidas por ley.

Los vidrios de seguridad deben embalsarse en forma adecuada, de manera que no sufran deterioros durante el almacenamiento, manipulación y transporte.

6.5 Certificación de vidrios de seguridad para automotores según la norma NTE INEN 1723

Para la ejecución del ensayo de impacto con esfera de acero para vidrios de seguridad automotriz según la norma NTE INEN 1669 y NTE INEN 1723, se debe tener en cuenta que siempre se llevara un registro de las actividades que se realizarán, empezando desde el muestreo hasta la certificación de un lote de vidrios.

6.5.1 *Desarrollo de las hojas de ingreso de vidrios de seguridad.* El Informe de ingreso de muestras deberá contener los siguientes datos:

1. Razón social del fabricante y marca comercial.
2. Denominación del producto, clase y tipo de vidrio.
3. Identificación del lote de producción.
4. Espesor.
5. Norma INEN de referencia.
6. Dirección del fabricante, ciudad y país.
7. Las demás especificaciones exigidas por ley.

6.5.2 *Desarrollo de las hojas de ensayo de vidrios de seguridad.* El Informe del ensayo de impacto con esfera de acero deberá contener los siguientes datos:

1. Tipo y número de muestra o cualquier identificación.
2. Ensayo empleado y método empleado.
3. Resultado del ensayo.
4. Condiciones de humedad y temperatura para la preparación de la muestra.
5. Fecha de ensayo.
6. Nombre y firma de responsabilidad de la persona que realizo el ensayo y jefe de laboratorio.

6.5.3 *Procedimiento:*

1. Preparar la muestra de ensayo y colocar en la probeta.
2. Verificar el centrado de la probeta.
3. Colocar la esfera correspondiente a la muestra a ensayarse en el soporte electromagnético de la torre telescópica.

4. Seleccionar la altura requerida para el ensayo en el tablero de control de acuerdo al espesor de la muestra.
5. Pulsar el botón de disparo en el tablero de control y dejar caer la esfera de acero desde una altura específica para cada tipo de muestra, como se indica a continuación.

Tabla 56. Altura de impacto y peso de esfera para ensayo en parabrisas

Parabrisas			
Tipo	Altura	Tolerancia	Peso de la esfera
Templado	2,0m	5mm	227g +/- 2g
Laminado	4,0m	5mm	2,26kg +/- 20g

Fuente: NTE INEN 1723

Tabla 57. Altura de impacto y peso de esfera para ensayo en vidrio templado

Vidrio templado			
Espesor	Altura	Tolerancia	Peso de la esfera
Menor a 3,5mm	2,0m	5mm	227g +/- 2g
De 3,5mm a 6.5mm	2,5m	5mm	227g +/- 2g
Mayores a 6,5mm	2,5m	5mm	227g +/- 2g

Fuente: NTE INEN 1723

Tabla 58. Altura de impacto y peso de esfera para ensayo en vidrio laminado

Vidrio laminado			
Espesor	Altura	Tolerancia	Peso de la esfera
-	4,0m	5mm	2,26kg +/- 20g

Fuente: NTE INEN 1723

6.6 Requisitos para la aprobación de vidrios de seguridad para automotores

Los parabrisas delanteros y posteriores, ventanas laterales fijas y móviles de vidrio laminado y templado, cuando se ensayen de acuerdo a la norma NTE INEN 1723 deben cumplir con lo siguiente:

- La esfera de acero debe caer dentro de un círculo de 25mm de radio medidos desde el centro de la probeta o muestra de ensayo.
- En los vidrios laminados aparte de los parabrisas si la masa total de los pocos fragmentos que pueden producirse en el lado opuesto al punto de impacto no excede de 15g, se puede considerar aceptable.

Tabla 59. Requisitos para aprobación de parabrisas y vidrios templados

Vidrio templado		
Rotura de la muestra	Ninguna muestra se rompe.	Aceptable
	Solo se rompe una muestra.	Aceptable
	Si se rompe 2 muestras se repite el ensayo con 4 probetas, si ninguna muestra posterior se rompe.	Aceptable

Fuente: NTE INEN 1723

Tabla 60. Requisitos para aprobación de vidrios laminados

Vidrio laminado		
Rotura de la muestra	No se rompe luego de 5 segundos de producido el impacto.	Aceptable
	Ninguna muestra se rompe.	Aceptable
	Si se rompe más de una muestra se repite el ensayo con 4 probetas, si ninguna muestra posterior se rompe.	Aceptable

Fuente: NTE INEN 1723

CAPÍTULO VII

7. DESARROLLO DE HOJAS DE VERIFICACIÓN CONFORME A LA NORMA NTE INEN 1723

7.1 Propósito

Verificar el cumplimiento de la norma NTE INEN 1723 para constatar que los vehículos automotores cumplan con los requerimientos de vidrios de seguridad.

7.2 Alcance

El proceso de verificación del cumplimiento de la norma NTE INEN 1723 se realiza para todo vehículo de más de dos ruedas que va ingresar al parque automotor ecuatoriano, sean importados o ensamblados en el país.

7.3 Políticas de operación, normas y lineamientos

Los términos de referencia para este efecto se han desarrollado en base a las normas y reglamentos INEN vigentes tales como:

- NTE INEN 1669: *Vidrios de seguridad para automotores.*
- NTE INEN 1723: *Ensayo de impacto con esfera de acero.*

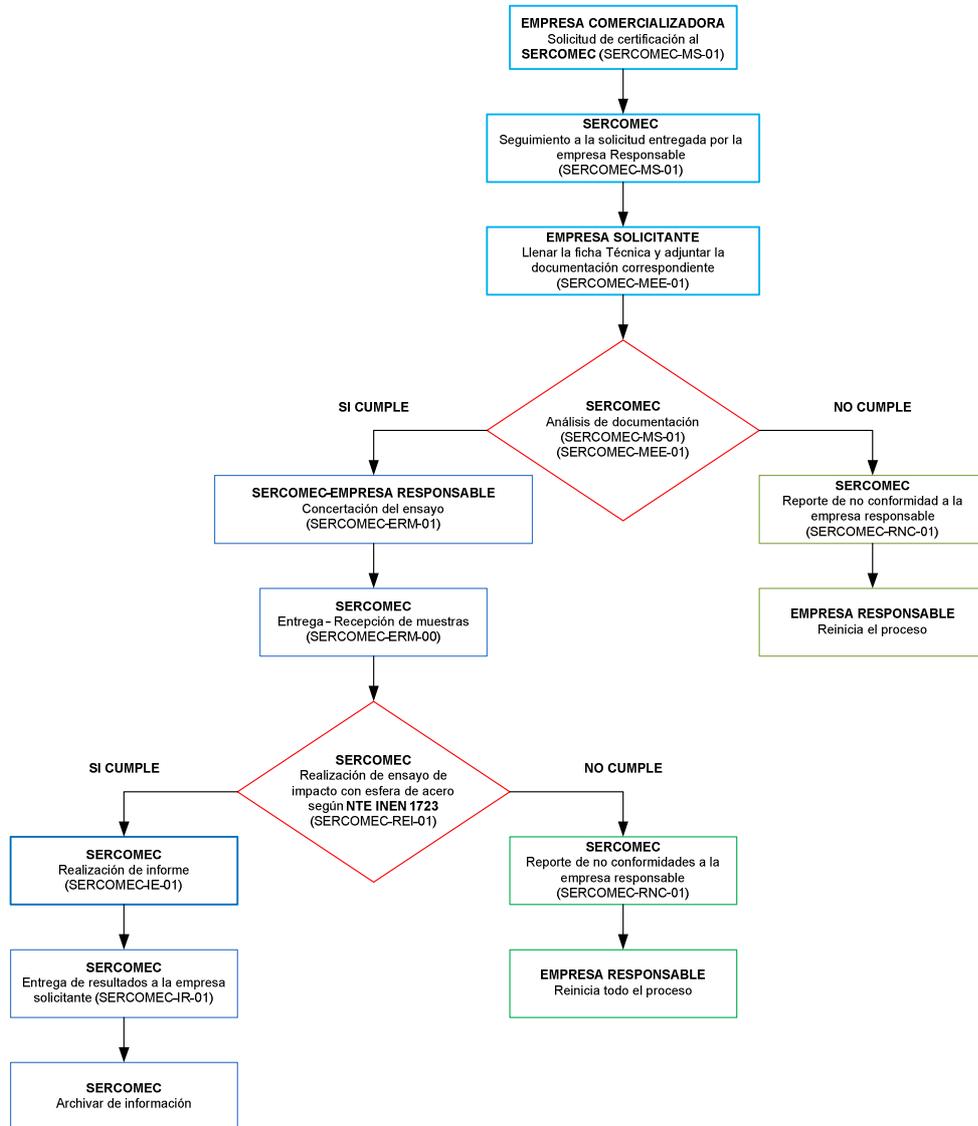
Para la verificación del cumplimiento de la norma NTE INEN 1723 se establece que los elementos de vidrios de seguridad son los siguientes:

- Vidrio de seguridad para automotores laminado.
- Vidrio de seguridad para automotores templado.

Los vidrios de seguridad para automotores serán certificados desde el punto de vista de la seguridad siempre que cumplan con los parámetros establecidos.

7.4 Organigrama del procedimiento de verificación conforme a la NTE INEN 1723

Figura 46. Organigrama del procedimiento de verificación



Fuente: Autores

7.5 Descripción del procedimiento de verificación conforme a la NTE INEN 1723

Tabla 61. Descripción del procedimiento de verificación según NTE INEN 1723

ÍTEM	SECUENCIA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
1	Solicitud de certificación SERCOMEC MSS-02-01	La empresa solicitante insta por escrito al SERCOMEC la verificación de vidrios de seguridad para automotores de acuerdo al procedimiento de gestión de solicitudes SERCOMEC/PGS/EI001 y el formato de solicitud SERCOMEC/MS/01/02.	EMPRESA SOLICITANTE

Tabla 61. (Continuación)

ÍTEM	SECUENCIA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
2	<p>Seguimiento de la solicitud</p> <p>SERCOMECS MSS-02-01</p>	<p>El SERCOMECS en un plazo no mayor a 2 días, dará respuesta a la solicitud entregada por la empresa solicitante para dar inicio a la certificación.</p>	SERCOMECS
3	<p>Ficha técnica y adjuntar la documentación correspondiente</p> <p>SERCOMECS MSS-02-01</p>	<p>La empresa solicitante facilita al SERCOMECS la ficha técnica completamente llena y adjunta la documentación correspondiente de tal forma que la información de los vidrios de seguridad para automotores a verificar sea analizada con antelación.</p>	SERCOMECS EMPRESA
4	<p>Análisis de documentación</p> <p>SERCOMECS MSS-02-01</p> <p>SERCOMECS MCE-02-02</p> <p>SERCOMECS MNC-02-09</p>	<p>Si la documentación entregada por la empresa no está completa se realiza lo siguiente: El SERCOMECS informa por escrito y/o vía email a la empresa responsable, mediante el registro de reportes SERCOMECS/RNC/2014, las no conformidades encontradas en la revisión de la documentación. La empresa solicitante, debe reiniciar el proceso de certificación y las veces que considere necesario para su aprobación.</p>	SERCOMECS
5	<p>Entrega - recepción de muestras</p> <p>SERCOMECS MCE-02-02</p>	<p>En la entrega - recepción de muestras se recopila la información necesaria de acuerdo a los ítems establecidos en el formato de recepción de lotes, con firmas de responsabilidad de los técnicos del SERCOMECS y el responsable de la empresa.</p>	EMPRESA SERCOMECS
6	<p>Realización del ensayo</p> <p>SERCOMECS MCE-02-02</p> <p>SERCOMECS MRA-02-03</p> <p>SERCOMECS MPVT-02-06</p> <p>SERCOMECS REVL-02-07</p>	<p>La empresa solicitante conjuntamente con el representante del SERCOMECS concreta la fecha y hora de la realización del ensayo para la verificación de vidrios de seguridad para automotores según la norma NTE INEN 1723.</p>	TÉCNICOS SERCOMECS

Tabla 61. (Continuación)

ÍTEM	SECUENCIA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
7	Informe del ensayo SERCOMEC MCE-02-02	Si los vidrios de seguridad para automotores cumplen con los requisitos exigidos por la norma NTE INEN 1723, se procede a la realización de un informe, SERCOMEC-MPC-02-10	TÉCNICOS SERCOMEC
	SERCOMEC REVT-02-08 SERCOMEC REVL-02-07 SERCOMEC-MRAL- 02-11 SERCOMEC-MRAT- 02-12	Si los vidrios de seguridad no cumplen con los requisitos exigidos por la norma NTE INEN 1723, se realiza lo siguiente. <ul style="list-style-type: none"> El SERCOMEC informa por escrito y/o vía email a la empresa responsable, mediante el registro de reportes SERCOMEC –RNC-2014, las no conformidades encontradas en la realización del ensayo de impacto con esfera de acero. SERCOMEC-MNC-02-09	
8	Proceso de certificación SERCOMEC MCE-02-02 SERCOMEC MPC-02-10	Elaboración del Certificado	SERCOMEC

Fuente: Autores

7.6 Cronograma del procedimiento de verificación

Tabla 62. Cronograma del procedimiento de verificación

ÍTEM	Semana 1					Semana 2				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1										
2										
3,4										
5										
6										
7,8										

Fuente: Autores

7.7. Formato de hojas modelo del procedimiento de verificación

Se elaboró las hojas modelo del reporte del ensayo según el formato proporcionado por el SERCOMEC, (centro de transferencia tecnológica de servicios y construcciones mecánicas). Las cuales se detallan en el (ANEXO R).

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

El sistema de pruebas que fue construido es un prototipo, por lo que el margen de seguridad obtenido de cada uno de los elementos de máquinas es conservador, pues se desconocen algunos efectos secundarios actuantes sobre dichos elementos.

El diseño de este equipo se realizó en base a las necesidades y requerimientos de ubicación del SERCOMEC, dando como resultado un equipo confiable con facilidad de operación y fácil de transportar.

Los materiales empleados, elementos diseñados y seleccionados se los encuentra en el mercado local y nacional favoreciendo la adquisición de repuestos, en caso de ser necesario.

Todos los vidrios de seguridad deben de cumplir con los requisitos de las normas NTE INEN 1669 y NTE INEN 1723, de manera 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.

Para la determinación de la resistencia al impacto con esfera de acero en vidrios de seguridad, se debe seguir los procedimientos del INEN 1723, al igual que para la evaluación de los resultados, esto quiere decir que no es necesario de personal altamente calificado para la ejecución de este ensayo.

Este ensayo es de suma importancia puesto que nos permitió determinar cuan confiables son los vidrios de seguridad para automotores para ser comercializados en el mercado.

8.2 Recomendaciones

Aplicar la respectiva señalización dentro del laboratorio para garantizar la integridad física del personal, puesto que implica caída libre de una masa sólida y no es controlado en su totalidad.

Verificar que la torre telescópica esté situada sobre una superficie regular de manera que ayude a nivelar el sistema.

El personal técnico encargado del análisis de los resultados de los ensayos se encuentre presente al momento del ensayo para garantizar que esté ha sido llevado a cabo, cumpliendo los requerimientos de la norma.

Realizar la verificación de las alturas de caída y las masas de las esferas preferentemente con un flexómetro y una balanza electrónica certificados.

Operar el sistema solo para efectuar los ensayos y no con otros fines.

Utilizar en un posible rediseño en vez del sensor ultrasónico de distancias un metro láser, el cual nos da una mayor confiabilidad y precisión, ya que este no sufre ningún tipo de interferencia.

Sugerir al SERCOMEC, que realice los trámites respectivos para la acreditación del equipo ante los organismos correspondientes.

BIBLIOGRAFÍA

CORRALES, Santiago. 2006.Electrónica práctica con microcontroladores PICS. Quito : s.n., 2006.

INEN. 2011. NTE 1669. Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos. [Online] 2011. http://archive.org/stream/ec.nte.1669.2011/ec.nte.1669.2011_djvu.txt .

—. **2011.** NTE 1723. Ensayo de impacto con esfera de acero. [Online] 2011. <https://archive.org/details/ec.nte.1723.2011>.

—. **1996.** NTE 2067. Vidrios de seguridad para edificaciones. Requisitos. [Online] 1996. http://archive.org/stream/ec.nte.2067.1996/ec.nte.2067.1996_djvu.txt .

—. **2011.**Vidrios de seguridad. Muestreo NTE INEN 1771. Ecuador, 2011. Norma.

JANAINA, Camilo. 2008.Manual de tiempos y movimientos. Mexico : Limusa, 2008.

LARBURU, Nicolas. 1995.Prontuario de máquinas. 7ma Edicion. s.l. : Paraninfo, 1995.

Registro Oficial. 2010. RTE 034. Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores. [Online] 2010. <http://www.derechoecuador.com/productos/producto/catalogo/registros-oficiales/2010/diciembre/code/19783/registro-oficial-no-352---jueves-30-de-diciembre-de-2010>.

REYES, Carlos A. 2008.Microcontroladores pic programación en basic. Tercera Edicion. Quito : Rispergraf, 2008.

RIBA, Carles. 2002. Diseño concurrente. [Online] 2002. <http://www.slideshare.net/JavoCBA1/carles-riba-dc1quito2004>.

SHIGLEY, Joshep Edward. 1985.Diseño en ingeniería mecánica. 3ra Edicion. Mexico : McGraw - Hill, 1985.

TORRITI, Miguel Torres. 2007. [Online] Abril 26, 2007. [Cited: Noviembre 1, 2013.] http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf.