

DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA SIMULAR LAS CONDICIONES DE  
ENSAYO DE RETENCIÓN DE LOS VIDRIOS PANORÁMICOS SEGÚN LA  
NORMA FMVSS 212 PARA CESVI COLOMBIA

JUAN DAVID PEÑA OLARTE

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C  
2.019

DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA SIMULAR LAS CONDICIONES DE  
ENSAYO DE RETENCIÓN DE LOS VIDRIOS PANORÁMICOS SEGÚN LA  
NORMA FMVSS 212 PARA CESVI COLOMBIA

JUAN DAVID PEÑA OLARTE

Proyecto integral de grado para optar por el título de  
INGENIERO MECÁNICO

Director  
Ing. Juan Alviz  
Coordinador área de investigación y desarrollo. Cesvi

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C  
2.019

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado  
Ing. Álvaro Romero Suarez

---

Jurado 1  
Ing. Andrés Zapata

---

Jurado 2  
Ing. Gabriel Rivera

Bogotá D.C. Febrero 2.019

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestos en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectoría Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano General Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Departamento de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

“Nada ocurre en este mundo sin la voluntad de Dios, sin su bendición”  
-John D. Rockefeller

“No te subestimes ni subestimes tus posibilidades”  
-Donald J. Trump.

A mi madre por ser mi guía, mi fortaleza, mi esperanza, mi sol en la oscuridad y mi más grande foco de admiración y perseverancia en trabajar día tras día, cada mañana y seguir adelante sin importar las adversidades en el camino. Gracias por ese amor de madre que es único e irremplazable. LO TENDRAS TODO. TE AMO MADRE.

A mi padre por brindarme su acompañamiento, sus consejos y su guía a través de las dificultades de la vida, siguiendo mis ideas más sofisticadas y complejas, siempre de la mano de su humildad y el amor de padre que lo caracteriza. GRACIAS PADRE.

A mi hermana por enseñarme y ser la motivación principal para seguir adelante a través de la vida y los retos que se presentan tanto en lo académico como en lo profesional. Gracias por ser una verdadera inversionista de amor para mi crecimiento constante en la industria, y ser ese foco de confianza y Management para alcanzar mis logros y metas trazadas.

A mis tíos por su colaboración y ayuda en los momentos más complejos de este camino académico, su amor y cariño de familia han sido determinantes en permitirnos alcanzar nuevas expectativas en lo académico y profesional.

A los seres más especiales, que me brindaron su vida, amor y compañía para alegrarme en los momentos más difíciles y tristes durante mi carrera. A mis peluditos, toda la gratitud. Dios nos permitirá estar juntos de nuevo.

-Juan David Peña Olarte.

A Dios por medio de su bendición y su bondad para superar las dificultades durante todo el camino.

A mi familia por su constante entrega y compromiso con mi futuro profesional.

A la Fundación Universidad América por darme la oportunidad de culminar mi proceso formativo de manera exitosa con todo el rigor académico que exige el programa de ingeniería.

Al personal docente quien me oriento a través de cada semestre para consolidar mi vocación durante el proceso académico.

A mi orientador académico Ing. Álvaro Romero Suarez por guiarme a través del proceso formativo para la presentación de este documento que será la culminación de mi proceso, su paciencia y colaboración en cada una de las etapas de este proceso fueron determinantes para percibir mejores resultados.

A mi profesor de diseño Andrés José Zapata por ayudarme en cada etapa del proceso y guiarme con su talento en el área de diseño de forma paciente y comprensiva. Gracias por su enorme dedicación y permanente entrega, motivándome a seguir adelante sin importar las adversidades, siempre bajo el criterio de ingeniería para hacer bien las cosas.

A la Universidad de Los Andes por abrirme las puertas y permitirme ser parte de este proceso, gracias a su gran talento humano y de investigación.

Al Ing. Juan Alviz por guiarme en este proceso por medio de su conocimiento y experiencia en el área de ingeniería para llevar a cabo este proyecto.

Al Ing. Alejandro Marañón, por ser mi norte en este proceso formativo y por permitirme mediante su conocimiento comprender y aplicar los fundamentos básicos de la ingeniería. Nada pagaré ni compensaré mis más sinceros agradecimientos; infinita gratitud por siempre. Dios lo bendiga.

A la Periodista Camila Aguillón por permitirme consolidar este proceso académico de forma constante con su colaboración y entrega; su amor y dedicación fueron determinantes en brindarme una constante de paciencia y serenidad a lo largo de este proceso que culmina.

Al Ing. Giovanni Gonzales por permitirme llevar a cabo un proceso idóneo en la compañía a través de su consejería y criterio profesional.

A CESVI COLOMBIA por darme la oportunidad de desarrollar este trabajo de grado de manera constante y ayudarme en el desarrollo de mi trabajo de grado.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. GENERALIDADES	22
1.1 OBJETO SOCIAL	22
1.2 MISIÓN	22
1.3 VISIÓN	22
1.4 POLÍTICA HSEQ	22
1.5 COBERTURA NACIONAL E INTERNACIONAL	23
1.6 ACREDITACIONES	25
2. EVALUACIÓN DE SISTEMAS ACTUALES	26
2.1 PRUEBAS DE IMPACTO	27
2.1.1 Impacto frontal superposición completa	28
2.1.2 Impacto frontal superposición parcial	29
3. CONCEPTUALIZACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN	30
3.1 CONCEPTUALIZACIÓN	30
3.1.1 Choque frontal	30
3.1.2 Sistema Airbag	30
3.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	34
3.3 PARAMETRIZACIÓN	34
3.3.1 Aplicabilidad de la FMVSS 212 en el diseño	34
3.3.2 Implicación de curvatura del vidrio panorámico	35
3.3.3 Diseño del cabezal de impacto	35
3.3.4 Área de ejecución de la prueba	35
3.3.5 Limitación del uso del dispositivo	36
4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	37
4.1 ALTERNATIVAS	37
4.1.1 Alternativa A	37
4.1.2 Alternativa B	39
4.1.3 Alternativa C	40
4.2 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	41
4.3 DISEÑO FUNCIONAL DEL DISPOSITIVO	42
5. DISEÑO DETALLADO	44
5.1 ANTECEDENTES	44
5.2 CÁLCULO FUERZA REQUERIDA	45
5.3 CÁLCULO SISTEMA NEUMÁTICO	45
5.3.1 Cilindro	45



5.3.1.1 Verificación de pandeo del cilindro	47
5.3.2 Línea de presión	49
5.3.3 Sistema neumático del dispositivo	49
5.3.4 Consumo específico de aire	50
5.3.5 Consumo de aire	53
5.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS, POR CATÁLOGO	54
5.4.1 Selección del actuador	54
5.4.2 Selección unidad de mantenimiento	55
5.4.3 Selección de mangueras	56
5.4.4 Láminas de fijación del actuador	57
5.4.5 Selección conexiones en T	58
5.4.6 Selección válvula principal	59
5.4.7 Selección válvulas de vías	60
5.4.8 Válvula de escape rápido	60
5.4.9 Válvula de estrangulación y anti retorno	61
5.4.10 Válvula de corredera	62
5.5 CÁLCULO ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA	63
5.6 DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESION	78
5.6.1 Perfil de giro mínimo	82
5.6.2 Longitud efectiva	83
5.6.3 Relación de esbeltez	84
5.6.4 Relación de esbeltez de transición	84
5.7 DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN	87
5.8 DISEÑO DE TORNILLOS	92
5.9 DISEÑO DE SOLDADURAS	96
6. EVALUACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS	101
6.1 CONVERGENCIA DE MALLA	101
6.2 EVALUACIÓN EN PUNTO CRÍTICO	102
6.3 EVALUACIÓN DE LA BASE DEL CABEZAL DE IMPACTO	106
7. MANUALES	110
7.1 MANUAL DE ENSAMBLE	110
7.1.1 Unión de perfiles	110
7.1.2 Unión de láminas a estructura	112
7.2 MANUAL DE MONTAJE	114
7.2.1 Descarga del dispositivo	119
7.2.2 Traslado del dispositivo	119
7.2.3 Instalación del dispositivo	120
7.3 MANUAL DE OPERACIÓN	122
7.3.1 Regulación presión de operación	122
7.3.2 Salida del cilindro neumático	122
7.3.3 Entrada del cilindro neumático	123
7.3.4 Paro de emergencia	123
7.3.5 Advertencias de operación	124

7.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO	124
7.4.1 Recomendaciones	126
8. EVALUACIÓN AMBIENTAL EN LA OPERACIÓN	127
8.1 IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	127
8.2 CONCLUSIONES EVALUACION AMBIENTAL	129
8.3 RECOMENDACIONES	129
9. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	130
9.1 COSTOS DE INGENIERIA DEL PROYECTO	130
9.1.1 Egresos por talento humano	130
9.1.2 Egresos por equipo y software	130
9.1.3 Egresos fungibles	130
9.1.4 Total egresos de ingeniería	131
9.2 COSTO DE MATERIALES DE FABRICACION	131
9.3 COSTOS DE FABRICACION	132
9.4 COSTOS TOTALES	132
9.5 EVALUACIÓN FINANCIERA	132
10. CONCLUSIONES	134
11. RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFÍA	136
ANEXOS	137

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Matriz de ponderación	42
Tabla 2. Método Gauss Jordan Nodo D	71
Tabla 3. Método Gauss Jordan Nodo C	73
Tabla 4. Método Gauss Jordan Nodo B	75
Tabla 5. Método Gauss Jordan Nodo A	78
Tabla 6. Egresos por talento humano	130
Tabla 7. Egresos por equipo y software	130
Tabla 8. Egresos fungibles	131
Tabla 9. Total egresos de ingeniería	131
Tabla 10. Costo de materiales de fabricación	131
Tabla 11. Costos de fabricación	132
Tabla 12. Costos totales	132

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Recomendaciones de inspección y mantenimiento	125
Cuadro 2. Criterios de evaluación	128
Cuadro 3. Calificación	128
Cuadro 4. Calificaciones por acción	129

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Mapa de cobertura	24
Figura 2. Mapa cobertura internacional	24
Figura 3. Prueba de choque CESVI COLOMBIA	27
Figura 4. Impacto frontal superposición completa	28
Figura 5. Impacto frontal superposición parcial	29
Figura 6. Modulo sistema airbag	31
Figura 7. Impacto airbag contra panorámico	32
Figura 8. Uretano automotriz	33
Figura 9. Factores de pandeo	48
Figura 10. Diagrama neumático	50
Figura 11. Diagrama general de la estructura	64
Figura 12. Diagrama de cuerpo libre	66
Figura 13. Diagrama general de fuerzas y reacciones	68
Figura 14. Nodo D	69
Figura 15. Nodo C	72
Figura 16. Nodo B	74
Figura 17. Nodo A	76
Figura 18. Criterios factor de seguridad	79
Figura 19. Valores K para longitud efectiva	83
Figura 20. Miembro sometido a tensión	88
Figura 21. Elemento del miembro a tensión	88
Figura 22. Perno cabeza hexagonal	93
Figura 23. Diagrama de cuerpo libre soldadura	97
Figura 24. Mesa cribada	110
Figura 25. Sección inferior	111
Figura 26. Escuadra de banco	111
Figura 27. Estructura simplificada	112
Figura 28. Mesa ranurada rotativa	112
Figura 29. Tornillo de apriete	113
Figura 30. Estructura por secciones	113
Figura 31. Estructura ensamblada	114
Figura 32. Fijación de pernos al cilindro	114
Figura 33. Fijación de pernos a estructura	115
Figura 34. Vista general dispositivo	115
Figura 35. Cabezal de impacto	116
Figura 36. Vista general montaje	116
Figura 37. Fijación caja	117
Figura 38. Vista contenido caja	117
Figura 39. Caja equipada	118
Figura 40. Dispositivo general	118
Figura 41. Descarga de equipos	119

Figura 42. Plataforma rodante	119
Figura 43. Vista habitáculo del pasajero	120
Figura 44. Vista general de la estructura	120
Figura 45. Anclaje delantero del dispositivo	121
Figura 46. Apoyo simple	121
Figura 47. Dispositivo montado	122
Figura 48. Unidad de mantenimiento	122
Figura 49. Pulsador de activación	123
Figura 50. Pulsador de desactivación	123
Figura 51. Paro de emergencia	123
Figura 52. Entradas y salidas	127

## LISTA DE IMAGENES

	pág.
Imagen 1. Especificaciones técnicas cilindros DSBG	54
Imagen 2. Referencia cilindro DSBG	55
Imagen 3. Cilindro DSBG	55
Imagen 4. Referencia unidad de mantenimiento	55
Imagen 5. Unidad de mantenimiento	56
Imagen 6. Secador	56
Imagen 7. Referencia tubo flexible	56
Imagen 8. Tubo flexible	57
Imagen 9. Referencia sistema de fijación	57
Imagen 10. Sistema de fijación	57
Imagen 11. Láminas de fijación	58
Imagen 12. Referencia racor rápido	58
Imagen 13. Racor Tipo T	58
Imagen 14. Especificaciones válvula principal	59
Imagen 15. Referencia válvula distribuidora	59
Imagen 16. Válvula distribuidora 5/2	59
Imagen 17. Especificaciones válvula de vías	60
Imagen 18. Válvula de vías 3/2	60
Imagen 19. Referencia válvula de escape rápido	60
Imagen 20. Válvula de escape rápido	61
Imagen 21. Válvula de estrangulación y anti retorno	61
Imagen 22. Válvula de estrangulación	61
Imagen 23. Referencia válvula de corredera	62
Imagen 24. Válvula de corredera	62
Imagen 25. Tamaño de filete	100
Imagen 26. Datos convergencia de malla	102
Imagen 27. Convergencia de malla	102
Imagen 28. Cargas y restricciones	103
Imagen 29. Elemento critico	104
Imagen 30. Lateral elemento critico	105
Imagen 31. Datos Convergencia de malla placa	107
Imagen 32. Convergencia de malla	107
Imagen 33. Cargas y restricciones	108
Imagen 34. Placa cabezal de impacto	108
Imagen 35. Impacto ambiental	128

## LISTA DE ESQUEMAS

	pág.
Esquema 1. Alternativa A	37
Esquema 2. Vista Lateral	38
Esquema 3. Vista general	38
Esquema 4. Alternativa B	39
Esquema 5. Vista general	39
Esquema 6. Vista lateral	40
Esquema 7. Alternativa C	41
Esquema 8. Bosquejo dispositivo de impacto	43
Esquema 9. Prestaciones de los cilindros neumáticos	51
Esquema 10. Consumo de aire	52



## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Factura perfil	138
Anexo B. Catálogo de perfiles	140
Anexo C. Catálogo de tornillos	142
Anexo D. Cotización equipos de neumática	144
Anexo E. Cotización proceso de manufactura	147
Anexo F. Carta autorización especificaciones técnicas del dispositivo	149
Anexo G. Catálogo de tuercas	151
Anexo H. Carta autorización uso de perfil	153
Anexo I. Catalogo elastómero	155
Anexo J. Catalogo caja tablero	157
Anexo K. Catalogo aluminio	159
Anexo L. Matriz evaluación ambiental	161
Anexo M. Catálogo de material de aporte soldadura MIG	163
Anexo N. Cotización de tornillos	165
Anexo O. Norma FMVSS212	167
Anexo P. Planos	169

## RESUMEN

Para elaborar este proyecto se empezó a investigar acerca de las regulaciones internacionales existentes para el análisis de la retención de los vidrios panorámicos durante condiciones de colisión; así mismo mediante la normativa obtenida se desarrolló la evaluación de los sistemas actuales para llevar a cabo estas simulaciones determinando las condiciones en las cuales se realizaban.

De manera conjunta se conceptualizó el proceso de impacto en el cual se analizaron los diferentes tipos de colisión existentes para estas pruebas, permitiendo determinar el conjunto de fuerzas, reacciones y condiciones experimentadas durante la prueba; a su vez se evaluaron diferentes alternativas entorno a la ubicación probable del dispositivo; luego de esto se definieron los parámetros para el dispositivo dando inicio al diseño detallado de los elementos que lo componen.

Después de este paso se procedió a evaluar la estructura que compone el dispositivo mediante el método de elementos finitos para establecer puntos en donde el diseño estuviese comprometido debido a concentraciones de carga significativas.

Durante la fase siguiente se procedió a la elaboración de los diferentes planos de ubicación, fabricación de componentes, ensamble, montaje y de control automático para permitir una comprensión absoluta de todos los sistemas y elementos que componen el dispositivo; acto seguido se elaboran los manuales de montaje, operación y mantenimiento necesarios para su funcionamiento.

Luego de esto se procede a la elaboración de la evaluación ambiental de operación del dispositivo la cual permite mitigar en gran medida posibles afectaciones al medioambiente; así mismo se establece la evaluación financiera del proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño, retención, panorámico.

## INTRODUCCIÓN

Mediante el diseño de un dispositivo para simular las condiciones de ensayo de retención de los vidrios panorámicos, según la norma estadounidense FMVSS 212, CESVI COLOMBIA, está en la capacidad de llevar a cabo, pruebas correspondientes al proceso de verificación de adherencia de los adhesivos utilizados durante el proceso de montaje de los panorámicos; con esto, se establece la *importancia* de que el dispositivo pueda utilizarse de forma continua en vehículos que requieren la prueba, permitiéndole a los ingenieros de la empresa mediante lecturas específicas de aplicación de fuerzas, llevar un registro exacto de las diferentes cargas ejercidas en él, ayudando de esta manera mediante observación directa y analítica, consolidar un análisis confiable a través de pruebas de campo para determinar la confiabilidad de ciertos uretanos durante el proceso de montaje.

El proyecto permite a CESVI COLOMBIA *originar* pruebas de retención del vidrio panorámico, simulando condiciones similares a las experimentadas durante una colisión, según lo establecido en la norma FMVSS 212, en lo referente a la activación del sistema airbag, con lo cual, pueda establecer parámetros para definir mediante el uso de diferentes tipos de adhesivos, la adherencia de los vidrios panorámicos.

Para desarrollar este proyecto, se definió el siguiente *objetivo*; Diseño de un dispositivo para simular las condiciones de ensayo de retención de los vidrios panorámicos según la norma FMVSS 212 para CESVI COLOMBIA; así mismo para cumplir con él, se desarrollaron los siguientes objetivos específicos;

- > Evaluar los sistemas actuales para realizar estas simulaciones
- > Conceptualizar el proceso de impacto y definir los parámetros para el dispositivo
- > Evaluar alternativas de ubicación del dispositivo
- > Diseñar detalladamente los elementos que componen el dispositivo
- > Evaluar mediante el método de elementos finitos la estructura
- > Elaborar los planos de ubicación, fabricación de componentes, ensamble, montaje y de control automático
- > Elaborar manuales de montaje, operación y mantenimiento
- > Elaborar evaluación ambiental en la operación del dispositivo
- > Elaborar la evaluación financiera del proyecto

Se estableció que, el *alcance* de este proyecto, llega exclusivamente hasta el proceso de diseño del dispositivo y comprobación mediante simulación MEF, con el cual, se desea analizar el comportamiento de la estructura para conocer el desempeño durante su utilización; con esto se desea entender posibles limitaciones entorno a su montaje. De la misma forma se establece que el dispositivo se debe utilizar en un tipo de vehículo, específico.

La *metodología* empleada para la realización de este proyecto, comenzó mediante la observación directa y analítica para la caracterización de requerimientos y su implementación durante el desarrollo de diseño del dispositivo y su evaluación; así mismo, se utilizarán fuentes de referencia con carácter técnico y normativo a partir de las bases de datos de los centros de investigación de la empresa alrededor del mundo, regulaciones internacionales, así como libros de ingeniería y todos los recursos con los que las redes de bibliotecas universitarias sean útiles para el desarrollo del proyecto, esto con el fin de realizar una evaluación de los diferentes sistemas actuales para realizar estas simulaciones en conjunto con una búsqueda de información significativa de recursos que permitan comprender el funcionamiento de dichos sistemas, así como de su operación dentro de la temática a desarrollar durante pruebas de retención del vidrio panorámico en concordancia a la normativa internacional aplicable.

Así mismo, se deben establecer las necesidades propias del dispositivo, como también de cada uno de los elementos que lo componen para consolidar de esta manera un conjunto de parámetros fundamentales para el desarrollo del proyecto de manera técnica y de ingeniería, mediante software de diseño y de simulación permitiendo, crear alternativas para el dispositivo y todos sus componentes, realizando un análisis de funcionamiento y de parámetros de operación, cotejando información clave para el desarrollo del dispositivo y los elementos que lo componen, definiendo una única alternativa para su implementación, trabajando en conjunto con el análisis de datos y de simulación que el software genere de dicha alternativa de diseño.

El diseño final del dispositivo, así como de sus piezas que lo componen, debe ser aplicado para la elaboración de sus manuales y planos, incorporando normativas internacionales que rigen el diseño del dispositivo, su funcionamiento, restricciones de operación etc. Esto con el fin de evaluar su impacto ambiental, así como la viabilidad financiera del proyecto para la empresa.

Mediante el diseño de este dispositivo se desea establecer un estándar en el proceso de pruebas para la retención del vidrio panorámico; técnica que *significa*, adecuar procesos de forma precisa, por medio de resultados y la identificación de los diferentes efectos de los adhesivos en los vidrios panorámicos, permitiendo comprender sus propiedades directamente, al ser puestos a prueba durante una condición de choque por medio de la simulación, ayudando a evitar fatalidades durante una colisión.

Por medio de la *aplicación* de las simulaciones realizadas con este dispositivo, se desea, desarrollar un proceso de análisis de resultados mediante su aplicación; con lo cual, se debe crear un precedente novedoso entorno al proceso de pruebas que desea implementarse dentro de la compañía, así como en empresas afines para las cuales este dispositivo pueda mejorar sus simulaciones de manera confiable y rentable a largo plazo, evitando realizar costosas pruebas y/o experimentos en vehículos a escala real lo cual ahorrara millones en costos para estas empresas.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 OBJETO SOCIAL

El Centro de Experimentación y Seguridad Vial Cesvi Colombia S.A. es una compañía de vanguardia, que mediante la investigación y experimentación en el área automotriz desde hace 18 años desarrolla productos y servicios, enfocados en las necesidades de la industria automotriz de Colombia y el continente.

Gracias a su importante trayectoria en la investigación de la cadena de valor del automóvil, Cesvi Colombia S.A. ha sido reconocida como Centro de Investigación<sup>1</sup> y Experimentación por parte de Colciencias.

Cesvi Colombia fue fundada por las principales aseguradoras del país, las cuales son: Sura, Allianz, Liberty Seguros, Previsora Seguros, Seguros Bolívar, Aseguradora Solidaria de Colombia, BBVA Seguros, Equidad seguros, MAPFRE COLOMBIA

### 1.2 MISIÓN

Investigar y experimentar con el propósito de construir soluciones para los sectores asegurador, automotor y de la seguridad vial. Septiembre 2016.

### 1.3 VISIÓN

En 2.018 ser una entidad reconocida por el liderazgo en la construcción de soluciones competitivas y rentables para los sectores asegurador, automotor y de la seguridad vial. Septiembre 2.016.

### 1.4 POLITICA HSEQ

Cesvi Colombia S.A. investiga, experimenta e innova para brindar soluciones, productos y servicios que generen valor a los sectores: asegurador, automotor, reparador y de la seguridad vial, en Colombia y en el exterior.

Nuestro SIG HSEQ<sup>2</sup> está certificado en (ISO 14001, 2004; OSHAS 18001, 2007 e ISO 9001,2008), lo cual reafirma nuestro compromiso con el cuidado del medio ambiente, la seguridad, la salud y salud de nuestros trabajadores y contratistas, y la gestión integral de la calidad y el cliente.

---

<sup>1</sup> CESVI COLOMBIA. CESVI. [Sitio web] [Consultado el Oct 25,2017]. Disponible en: <a href='http://www.cesvicolombia.com/cesvi/' target='\_blank'>http://www.cesvicolombia.com/cesvi/</a>

<sup>2</sup> CESVI. [Consultado el Oct 25,2017]. Disponible en: http://www.cesvicolombia.com/cesvi/

Cesvi Colombia está comprometida con;

- > La satisfacción de nuestros clientes y la mejora continua del Sistema HSEQ
- > Prestar servicios de calidad, competitivos, que generen valor y que contribuyan con el medio ambiente
- > Integración del medio ambiente en la cadena de valor de nuestros productos y servicios
- > Cumplimiento de Objetivos, metas y los requisitos legales y suscritos
- > Prevención de la contaminación, conservación del medio ambiente, eficiencia energética, uso amigable y eficiente de nuestros recursos frente al cambio climático
- > Adecuada disposición de residuos
- > Promoción de la responsabilidad medioambiental en la sociedad
- > Reducción de la huella de carbono
- > Fomentar el autocontrol, autocuidado, el estilo de vida saludable, el bienestar, la prevención de accidentes y enfermedades laborales y la responsabilidad social
- > Gestionar los riesgos laborales con alcance a todos los trabajadores, independiente de su forma de contratación o vinculación, incluyendo contratistas y subcontratistas
- > Identificación de aspectos ambientales y peligros e implementación de controles adecuados para la gestión de Impactos y riesgos
- > Identificar los riesgos laborales e impactos ambientales prioritarios o no aceptables e implementar controles rigurosos como uno de los objetivos principales del Sistema HSEQ
- > Generar felicidad y pasión en nuestros trabajadores, fortalecer sus competencias para el Sistema HSEQ

## 1.5 COBERTURA NACIONAL

Cesvi tiene presencia en las siguientes regiones a través de sus filiales técnicas como lo indica la figura 1.

Figura 1. Mapa Cobertura



FUENTE: CESVI. [Sitio web] [Consulta: 25 Octubre 2017]. Disponible en: <http://www.cesvicolombia.com/cesvi/>

En el ámbito internacional hacemos parte del RCAR, un organismo cuyo objetivo es reducir los costos humanos y económicos de las pérdidas de vehículos de motor.

Actualmente, RCAR<sup>3</sup> tiene 24 miembros, que abarcan 19 países de los cinco continentes: Europa, Asia, América del Norte, América del Sur y Australia.

Figura 2. Mapa Cobertura Internacional



Fuente: CESVI FORMACIÓN. [Sitio web]. [Consultado el Oct 25,2017]. Disponible en: <http://www.cesvicolombia.com/cesvi-formacion/>

<sup>3</sup> [Anónimo]CESVI Cobertura. [Consultado el Oct 25,2017]. Disponible en: <http://www.cesvicolombia.com/cesvi/>



## 1.6 ACREDITACIONES

Cesvi Colombia cuenta con las siguientes acreditaciones<sup>4</sup> en el territorio nacional;

- > Certificación del sistema de gestión HSEQ conforme a las normas ISO 14001,2.004, OHSAS 18001:2.007 a ISO 9001:2.008 para todos sus procesos con S.G.S. Colombia
- > Declaración de conformidad de acuerdo a ISO 14064-1 Gases de efecto invernadero con DNV-GL Mapfre Colombia 2.015
- > Educación para el trabajo y desarrollo humano aprobado por la secretaria de educación de Cundinamarca, con la Resolución 9305 de diciembre 2.009
- > Renovación de registros calificados de sus programas Técnico laboral en: carrocería, pintura automotriz, electricidad y electrónica automotriz, Competencias en mecánica automotriz, Diseño e interpretación de planos. Seguridad Vial y Aerografía según Resolución 7947 de octubre 2.014
- > Colciencias reconoce a Cesvi Colombia como centro de investigación mediante la Resolución 235-2.015
- > Reconocimiento ambiental RACES CAR a empresas sostenibles 2.015/16 CAR-Universidad de Los Andes
- > Licencia como auxiliares de justicia (Perito evaluador de danos y perjuicios) por el Consejo Superior de la Judicatura desde 2.015

---

<sup>4</sup> [Anónimo]CESVI FORMACIÓN. [Consultado el Oct 25,2017]. Disponible en: <http://www.cesvicolombia.com/cesvi-formacion/>

## 2. EVALUACIÓN DE SISTEMAS ACTUALES

Alrededor del mundo, agencias y centros de investigación para el análisis automotriz han utilizado el método de colisión para realizar distintos tipos de mediciones tanto para estimar resultados de sistemas de seguridad, como para probar la propia carrocería del vehículo y todas aquellas consecuencias que esta pueda derivar contra la integridad de los ocupantes bajo diferentes razones.

Por esta razón agencias gubernamentales han establecido parámetros para la realización de este tipo de impactos, estableciendo un conjunto de normas y regulaciones a favor de una medición exacta y normalizada alrededor del mundo para la consolidación de resultados, así como para su homologación en los diferentes centros de investigación.

La colisión de vehículos para la prueba de retención del vidrio panorámico se ha caracterizado por sus altos costos de operación debido a que en la mayoría de los casos y al complejo requerimiento técnico que estas necesitan para la selección de vehículos y su utilización en dichas pruebas de colisión, se carece de opciones para su rentabilidad al largo plazo.

Durante una prueba de impacto, el vehículo tiende a sufrir innumerables esfuerzos y otros factores de índole técnica, los cuales hacen medibles las consecuencias generadas durante un accidente de tráfico.

Sin embargo, al momento de realizar estas colisiones y exclusivamente para llevar a cabo el análisis de la prueba de retención del vidrio panorámico se pierden piezas vitales de la carrocería y accesorios del vehículo, así como tiempo significativo durante la consolidación de resultados; aspectos determinantes para estos estudios que pueden ser requeridos de forma inmediata para otro tipo de operaciones y procesos de análisis más específicos.

La prueba de retención del vidrio panorámico mediante colisión se basa específicamente en la colisión de un vehículo contra un muro de pruebas a diferentes velocidades bajo normativas internacionales establecidas; luego del impacto y de forma detallada se lleva a cabo la obtención de datos técnicos generados por el choque para determinar por medio de este su afectación, específicamente la del vidrio panorámico y todas aquellas deformaciones que este pudo sufrir durante la prueba.

Las pruebas de impacto o Crash Test, son el estudio de investigación por excelencia que desarrolla CESVI. Se realiza a los automóviles más comercializados en nuestro país, con el propósito de analizar y estudiar los daños que sufren los vehículos en un impacto frontal. Los resultados obtenidos en este estudio aportan importantes beneficios en la disminución de tiempos y costos de reparación, figura3.

Figura 3. Prueba de choque CESVI COLOMBIA



Fuente: AUTOS DE PRIMERA.COM. [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <https://autosdeprimera.com/nacionales/cesvi-100-golpes-rampa>

Los daños ocasionados en la carrocería son estudiados para determinar las piezas que deberán sustituirse o repararse, mientras que el área de mecánica realiza estudios sobre procesos y tiempos de sustitución de conjuntos mecánicos.

## 2.1 PRUEBAS DE IMPACTO

Los vehículos sometidos a una prueba de impacto, como se muestra en la Figura 4, deben cumplir un conjunto de parámetros para realizar la colisión.

Para evitar explosiones, antes de la prueba se vacían todos los depósitos de fluidos (combustible, aceite, líquido de frenos) y en ellos se coloca agua. Se debe realizar el relleno de fluidos hasta que el peso del vehículo coincida con el que comunica el fabricante en la ficha técnica, con el objetivo de no alterar el resultado.

En Estados Unidos existen 2 organismos que evalúan la seguridad de los vehículos nuevos: el Insurance Institute for Highway Safety o Instituto de Seguros para la Seguridad en las Carreteras (IIHS) y la National Highway Traffic Safety Administration o Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras, por sus siglas en inglés, (NHTSA).

2.1.1 Impacto frontal superposición completa. Una de las pruebas que realiza la NHTSA es el choque frontal de superposición completa, el cual reproduce el escenario de una colisión, impactando contra una barrera fija indeformable a una velocidad determinada.

Figura 4. Impacto frontal superposición completa



Fuente: EURONCAP. Impacto frontal completo. [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.euroncap.com/es/seguridad-en-los-veh%C3%ADculos/descripci%C3%B3n-de-las-valoraciones/protecci%C3%B3n-de-ocupantes-adultos/impacto-frontal-completo/>

El impacto frontal completo tiene lugar a 64 km/h, prueba los vehículos contra una barrera rígida con una superposición total y a una velocidad de 50 km/h.<sup>5</sup>

En los últimos años, las estructuras de los vehículos son más rígidas; esto ha contribuido a reducir las lesiones en la cabeza y la parte baja de las piernas, ya que es menos probable que el compartimento de los acompañantes se contraiga.

Sin embargo, una mayor rigidez estructural también es sinónimo de una mayor desaceleración del compartimento, lo cual debe abordarse junto con los sistemas de sujeción de los asientos delanteros y traseros durante la colisión<sup>6</sup>.

2.1.2 Impacto frontal superposición parcial. En la prueba a gran escala, el vehículo circula a 64 km/h con un 40% de superposición en una barrera deformable que

---

<sup>5</sup> EURONCAP. Impacto frontal completo. [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.euroncap.com/es/seguridad-en-los-veh%C3%ADculos/descripci%C3%B3n-de-las-valoraciones/protecci%C3%B3n-de-ocupantes-adultos/impacto-frontal-completo/>

<sup>6</sup> EURONCAP. Impacto frontal solape parcial. [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.euroncap.com/es/seguridad-en-los-veh%C3%ADculos/descripci%C3%B3n-de-las-valoraciones/protecci%C3%B3n-de-ocupantes-adultos/impacto-frontal-completo/>

representa al vehículo que se aproxima. La prueba reproduce una colisión entre dos vehículos del mismo peso que circulan a una velocidad de 50 km/h.

En esta colisión, se prueba la estructura del vehículo. Una disposición estructural limitada puede exponer a los ocupantes a un mayor número de intrusiones.

Hay que dirigir eficazmente las fuerzas de colisión a aquellas partes del vehículo en las que la energía se absorba de forma eficaz y segura. En este caso, reducir la superficie del choque tiene 2 consecuencias: la estructura del vehículo soporta mucha más tensión y el motor absorbe menos energía liberada.

Figura 5. Impacto frontal superposición parcial



Fuente: Euroncap. Impacto frontal solape parcial. [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.euroncap.com/es/seguridad-en-los-veh%C3%ADculos/descripci%C3%B3n-de-las-valoraciones/protecci%C3%B3n-de-ocupantes-adultos/impacto-frontal-completo/>

En ambos casos, se estudia de manera conjunta con todos los demás resultados de la colisión la retención del vidrio panorámico bajo la condición de la activación del sistema airbag durante el choque, con esto, se establecen los parámetros para llevar a cabo este tipo de simulaciones que resultan ser costosas ya que solo en la mayoría de colisiones efectuadas para la retención del vidrio solo se requiere la activación del sistema airbag, condición que ha resultado en procesos costosos y poco eficientes ya que CESVI COLOMBIA no cuenta con un equipo para llevar a cabo estas pruebas de forma rápida y efectiva para determinar en esencia la retención de los panorámicos por medio de los uretanos.

### 3. CONCEPTUALIZACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN

En este capítulo se describe la conceptualización, requerimientos funcionales y los parámetros que se aplicarán al diseño del dispositivo, en sus condiciones de operación.

#### 3.1 CONCEPTUALIZACIÓN

3.1.1 Choque frontal. El proceso de impacto llevado a cabo en los vehículos, bajo la figura del choque frontal, se ha empleado en análisis de diversos factores, permitiendo analizar un amplio rango de comportamientos propios de los vehículos durante un choque, creando un precedente en los aspectos más relevantes asociados al comportamiento del vehículo y sus sistemas de seguridad en una colisión.

La activación del sistema airbag, es un subproducto del resultado de la implementación de los choques frontales en los vehículos, lo cual en su mayoría permite determinar condiciones asociadas tanto a la activación propia del dispositivo, como a su rendimiento en aspectos de seguridad dentro del automóvil.

Se le denomina subproducto, debido a que durante el proceso de la colisión de un vehículo estándar contra los muros de contención indeformables empleados para estas pruebas, no solo se analizan factores asociados al desempeño de la bolsa o el sistema, sino que por el contrario, entran en juego los diferentes análisis de cada uno de las partes que componen la estructura del vehículo, así como de repuestos, costos asociados a reparabilidad y la ingeniería propia de su resistencia, adherencia entre otros factores; con lo cual se puede establecer de una manera certera el comportamiento de dichas variables durante un choque.

Al realizarse una colisión frontal, el vehículo experimenta una desaceleración lo suficientemente baja, permitiendo el accionamiento inmediato del sistema airbag y su posterior despliegue contra el vidrio panorámico, que en algunos casos actúa, permitiendo crear en conjunto con la bolsa un método confiable para reducir lesiones significativas en los ocupantes de un vehículo.

En determinados vehículos, debido a su configuración y disposición del sistema airbag, la bolsa correspondiente a la sección del pasajero choca directamente contra el vidrio panorámico de forma perpendicular al mismo, lo cual origina en una aplicación de fuerza directa contra el vidrio, creando la necesidad de ser sujeto de estudio, debido a su implicación conjunta entre bolsa y vidrio como elemento de seguridad propio del vehículo.

3.1.2 Sistema Airbag. El dispositivo de seguridad conocido como bolsa airbag, se encuentra incorporado a la consola de instrumentos, en la sección del pasajero.

La bolsa de aire o airbag como se conoce comercialmente, es un dispositivo de seguridad empleado en los vehículos con el fin de suministrar protección de forma segura a los ocupantes, cuando es inminente el choque, amortiguando la desaceleración que sufren los ocupantes del auto. La bolsa de aire consta de un sistema compuesto por tres elementos, los cuales son: sensores, modulo del computador interno del sistema independiente electrónico del airbag y la bolsa de aire, figura 6.

Figura 6. Modulo sistema Airbag



Fuente: Modulo De Control De Airbag. [Sitio web]. [Consultado:28 noviembre de 2018]. Disponible en: [https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-489648901-modulo-de-control-de-airbag-renault-clio-2-7700428310c-usado-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-489648901-modulo-de-control-de-airbag-renault-clio-2-7700428310c-usado-_JM)

El sistema funciona al identificar, por medio de los sensores, una desaceleración del vehículo, a aceleraciones previamente establecidas por cada fabricante para su activación, permitiendo la activación del sistema airbag antes de que el vehículo se detenga; ocasionando que, al identificarse dicha señal, el módulo de la bolsa emita otra señal en milisegundos, validando la orden de activación al componente de la bolsa airbag para su despliegue.

Inmediatamente se genera una reacción química que al oxidarse producto de la combustión de sus gases que la componen, genera un volumen de aire lo

suficientemente rápida que incluso, al momento de que el vehículo toca la superficie a cualquier velocidad al momento de colisionar, la bolsa ya está inflada y en consecuencia ya se encuentra totalmente desplegada, incluso mucho antes de que el pasajero sufra la desaceleración producto de la colisión; es allí en ese momento donde la bolsa de aire se dirige inmediatamente contra el vidrio panorámico desplegándose por completo, figura 7.

Figura 7. Impacto airbag contra panorámico



Fuente: Automóviles Colombia. Guía de utilidad de los elementos de seguridad, ¿Para qué sirven? [Sitio web]. [Consultado:28 noviembre de 2018]. Disponible en: [https://automovilescolombia.com/noticias/guia-utilidad-elementos-de-seguridad-abs-airbag-esc\\_346](https://automovilescolombia.com/noticias/guia-utilidad-elementos-de-seguridad-abs-airbag-esc_346)

Al generarse la activación del sistema Airbag y dependiendo de variables tales como la calidad del vidrio, el nivel de laminado, la cercanía de la bolsa sin desplegarse en la consola del vehículo.

La fuerza a la cual es desplegada la bolsa cuando sale del habitáculo que la mantiene, puede generar condiciones en las cuales el vidrio puede estar sometido a una carga significativa de fuerza que genere su eyección, su fractura e incluso puede suceder que no se genere mayores afectaciones al vidrio panorámico del vehículo.

Estas condiciones en conjunto, son el motivo principal y exclusivo de la prueba de retención del vidrio panorámico, con lo cual el centro de Investigación CESVI



COLOMBIA desea llevar a cabo sus pruebas para determinar la capacidad de determinados uretanos de mantener el vidrio en su lugar dentro del habitáculo propio del vehículo, sin generar un posible desprendimiento del mismo al ser sometido a la fuerza de una bolsa airbag, condición que determinaría una falla o éxito del uretano empleado para esta labor de seguridad en el vehículo.

3.1.3 Uretanos. Son un tipo de pegantes de alta resistencia para la adhesión de los vidrios panorámicos a la estructura del vehículo brindando una sujeción segura y permanente del vidrio panorámico a reemplazar y/o instalar.

Estos adhesivos cumplen con los diferentes requerimientos funcionales y normativos que exige la comunidad internacional automotriz para llevar a cabo el proceso de montaje de los panorámicos sin riesgo alguno de desprendimiento del mismo en condiciones normales de operación del vehículo.

Figura 8. Uretano automotriz



Fuente: 3M COLOMBIA. Guía de Uretanos. [Sitio web]. [Consultado:28 noviembre de 2018]. Disponible en: [https://www.3m.com.co/3M/es\\_CO/inicio/todos-los-productos-3m/~/3M-Adhesivo-Sellador-de-Uretano-R%C3%A1pido-Curado/?N=5002385+3293242010&rt=rud](https://www.3m.com.co/3M/es_CO/inicio/todos-los-productos-3m/~/3M-Adhesivo-Sellador-de-Uretano-R%C3%A1pido-Curado/?N=5002385+3293242010&rt=rud)

Los uretanos empleados para llevar a cabo el proceso de montaje de los vidrios panorámico son utilizados ampliamente en la industria automotriz para ser un medio de aislamiento seguro entre el vidrio y la superficie de contacto de la carrocería a la cual va a ser sujetado el vidrio, brindando en el intermedio de estas dos partes, un aislamiento seguro para evitar filtraciones de agua generadas al exponer al vehículo a condiciones de humedad significativas tales como lluvia o a la aplicación directa de agua hacia el vehículo en la sección del vidrio panorámico.

### 3.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Teniendo en cuenta lo anterior, esta máquina;

- > Debe tener una estructura en conjunto con el dispositivo, que no exceda la longitud de 60 cm de largo como tampoco la medida de 1,10 cm de altura, para ingresar de manera óptima al interior del vehículo
- > Requiere que el dispositivo sea liviano y fácil de maniobrar al interior del vehículo para su posterior utilización y fijación
- > Debido a que se utilizará en un modelo de vehículo especificado, las dimensiones y disposiciones estructurales concernientes al ángulo de inclinación del dispositivo deben ser fijas para ejecutar la fuerza requerida
- > No requiere una velocidad específica de impacto en la salida del sistema de impacto ya que se desea exclusivamente la ejecución de la fuerza solicitada
- > No debe exceder la cantidad de personas a cargo de la activación del dispositivo correspondiente a una persona
- > En su estructura y elementos de fijación, deberá ser diseñada únicamente con base a los materiales y artículos disponibles en el inventario de la compañía
- > En el extremo del sistema que golpeará contra el vidrio panorámico, deberá llevar un elastómero y una placa de apoyo determinados por la compañía en el cabezal de impacto con un diámetro de 400 mm
- > Debe llevar en la base del elastómero suministrado, una placa circular que será suministrada con el tipo, dimensiones, y material que la empresa considere adecuado para la aplicación
- > Debido a la geometría y complejidad del cabezal de impacto, la empresa no requiere el diseño del cabezal de impacto, solo una verificación del espesor de una placa suministrada por medio de una simulación

### 3.3 PARAMETRIZACIÓN

3.3.1 Aplicabilidad de la FMVSS212 en el diseño. La Norma Federal de Seguridad para Vehículos Automotores (FMVSS, por sus siglas en inglés) creada en Estados Unidos por la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA, por sus siglas en inglés), es el único estándar que evalúa y establece los requisitos de la retención del vidrio panorámico en caso de un accidente.

Las pruebas de choque frontal basadas en la FMVSS 212 se realizan a 30 mph (48 km / h) bajo condiciones excepcionales que debe cumplir el automotor antes de la realización de la prueba, y concluyen con el choque del vehículo contra una barrera indeformable de hormigón.

Los automóviles equipados con bolsas de aire del lado del pasajero, como mínimo, deben retener el 50% de la periferia del parabrisas, a cada lado de la línea central longitudinal del vehículo. Los vehículos que no están equipados con bolsas de aire del lado del pasajero, deben retener el 75% de la periferia total del parabrisas.

Sin embargo, y a solicitud del cliente CESVI COLOMBIA, la especificación y el uso de esta norma en el desarrollo de este dispositivo tiene como único fin establecer exclusivamente que el dispositivo simulará en condición estática del vehículo (Estacionado y sin colisión), ÚNICAMENTE la fuerza de impacto ejercida por la activación del Airbag contra el vidrio panorámico.

Esto, con el fin de que CESVI COLOMBIA determine en un futuro, el porcentaje de retención de los vidrios panorámicos en vehículos equipados o no con sistema airbag.

Por esta razón, solo se tomará en cuenta total o parcialmente esta norma en futuras investigaciones en lo concerniente a análisis técnicos de retención de vidrios panorámicos, calidad de adhesivos, uretanos, entre otros, los cuales llevará a cabo CESVI COLOMBIA para sus investigaciones y experimentaciones internas.

3.3.2 Implicación de curvatura del vidrio panorámico. No se requiere tener en cuenta la curvatura del vidrio panorámico en el diseño del dispositivo, esto debido a que se asumirá un área de impacto contra el vidrio panorámico, ya que el horizonte del proyecto será finalmente, probar mediante el impacto contra el vidrio panorámico, las capacidades de retención de los uretanos y demás productos exclusivamente asociados a la retención del vidrio panorámico por la acción del sistema airbag contra el mismo.

3.3.3 Diseño del cabezal de impacto. El cabezal de impacto será suministrado por la compañía, para cumplir con el objetivo del proyecto, que finalmente es impactar contra el panorámico el cabezal de impacto desde el interior del vehículo, simulando la acción de la bolsa airbag completamente expandida contra el vidrio.

Mediante este tipo de pruebas y/o impactos contra el vidrio panorámico, se desea evaluar la retención del vidrio por medio de una variedad de uretanos disponibles en el mercado. Cabe resaltar que estas pruebas serán llevadas a cabo por la compañía en un futuro para cumplir con el horizonte del proyecto.

3.3.4 Área de ejecución de la prueba. Por solicitud expresa del cliente CESVI COLOMBIA, solamente se realizará la prueba en el área del habitáculo del copiloto,

esto debido a que es la única región del panorámico que será impactada por la bolsa de aire, a consecuencia de su despliegue.

El área correspondiente al habitáculo del conductor se ignora, debido a que el sistema airbag se desprende exclusivamente del sistema de bocina del vehículo, región que se encuentra fuera del alcance del vidrio panorámico durante un despliegue de la bolsa.

3.3.5 Limitación del uso del dispositivo. CESVI COLOMBIA limita y aplicará el uso de este dispositivo exclusivamente para vehículos, en los cuales el dispositivo airbag se encuentre ubicado en el área de la base del panel que sostiene el vidrio panorámico en la zona del copiloto, ya que, debido a esta condición, es la única forma en la cual la bolsa de aire impactará el vidrio.

Esto, debido a que en algunos vehículos la configuración y disposición del sistema airbag no permite el contacto de la bolsa de aire en la zona del copiloto contra el vidrio panorámico.

Dicha limitación de contacto contra el vidrio panorámico se debe a nuevos diseños de los sistemas de protección pasiva para los ocupantes de los vehículos, por lo cual en vehículos modernos es poca o nula el área de contacto de la bolsa de aire contra el panorámico.

Así mismo, el diseño de la estructura de este dispositivo estará elaborado exclusivamente para un SUV de la Marca Chery, línea Tiggo; sin embargo, el actuador y cabezal principal, estarán disponibles para su adaptación en diferentes estructuras que puedan cubrir todos los diferentes tipos de vehículos requeridos para futuros proyectos, investigaciones y/o experimentaciones por parte de CESVI COLOMBIA para el mismo fin.

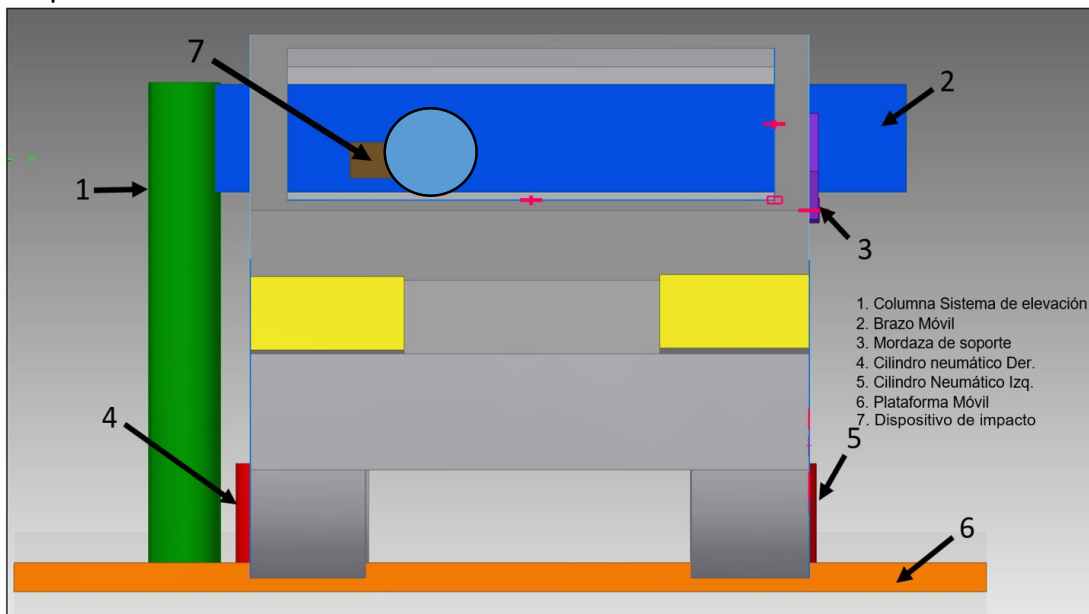
## 4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

### 4.1 ALTERNATIVAS

Mediante la evaluación de alternativas, se desea determinar cuál es la opción más viable para realizar la prueba, a continuación, se presentan las siguientes alternativas;

4.1.1 Alternativa A. Consta de una estructura, junto a una plataforma móvil que se ubicará debajo del vehículo, donde posteriormente se asegurará por medio de un sistema de cilindros neumáticos a cada lado de la carrocería. Dicha plataforma estará compuesta por una columna en donde ira el sistema de elevación del dispositivo, la cual llevará un brazo móvil que traerá consigo el dispositivo junto con el elastómero para realizar la prueba únicamente en la sección del copiloto.

Esquema 1. Alternativa A

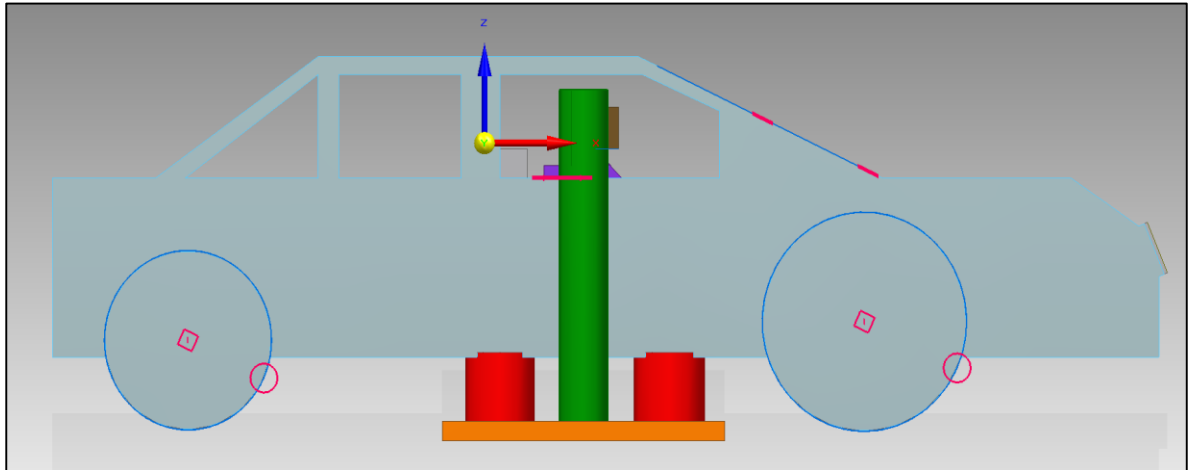


“Fuente: Elaboración propia”

En la vista lateral, mostrada en el esquema 2, se puede observar los cilindros neumáticos, ilustrados en color rojo, de manera conjunta sobre la plataforma móvil, permitiendo crear un agarre del dispositivo para pruebas, al vehículo de forma estable a ambos extremos.

Asi mismo, se observa el sistema de elevación del dispositivo, ubicado e ingresado justo por la ventana; al ser ingresado en su totalidad, se apoyará al otro extremo con una mordaza de soporte adecuada para tal fin, sobre el paral de la puerta de la ventana del conductor, ilustrado en detalle, en color morado en el esquema anterior.

Esquema 2. Vista lateral

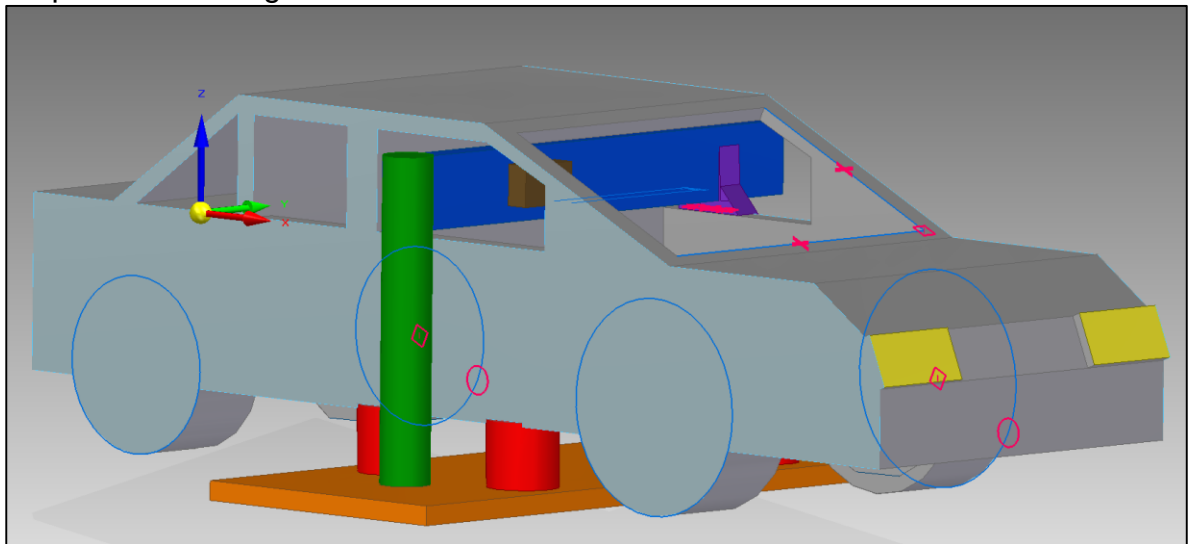


“Fuente: Elaboración propia”

Una vez dentro, ingresando por la ventana, el brazo móvil se asegurará al extremo del vehículo por medio de un sistema tipo mordaza como soporte en la ventana por medio del paral, lo que permitirá realizar un ajuste del dispositivo.

El dispositivo, así como la estructura del mismo deberá cumplir con un conjunto de requerimientos de diseño, entre los cuales se establece que el brazo móvil debe ser liviano, a su vez que debe tener un nivel de complejidad medio en sus componentes, para llevar a cabo futuras labores de mantenimiento de forma sencilla; como requisito funcional, se garantiza la ejecución de la fuerza de forma directa contra el vidrio panorámico, exclusivamente desde la sección del pasajero.

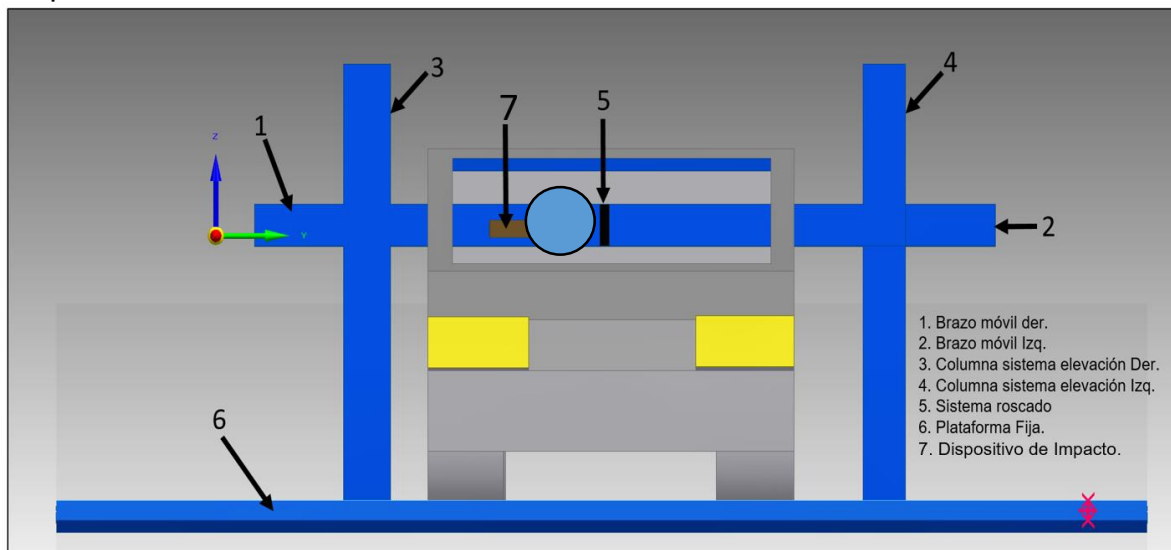
Esquema 3. Vista general



“Fuente: Elaboración propia”

4.1.2 Alternativa B. Consta de una estructura, la cual por medio de una plataforma fija en la cual el vehículo deberá montarse, tendrá un sistema de brazos móviles independientes que estarán incorporados a dos columnas de elevación a cada lado del vehículo, las cuales funcionarán como un sistema de elevación mecánica del dispositivo.

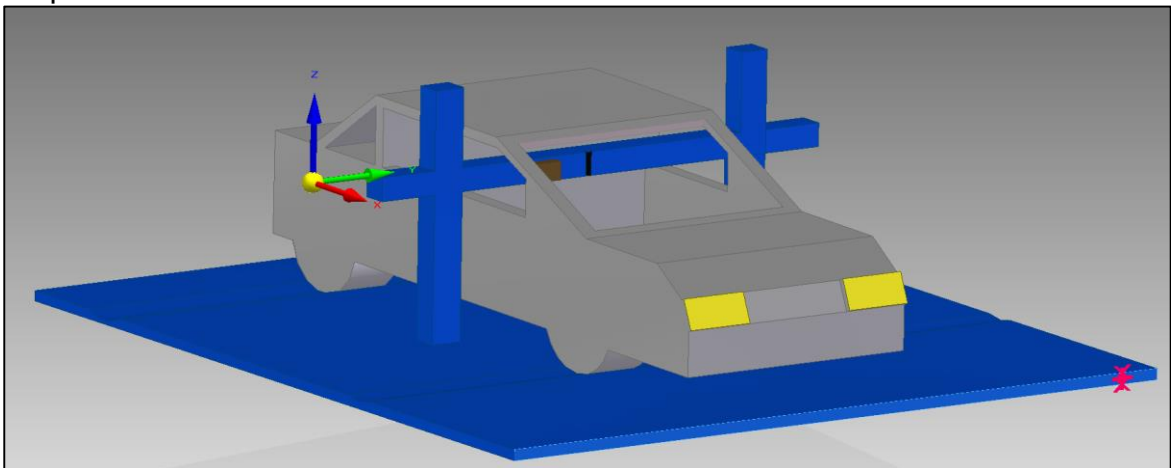
Esquema 4. Alternativa B



“Fuente: Elaboración propia”

Mediante un sistema de guiado lineal, los brazos móviles ingresarán al interior del vehículo, a través de las ventanas delanteras respectivamente; luego de esto los dos brazos móviles se asegurarán en el interior del vehículo justo en la mitad por medio de un sistema de fijación, lo cual permitirá poner en operación el dispositivo de impacto que se encuentra únicamente en la sección del copiloto del brazo móvil.

Esquema 5. Vista General

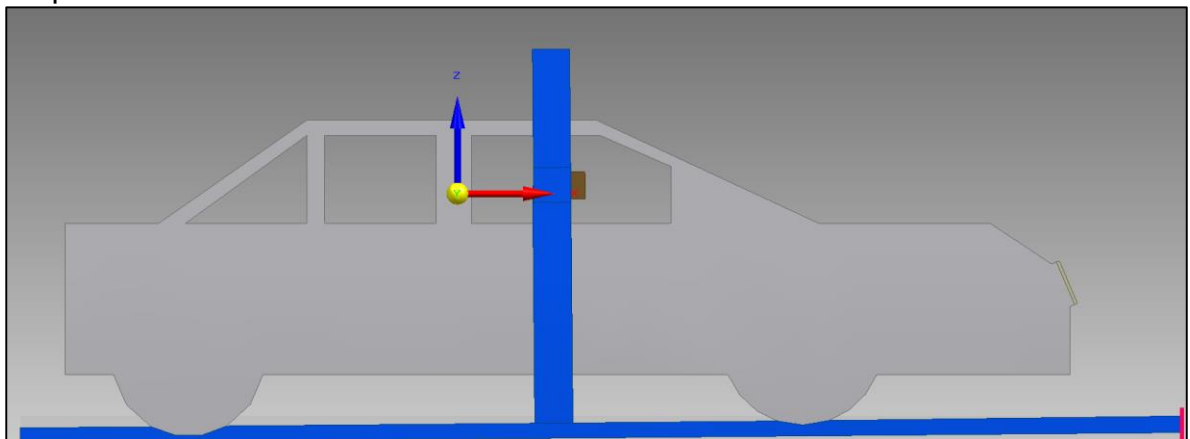


“Fuente: Elaboración propia”

El sistema funciona de forma similar a la alternativa descrita anteriormente, con la diferencia que el sistema de elevación es doble, al igual que los brazos móviles que se desplazan sobre cada columna de elevación, ingresando de manera óptima al interior del vehículo

El diseño del dispositivo, así como el de la estructura, garantizará un tiempo de posicionamiento y elevación determinado durante la ejecución de las pruebas; así mismo se espera que, debido a su bajo nivel de complejidad, las labores de mantenimiento sean sencillas, basadas en lubricación y en un sistema de reemplazo de los elementos de máquinas más críticos del sistema.

Esquema 6. Vista lateral



“Fuente: Elaboración propia”

4.1.3 Alternativa C. Consta de una estructura fijada al piso del vehículo, la cual, luego de haberse retirado la silla del copiloto, se ubicará sobre los puntos de anclaje de la silla del pasajero, fijando la estructura que llevará incorporado el dispositivo de impacto a determinado ángulo.

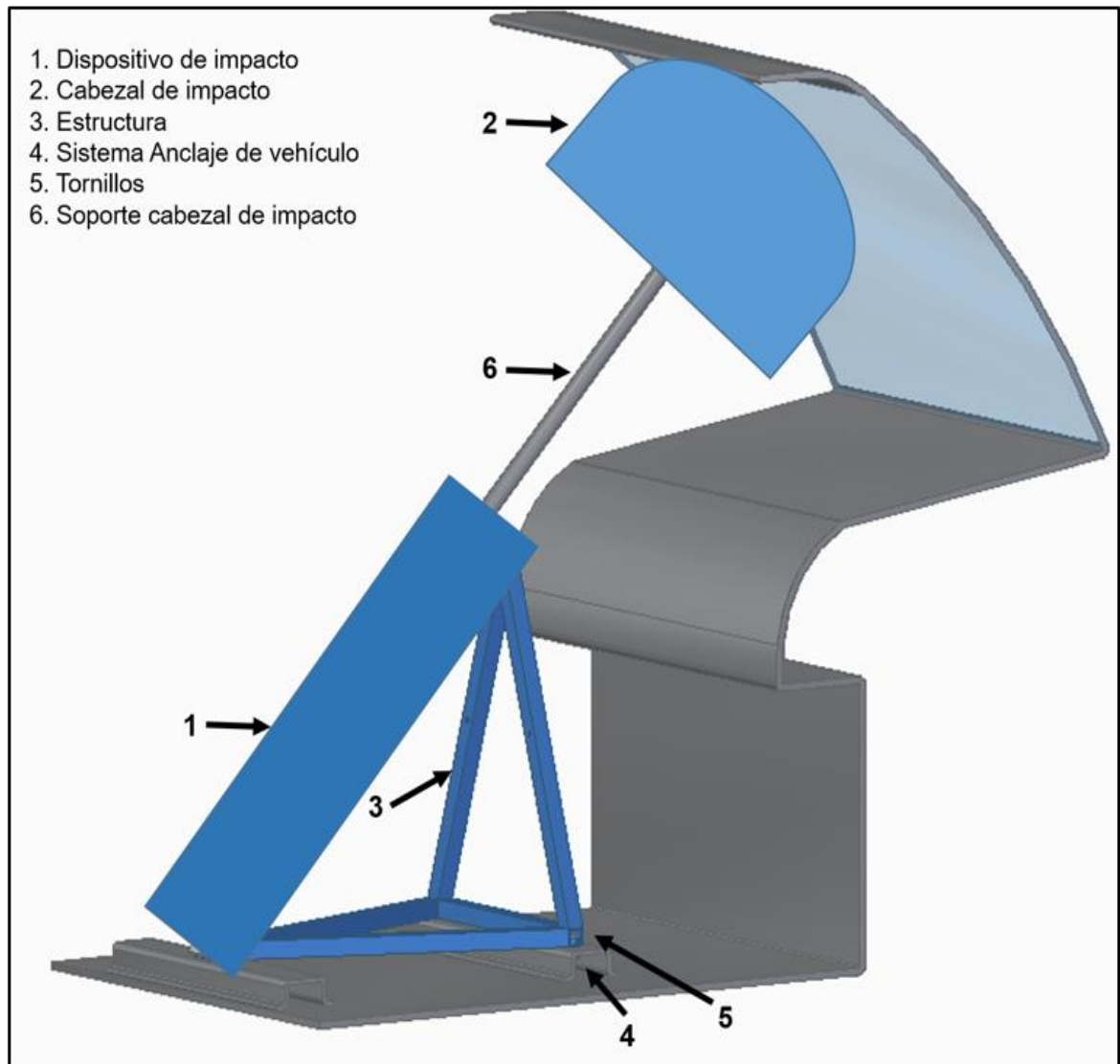
Al generarse la activación del dispositivo, este accionara un cabezal que impactara el vidrio panorámico gracias al soporte entre el dispositivo y el cabezal de impacto, generando la carga deseada.

El diseño de la estructura, así como la selección adecuada de pernos de fijación y perfiles de la estructura, garantizaran un dispositivo ligero y maniobrable para ingresar al interior del vehículo, conforme a los requerimientos de la prueba.

Así mismo se espera que debido a su fácil nivel de instalación en el vehículo y la baja complejidad de sus elementos que lo componen, permitan únicamente labores de mantenimiento básicas tales como limpieza de la estructura y revisión, tanto del cabezal como de los agujeros de los tornillos sobre la estructura, sin necesidad de realizar contrataciones de personal altamente calificado para realizar este tipo de operaciones.



Esquema 7. Alternativa C



“Fuente: Elaboración propia”

#### 4.2 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

Para evaluar y elegir la alternativa ideal, se realiza el método scoring, mediante el cual se determinan requerimientos básicos para el buen desempeño de la máquina, estos requerimientos son;

- > Facilidad en la instalación
- > Menor costo de fabricación

> Menores componentes mecánicos

> Seguridad en el montaje

Se asigna un puntaje de 1 a 5, el valor menor es 1 y el de mayor 5, en el cual la empresa calificara de manera adecuada la totalidad de requerimientos.

La empresa establece la facilidad en la instalación con una calificación de 3, ya que, aunque tiene demanda constante de vehículos para la prueba, la cantidad no es significativa a una escala que establezca este requerimiento como una prioridad.

La empresa establece el costo de fabricación con una importancia de 5, ya que desea los menores costos asociados al proceso de producción de componentes, así como del propio dispositivo.

La empresa establece una calificación en el requerimiento de menores componentes mecánicos con una calificación de 4, ya que se desea mayor simplicidad en el dispositivo, así como un sencillo plan de mantenimiento.

La empresa establece una calificación de 4 en el proceso de seguridad en el montaje, ya que desea llevar a cabo el procedimiento de manera segura.

Tabla 1. Matriz de Ponderación

CRITERIOS	Ponderación	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Facilidad en instalación	3	5	8	2
Menor costo de fabricación	5	3	4	8
Menores componentes mecánicos	4	6	3	7
Seguridad en el montaje.	2	7	8	7
<b>SCORE</b>	-----	68	72	<b>88</b>

Fuente: Elaboración propia”

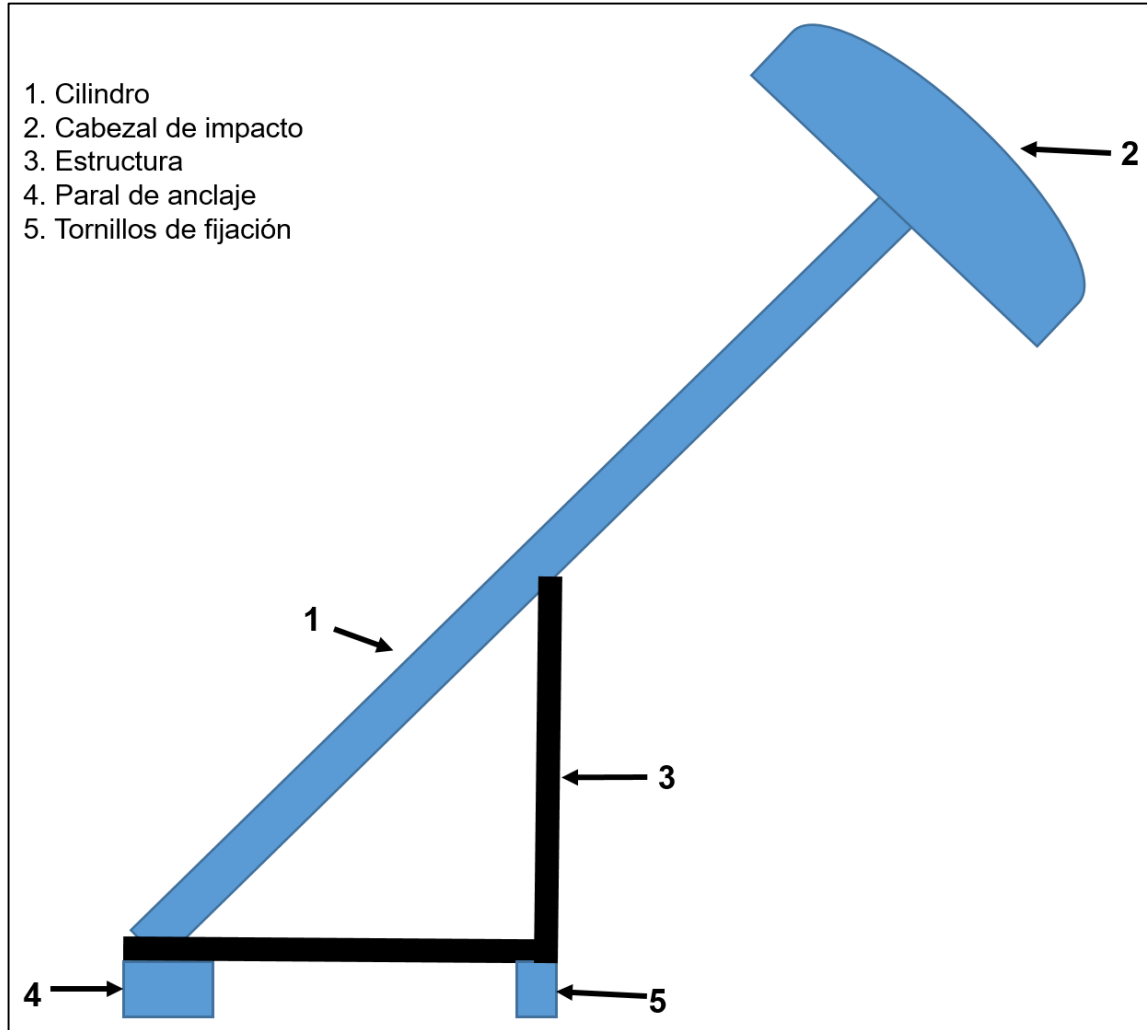
Con base a los resultados obtenidos en la matriz de ponderación, siguiendo los requerimientos esenciales del cliente, la alternativa elegida es la C con un total de 88 puntos.

#### 4.3 DISEÑO FUNCIONAL DEL DISPOSITIVO

El dispositivo a diseñar, consta en esencia de dos procesos de operación, los cuales son: el avance del cilindro en conjunto con el cabezal de impacto, hacia el vidrio panorámico y el retroceso del cabezal luego de haber realizado el impacto, cuando se considere necesario.

El avance del cabezal de impacto deberá realizarse a determinada fuerza y ángulo, para impactar contra vidrio panorámico de manera satisfactoria.

Esquema 8. Bosquejo dispositivo de impacto



“Fuente: Elaboración propia”

El esquema 8, muestra de forma esquemática, la estructura y el elemento de impacto, con cada uno de sus componentes y su distribución, en la cual funcionarían como todo un dispositivo para pruebas, contra el vidrio panorámico.

## 5. DISEÑO DETALLADO

A continuación, se detalla el diseño del dispositivo, tanto de sus partes a fabricar como la selección de elementos y dispositivos propios de la máquina, teniendo en cuenta lo referente a materiales, dimensiones y funcionamiento, para satisfacer los parámetros de operación.

### 5.1 ANTECEDENTES

Durante el proceso de investigación para la obtención de la fuerza ejercida por el sistema airbag contra el vidrio panorámico se realizaron reuniones con personal de las principales proveedoras de productos para empresas del sector automotriz, tales como 3M Colombia, Sika Colombia, Colmotores, Dupont, Saint Gobain Colombia, Vitro Colombia, incluso con el máximo referente en el segmento automotriz en los medios nacionales, José Clopatofsky.

A través de sus archivos, bases de datos, experiencia, información reservada, e inclusive, información obtenida a través de sus pares en otros países, suministraron información concerniente a la normatividad FMVSS 212 que rige actualmente el montaje de los vidrios panorámicos.

Sin embargo, no fue posible la obtención de una fuerza aproximada con la cual una bolsa airbag golpea contra un vidrio panorámico.

Por esta razón, a través de sugerencias de funcionarios de compañías ensambladoras y fabricantes de productos adhesivos para la industria automotriz, se sugirió tomar como referencia, una fuerza crítica que provoque un efecto contra el vidrio panorámico, similar al experimentado por la activación del sistema airbag.

Así las cosas, y por medio de este conjunto de sugerencias, se llegó a la conclusión que se determinaría para efectos del diseño del dispositivo, la fuerza crítica con la cual, un vidrio panorámico fallaría en un área específica; a través de una prueba de impacto. Es decir, se determinaría y tomaría una fuerza, a la cual fallaría un vidrio panorámico en un área determinada.

Sin embargo, luego de consultar con los principales fabricantes de vidrios panorámicos por medio de sus directores de laboratorio, ellos manifestaron que esa información no podía suministrarse debido a que esa información hace parte de la reserva y el secreto industrial de sus productos, inclusive se negaron a dar información aproximada acerca de la fuerza probable necesaria para hacer fallar un vidrio panorámico.

En consecuencia, luego de realizar averiguaciones con el área técnica de la empresa, CESVI COLOMBIA solicita y autoriza, realizar el análisis de fuerzas necesario para el diseño del dispositivo, asumiendo el dato numérico de fuerza

2.500 Newton como valor de referencia respecto a la fuerza ejercida por el airbag contra el vidrio panorámico, sin aplicar y/o tomar valor alguno de velocidad de referencia que simule la salida del airbag.

La anterior condición, obedece a que se requiere exclusivamente simular la fuerza, permitiendo en un futuro realizar en CESVI COLOMBIA de manera experimental, el análisis de uretanos, adhesivos, habitáculos y todas aquellas investigaciones derivadas en el uso del dispositivo diseñado.

## 5.2 CÁLCULO FUERZA REQUERIDA

Para efectos de cálculo de diseño del dispositivo, CESVI COLOMBIA solicita y autoriza tomar la fuerza de 2.500 N como la fuerza ejercida por el sistema airbag, sin requerir una velocidad específica al momento de su activación contra el vidrio panorámico.

## 5.3 CÁLCULO SISTEMA NEUMÁTICO

Para el cálculo del sistema neumático, se utilizarán los nomogramas de neumática, con los que se determinaran los componentes que constituyen el sistema; así mismo, a partir de estos datos se obtendrá por catálogo los elementos solicitados.

5.3.1 Cilindro. Por medio de la fuerza correspondiente a 2.500 Newton, mediante el nomograma de prestaciones neumáticas, mostrado en la página 51, se escogen las características adecuadas del cilindro a seleccionar.

Como resultado, con la fuerza de 2.500 Newton, se selecciona un pistón de 80 mm de diámetro de embolo, vástago de 25 mm y una carrera máxima de 900 mm; sin embargo y para efectos de diseño del dispositivo se tendrá en cuenta una carrera máxima de 500 mm.

Para obtener el área de avance del cilindro neumático, es necesario aplicar la siguiente formula, obtenida del libro de Neumática e Hidráulica de Antonio Creus.

Donde;

$A_{AV}$ = Área de avance

D= Diámetro del embolo

$$A_{AV} = \pi * \frac{D^2}{4}$$

$$A_{AV} = \pi * \frac{(80\text{mm})^2}{4}$$

$$A_{AV} = 5.026,5482\text{mm}^2$$

Convirtiendo, tenemos;

$$A_{AV} = \left( 5.026,5482\text{mm}^2 * \frac{1\text{m}^2}{1.000.0002 \text{mm}^2} \right)$$

$$A_{AV} = 5,026 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

La presión de operación del dispositivo neumático, debe ser regulada a una presión de operación determinada para ejecutar satisfactoriamente la fuerza de 2.500N.

Para llevar a cabo el análisis del sistema neumático, se debe tener en cuenta la constante de eficiencia del cilindro (0,95), la cual, al ser incluida en los cálculos, toma las diferentes consideraciones respecto al margen de pérdidas y eficiencia propia del circuito neumático, permitiendo llevar a cabo un cálculo adecuado, conforme se requiere para la aplicación deseada.

Para lograr una fuerza efectiva de 2.500 Newton, es necesario aplicar la siguiente formula;

Donde;

P=Presión a regular

F=Fuerza

A=Área del embolo

n= constante de eficiencia del cilindro neumático (0,95)

$$P = \frac{F}{A * n}$$

$$P = \frac{2.500\text{N}}{5,026 \times 10^{-3} \text{m}^2 (0,95)}$$

$$P = 523.593,105\text{Pa}$$

Llevando a cabo la conversión de unidades, se obtiene;

$$P = \left( 523.593,105\text{Pa} * \frac{1\text{Bar}}{100.000\text{Pa}} \right)$$

$$P = 5,23 \text{ Bar}$$

5.3.1.1 Verificación de pandeo del cilindro. Debido a la pequeña cantidad de fuerza que va a ser generada por el cilindro, basta con realizar una verificación de pandeo del cilindro como medio principal para determinar la posible falla del mismo.

Adicionalmente, es importante mencionar que el cilindro seleccionado por medio de los esquemas de tabulación suministrados por el fabricante, establece que el cilindro a emplear, para generar los 2.500N de fuerza, está diseñado para tener una carrera máxima de 900 mm.

Lo descrito en el párrafo anterior, es absolutamente favorable en términos de longitud de trabajo del vástago, ya que son únicamente 500 mm de carrera los utilizados para esta aplicación, quedando el otro 50% del vástago disponible.

Con esto, se puede obtener un menor nivel de trabajo en el cilindro seleccionado, aumentando la resistencia disponible para llevar a cabo el trabajo requerido para la aplicación; ya que, dicho elemento, está diseñado para trabajar bajo condiciones severas de operación a una longitud máxima de vástago de 900 mm.

Por tanto, en adición a los factores anteriormente expuestos, basta con hacer una verificación somera de condiciones del cilindro, por medio de la verificación por pandeo del mismo, garantizando de esta manera, confirmada por la industria, su garantía de resistencia para la aplicación deseada.

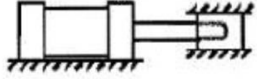
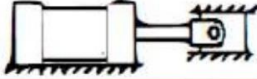

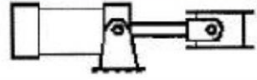
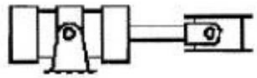

Para establecer un posible pandeo del cilindro, se empleará la fórmula de determinación de diámetro de vástago, la cual, es una medida límite para su diseño; esto con el fin de determinar el diámetro adecuado para la condición de operación a la cual será sometido.

El factor de pandeo a utilizar será el correspondiente al valor de  $N=2$ , el cual, corresponde a la condición en la que el cilindro se encuentra empotrado, ya que el desplazamiento del vástago se encuentra sin un guiado rígido.

Como se observa a continuación en la figura 9, el factor de pandeo depende de la condición a la cual se encuentre sometido tanto el vástago como el cilindro, en la aplicación deseada.

Gracias a su correcta determinación, se puede tomar dicho factor, para establecer un cálculo por pandeo, según las condiciones de entorno a las cuales se encuentre sometido.

Figura 9. Factores de pandeo

Tipos de montaje	Conexión del extremo del vástago	Tipo de conexión	Factor de pandeo
<b>Grupos 1 o 3</b> - Los cilindros de gran longitud de carrera deben montarse usando en un extremo una base rígida y alineada para soportar la fuerza principal y en el extremo opuesto un soporte parecido. Se aconseja un soporte intermedio para el caso de carreras muy largas	Fijo y guiado rígido	I 	0,5
	Pivote y guiado rígido	II 	0,7
	Soporte sin guiado rígido	III 	2
<b>Grupo 2</b>	Pivote y guiado rígido	IV 	1
	Pivote y guiado rígido	V 	1,5
	Pivote y guiado rígido	VI 	2

Fuente: Academia.edu.Cilindros neumáticos. [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en:  
[https://www.academia.edu/11708750/I.\\_Cilindros\\_Neum%C3%A1ticos](https://www.academia.edu/11708750/I._Cilindros_Neum%C3%A1ticos)

Por medio de la siguiente ecuación, se establece el diámetro del vástago mínimo requerido por medio del libro Fundamentos de Neumática de Nicolás Serrano, como se observa a continuación;

Donde;

F=Fuerza

N= Factor de pandeo

L=Longitud total del cilindro extendido

E= Modulo de elasticidad del acero

$\phi_v$  = Diámetro del vástago

$$\phi_v = \sqrt[4]{\frac{64 * F * N * L^2}{\pi^3 * E}}$$



$$\phi_v = \sqrt[4]{\frac{64 * 2.500N * 2.0 * (1m)^2}{\pi^3 * 210 \times 10^9 Pa}}$$

$$\phi_v = 0,014m$$

De esta manera, se establece que el diámetro de vástago obtenido, es menor al diámetro de vástago seleccionado por tablas en el esquema 5, el cual fue de 25 mm (0,03m) de diámetro de vástago, cumpliendo por exceso para la aplicación deseada.

5.3.2 Línea de Presión. La compañía cuenta actualmente con una línea de presión de 140 psi, equivalentes a 9,65 Bar, la cual suministra la presión necesaria para todos aquellos dispositivos y/o herramientas del taller de forma continua.

5.3.3 Sistema neumático del dispositivo. Para generar la activación del sistema para pruebas de retención del vidrio panorámico, es necesario generar el accionamiento por medio de un sistema neumático, tal y como se muestra en la figura 10.

Para cumplir con los 2.500 N de fuerza requeridos para la activación del sistema y posterior impacto contra el vidrio panorámico, es necesario conectarse al sistema de suministro de aire comprimido de la empresa, a través de la línea de suministro de aire, regulando la unidad de mantenimiento a una presión de 5,23 Bar.

Por medio de la unidad de mantenimiento, previamente conectada a la línea de suministro de aire comprimido de la empresa, el aire, se dirigirá por medio de un tubo flexible, hacia la válvula de corredera, la cual, a su vez, actúa como una válvula de seguridad o paro de emergencia del sistema.

Como sigue, el aire pasa a través de las conexiones en T, hacia sus respectivas posiciones en los diferentes juegos de válvulas.

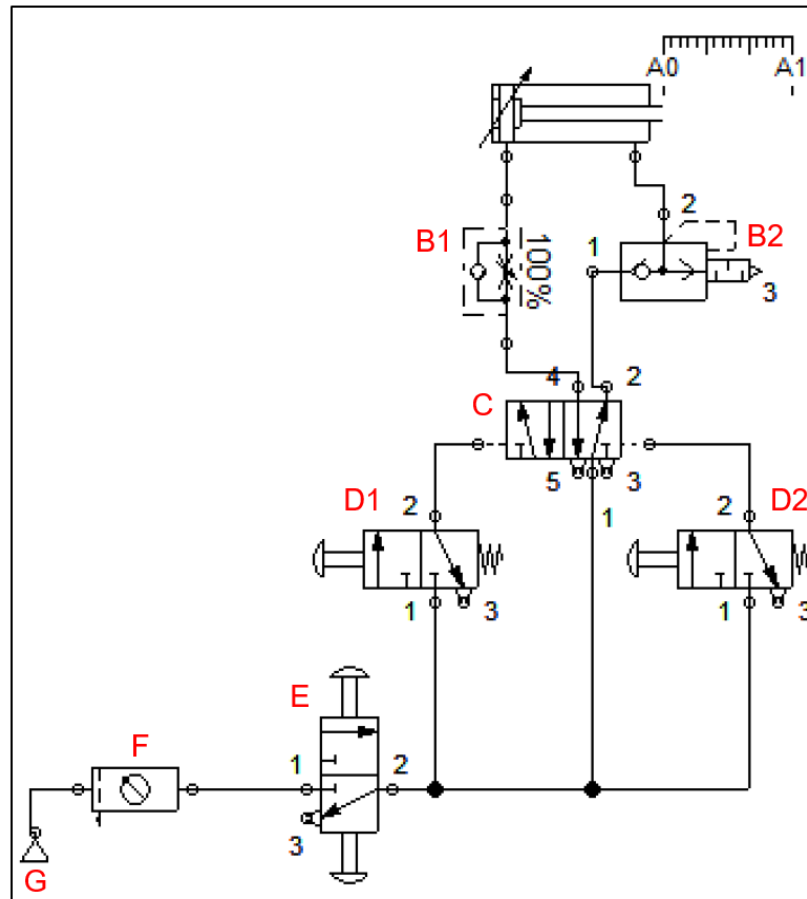
Al accionarse la válvula 3/2, también llamada D1 en la figura 10, el aire fluye a través de la misma, suministrando el paso del flujo hacia la válvula principal de distribución C, lo que a su vez genera el desplazamiento de la válvula a la posición de paso de flujo; con esto, se da vía libre al paso de aire suministrado a través de la unidad de mantenimiento, permitiendo su paso a través de la válvula de regulación B1, ocasionando la activación y salida del vástago hasta su recorrido final, al encontrarse el cilindro completamente extendido.

Gracias a la válvula de escape rápido B2 y la disposición de la válvula reguladora anti retorno B1, el actuador puede salir de forma inmediata, gracias al escape rápido del aire generado en la recámara del cilindro, el aire tiene una vía de escape inmediata al ambiente, generando una menor resistencia al cilindro durante su

desplazamiento, situación que sucede de igual manera al momento de retornar el vástago a su posición inicial.

Si el operador lo desea, puede provocar, por medio de la activación de la válvula D2 un retorno del vástago completamente hasta su posición inicial, permitiendo generar un retorno rápido del mismo tipo, facilitando los procesos y las pruebas requeridas para la prueba de retención de los vidrios panorámicos.

Figura 10. Diagrama neumático

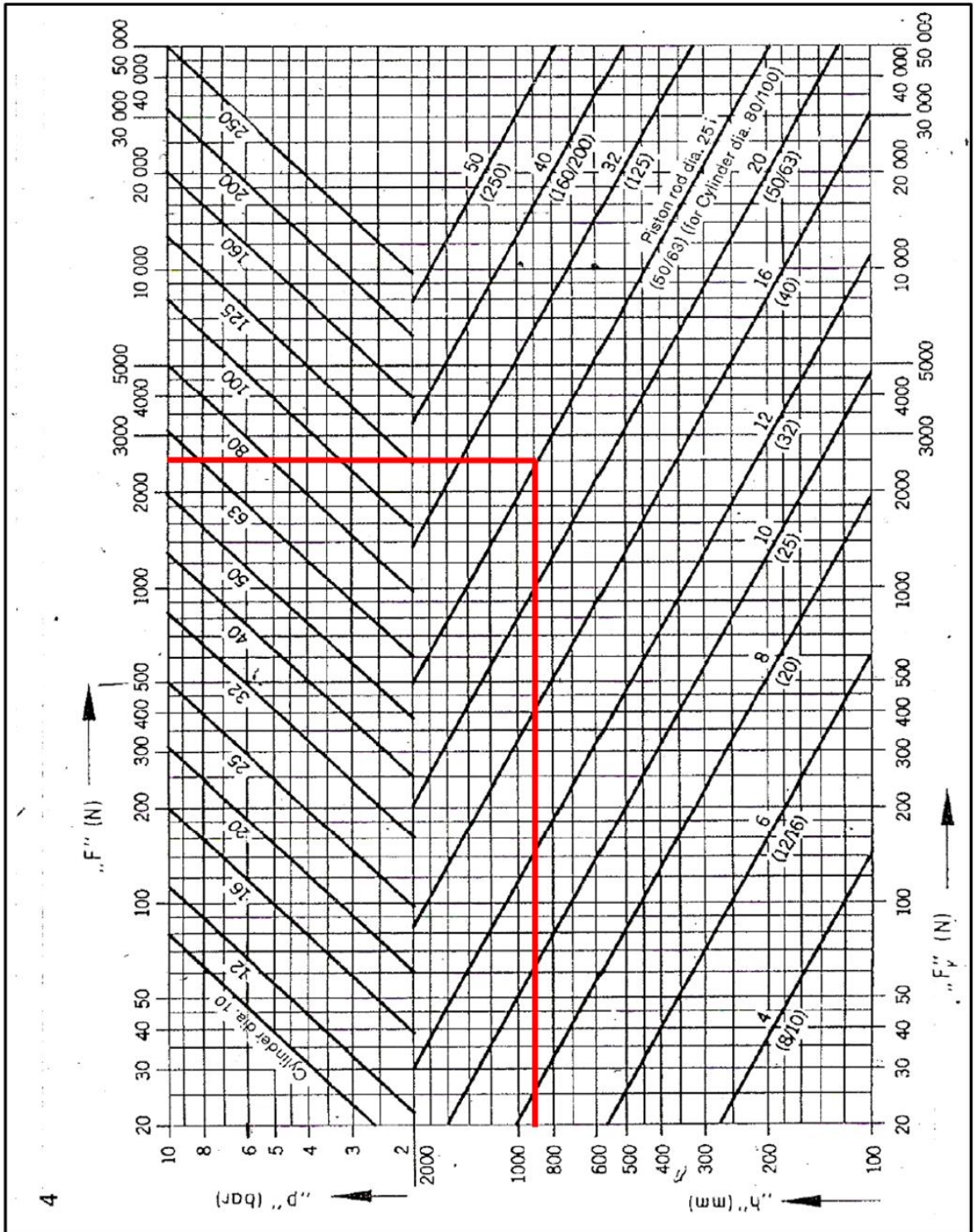


“Fuente: Elaboración propia”

5.3.4 Consumo específico de aire. El consumo específico de aire por unidad de longitud, se determinará por medio del nomograma, reflejado en el esquema 10, en donde al cruzar el valor correspondiente a la presión de operación de 5,23 Psi, con el valor correspondiente al diámetro del pistón, se obtiene un consumo específico por unidad de longitud de aire de 0,3 l/cm, lo que es, en su equivalente en el Sistema Internacional ( $0,3m^3/m$ ).

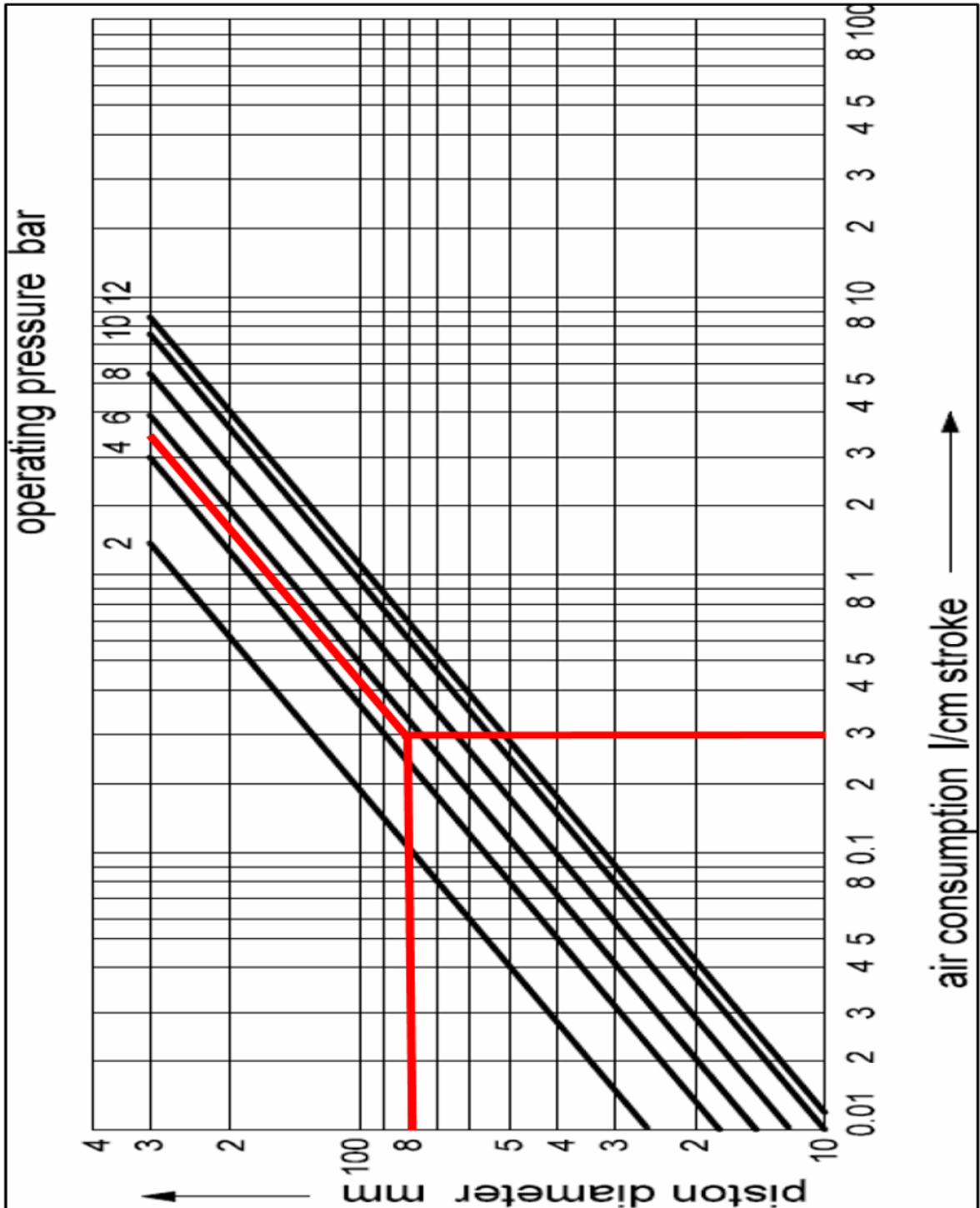
A continuación, se muestra el nomograma correspondiente al cálculo del actuador y consumo de aire;

Esquema 9. Prestaciones de los cilindros neumáticos



Fuente: MORALES, Miguel. Nomogramas de neumática. Bogotá, Colombia. Observación inédita, 2018.

Esquema 10. Consumo de aire



Fuente: MORALES, Miguel. Nomogramas de neumática. Bogotá, Colombia. Observación inédita, 2018.

5.3.5 Consumo de aire. El consumo de aire se calculará con base en la siguiente ecuación;

$$Q = C * K * W * Z$$

Donde;

Q= Consumo

C= Consumo específico por unidad de longitud

K= Carrera del cilindro

W= Ciclo por minuto

Z= Número de entradas y salidas de aire al cilindro por prueba

$$Q = 0,3 \frac{L}{cm} * 50 \text{ cm} * 1 \frac{\text{ciclo}}{\text{min}} * 2 \frac{\text{accion}}{\text{prueba}}$$

$$Q = 30L/min$$

Realizando la respectiva conversión de unidades, quedaría;

$$Q = \left( \frac{30L}{min} * \frac{1m^3}{1000L} * \frac{1min}{60 s} \right)$$

$$Q = 0,0005m^3/s$$

De esta manera se establece que, el consumo de aire será de  $0,0005m^3/s$ .

> Válvulas. Como sistema de control del dispositivo, se utilizará una válvula principal de accionamiento neumático biestable tipo 5/2. A su vez, se emplearán dos válvulas de accionamiento por pulsador monoestable y retroceso por muelle tipo 3/2

> Válvulas auxiliares. Se empleará una válvula auxiliar denominada Válvula de escape rápido, para permitir la salida del cilindro de forma más rápida y eficiente en el sistema; así mismo de manera conjunta se empleará una válvula estranguladora anti retorno

> Unidad de mantenimiento. Se empleará una unidad de mantenimiento conforme la línea de presión requiere, permitiendo realizar un trabajo conjunto con los elementos que componen el sistema neumático del dispositivo de forma adecuada

No se tendrá en cuenta el análisis de pérdidas en el sistema de tubería flexible debido a que, la longitud máxima, alcanzada en el conexionado entre elementos del sistema neumático en el dispositivo, no superan los 2 metros de longitud; a su vez la capacidad disponible de aire en el sistema de la línea de presión neumática<sup>7</sup> permite pérdidas despreciables en el sistema.

#### 5.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS, POR CATÁLOGO

Mediante una recopilación de información, adquirida anteriormente de las características y/o requerimientos de los elementos que componen el sistema neumático, se puede realizar la selección por catálogo de cada uno de ellos, permitiendo conocer comercialmente su tipo y referencia para su adquisición en el mercado local.

Su disponibilidad y aplicación, en el sistema neumático a emplear, dependen exclusivamente del diseño de la máquina, así como de los requerimientos de operación y suministro de la compañía.

5.4.1 Selección de Actuador. De acuerdo con el catálogo del proveedor de productos neumáticos FESTO, se determina por medio del diámetro del embolo, la presión de operación y el diámetro del embolo a emplear.

El cilindro normalizado DSBG 80-500 PPVVA-N3 como se observa en la imagen 1, cumple con el conjunto de características solicitadas para la aplicación.

Así mismo, este actuador posee amortiguación de tipo neumático, regulable a ambos lados, un vástago roscado y su respectivo conexionado de doble efecto.

Imagen 1. Especificaciones técnicas cilindros DSBG

Condiciones de funcionamiento y condiciones del entorno						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]					
Nota sobre el fluido de trabajo/mando	Admite aire comprimido lubricado (lo que requiere seguir utilizando aire lubricado)					
Presión de trabajo						
DSBG-...	[bar]	0,6 ... 12		0,4 ... 12		

Fuente: FESTO COLOMBIA; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_DSBG](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_DSBG)

<sup>7</sup> La presión de operación regulada del dispositivo son 5,23 Bar que corresponde a un 54,20% de la capacidad total de la línea de presión de la empresa que es de 9,65 Bar; adicionalmente, por política de la compañía, únicamente se autoriza la operación de un equipo neumático por prueba.

Imagen 2. Referencia cilindro DSBG

Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Con amortiguación PPV	
		Nº art.	Tipo
80	100	<b>1646775</b>	<b>DSBG-80-100-PPVA-N3</b>
	125	<b>1646776</b>	<b>DSBG-80-125-PPVA-N3</b>
	160	<b>1646777</b>	<b>DSBG-80-160-PPVA-N3</b>
	200	<b>1646778</b>	<b>DSBG-80-200-PPVA-N3</b>
	250	<b>1646779</b>	<b>DSBG-80-250-PPVA-N3</b>
	320	<b>1646780</b>	<b>DSBG-80-320-PPVA-N3</b>
	400	<b>1646781</b>	<b>DSBG-80-400-PPVA-N3</b>
	500	<b>1646782</b>	<b>DSBG-80-500-PPVA-N3</b>

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_DSBG](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_DSBG)

Imagen 3. Cilindro DSBG



Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_DSBG](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_DSBG)

5.4.2 Selección unidad de mantenimiento. Por medio del catálogo de productos de FESTO, se determina que la unidad de mantenimiento que incorpora filtro, regulador y lubricador, cumple con los requerimientos de conexionado neumático y presión de entrada para cumplir las expectativas de funcionamiento para el dispositivo.

De esta manera se escoge la siguiente referencia por catálogo como se ve en la imagen 4.

Imagen 4. Referencia unidad de mantenimiento

Referencias				
Margen de regulación de la presión: 0,5 ... 12 bar, botón giratorio con enclavamiento, placa				
Purga de condensado	Tamaño	Conexión	Grado de filtración 5 µm	
			Nº art.	Tipo
Con manómetro, escala exterior en bar, escala interior en psi				
Manual con giro	Mini	G <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	<b>162770</b>	<b>FRC-1/8-D-5M-MINI</b>
		G <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	<b>162771</b>	<b>FRC-1/4-D-5M-MINI</b>
		G <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	<b>162772</b>	<b>FRC-3/8-D-5M-MINI</b>

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_030100](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_030100)

Imagen 5. Unidad de mantenimiento



Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_030100](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_030100)

Así mismo, es necesario contar con un secador adicional para la unidad de mantenimiento, que trabaje de forma conjunta con la red neumática de la compañía para garantizar las condiciones de entrada de aire adecuadas para el dispositivo.

Seleccionando el tipo de secador ideal para la unidad de mantenimiento, se tiene;

Imagen 6. Secador

Tamaño	Cartucho de paso de caudal	Conexión	N° art.	Tipo
MS4	P10	G1/4	<b>543632</b>	<b>MS4-LDM1-1/4-P10</b>

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_030100](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_030100)

5.4.3 Selección mangueras. Para la selección del conexionado entre equipos, se emplea tubo flexible en material sintético (mangueras).

Para la operación del dispositivo, se tendrán longitudes no mayores a 2 metros de tubo flexible, entre la entrada y salida de los equipos neumáticos a conectar.

Es decir, las líneas de tubos flexibles entre equipos, tanto en la línea de salida como de entrada de cada equipo, por ejemplo; del actuador neumático a las válvulas y de las válvulas a la unidad de mantenimiento, no superaran los 2 metros de longitud.

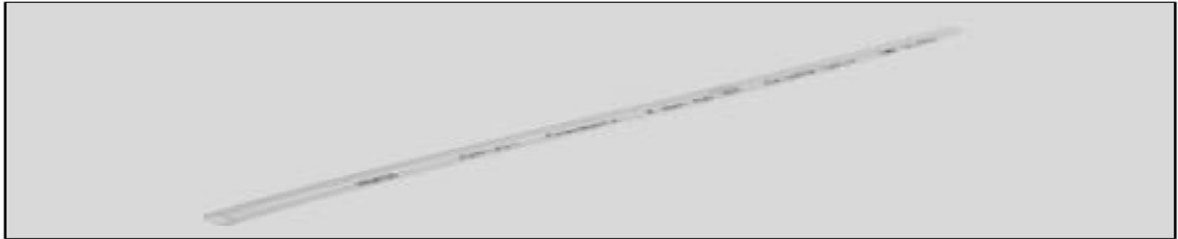
Imagen 7. Referencia tubo flexible

Dimensiones y referencias							
Díámetro exterior	Díámetro interior	Radio de curvatura mín.	Radio de curvatura relevante para el caudal	Peso	Color	N° art.	Tipo
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]			
3	2,3	10	30	0,0075	Natural	8061167	PFAN-3x0,5-NT
4	2,9	11	37	0,012		197061	PFAN-4x0,75-NT
6	4	12	50	0,034		197062	PFAN-6x1-NT
8	5,9	25	110	0,049		197063	PFAN-8x1,25-NT
10	7	22	140	0,087		197064	PFAN-10x1,5-NT
12	8,4	29	165	0,125		197065	PFAN-12x1,75-NT

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_07020](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_07020)



Imagen 8. Tubo Flexible



Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_070200](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_070200)

5.4.4 Láminas de fijación del actuador. Se selecciona por catálogo, el sistema de fijación por pies de FESTO, la referencia CRHNC-80, la cual es compatible con el actuador principal que se está empleando; así mismo su estructura y material de fabricación de acero, dará una alta resistencia, ideal para la aplicación que se está realizando.

Imagen 9. Referencia sistema de fijación

Para diámetro [mm]	Tipo básico				Gran protección contra la corrosión			
	CRC <sup>1)</sup>	Peso [g]	N° art.	Tipo <sup>2)</sup>	CRC <sup>1)</sup>	Peso [g]	N° art.	Tipo <sup>2)</sup>
32	2	144	<b>174369</b>	<b>HNC-32</b>	4	139	<b>176937</b>	<b>CRHNC-32</b>
40	2	193	<b>174370</b>	<b>HNC-40</b>	4	188	<b>176938</b>	<b>CRHNC-40</b>
50	2	353	<b>174371</b>	<b>HNC-50</b>	4	341	<b>176939</b>	<b>CRHNC-50</b>
63	2	436	<b>174372</b>	<b>HNC-63</b>	4	424	<b>176940</b>	<b>CRHNC-63</b>
80	2	829	<b>174373</b>	<b>HNC-80</b>	4	809	<b>176941</b>	<b>CRHNC-80</b>
100	2	1009	<b>174374</b>	<b>HNC-100</b>	4	990	<b>176942</b>	<b>CRHNC-100</b>

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_DSBG](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_DSBG)

Imagen 10. Sistema fijación



Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_DSBG](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_DSBG)

Imagen 11. Láminas de fijación



Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_DSBG](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_DSBG)

5.4.5 Selección conexiones en “T”. El conexionado de las líneas de presión hacia las válvulas se realizará por medio de una conexión en T.

Con esta, se desea consolidar el conjunto de conexiones en un punto.

La selección de esta conexión denominada, racor rápido en T, QST se llevará a cabo por medio de la siguiente selección por catálogo.

Imagen 12. Referencia racor rápido

Dimensiones y datos para efectuar los pedidos												
Para tubo de diámetro exterior D1	Diámetro nominal [mm]	Para tubo de diámetro exterior D2	D5 Ø	D6 Ø	B1	H1	H2	L1	L2	Peso/ unidad [g]	Nº de art.	Tipo
4	2,6	4	10	3,2	10,4	17,2	6,5	34,4	13	7,5	★ 153128	QST-4
											130802	QST-4-100
6	4	6	13	3,2	13,5	20,1	8	40,2	16	11	★ 153129	QST-6
											130803	QST-6-100
8	5	8	15	3,2	15,6	22,2	9	44,4	18	16	★ 153130	QST-8
											130804	QST-8-50
10	6,7	10	17,5	4,2	18,2	25,2	12	50,4	24	25	★ 153131	QST-10
											130805	QST-10-50
12	8,7	12	21	4,2	21,7	28,4	14	56,8	28	36	★ 153132	QST-12
											130806	QST-12-20
16	10,7	16	25	4,2	25,6	33,1	12	66,2	24	44	★ 153133	QST-16

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_QST](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_QST)

Imagen 13. Racor tipo T



Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_QST](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_QST)

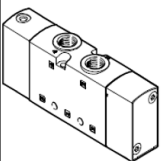
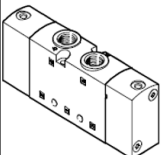
5.4.6 Selección válvula principal. La selección de la válvula distribuidora principal, se llevará a cabo, definiendo sus características de operación, así como su accionamiento para la correcta operación en el dispositivo.

Imagen 14. Especificaciones válvula principal

Código del producto	M52	B52
Comportamiento	Monoestable	Biestable
Tipo de reposición	Muelle mecánico	–
Tiempos de conmutación	Conex.	8
	Descon.	23
	Conm.	–
Tolerancia de tiempo de conmutación	[%]	±20

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_VUWS](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_VUWS)

Imagen 15. Referencias válvula distribuidora

	Monoestable		
	M52-M	Reposición por muelle mecánico, sentido de flujo no reversible	8035187 VUWS-IT25-M52-M-G14
	Biestable		
	B52	Sentido de flujo no reversible	8035194 VUWS-IT25-B52-G14

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_VUWS](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_VUWS)

Imagen 16. Válvula distribuidora 5/2



Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_VUWS](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_VUWS)

5.4.7 Selección válvulas de vías. Se emplearán dos válvulas de accionamiento por pulsador monoestable y retroceso por muelle, tipo 3/2; determinando su referencia comercial, se tiene;

Imagen 17. Especificaciones válvula de vías

Referencias							
Caudal nominal	Función de válvula	Descripción	Reposición mecánica	Posición normal	Aire de pilotaje <sup>1)</sup>	Nº art.	Tipo
Válvulas de pulsador							
80 l/min	Válvula monoestable de 3/2 vías	Con PK-3, racor de empalme del tubo flexible	■	Cerrada/abierta	–	13793	K/O-3-PK3
		Con rosca M5	■	Cerrada	–	3660	K-3-M5
						–	4452
500 l/min	Válvula monoestable	–	■	Cerrada	Interna	558405	VHEM-PTC-M32C-M-G18

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_VHEM](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_VHEM)

Imagen 18. Válvula de vías 3/2



Fuente: Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_VHEM](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_VHEM)

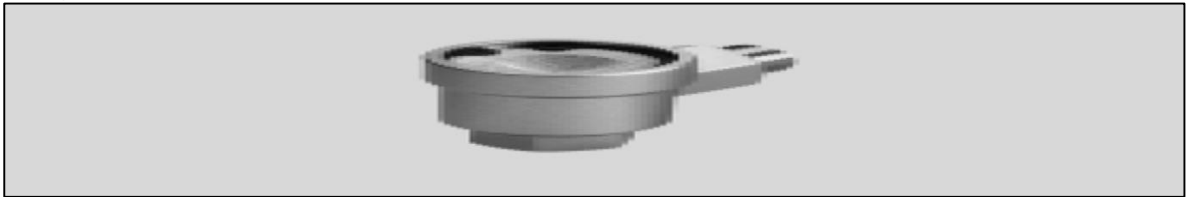
5.4.8 Válvula de escape rápido. Se empleará una válvula de escape rápido por catálogo comercial tipo SEU1/4, la cual permitirá, una salida del cilindro a mayor velocidad de manera óptima para la aplicación deseada.

Imagen 19. Referencias válvula escape rápido

Referencias									
	Conexión neumática		Caudal nominal normal q <sub>N</sub> con 6 bar → 5 bar			Caudal nominal normal q <sub>N</sub> con 6 bar → 0 bar	Peso [g]	Nº art.	Tipo
			Alimentación de aire 1 → 2	Conexión 2 de descarga → 3	Conexión 2 de descarga → 3				
	1	2	[l/min]	[l/min]	[l/min]				
	G1/8	G1/8	300	550	1 000	65	4616	SEU-1/8	
	G1/4	G1/4	960	1 100	2 300	120	6753	SEU-1/4	
	G3/8	G3/8	2 880	2 280	4 680	160	6755	SEU-3/8	
	G1/2	G1/2	4 560	4 020	6 500	320	6822	SEU-1/2	

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_02100](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_02100)


Imagen 20. Válvula de escape rápido



Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_021002](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_021002)

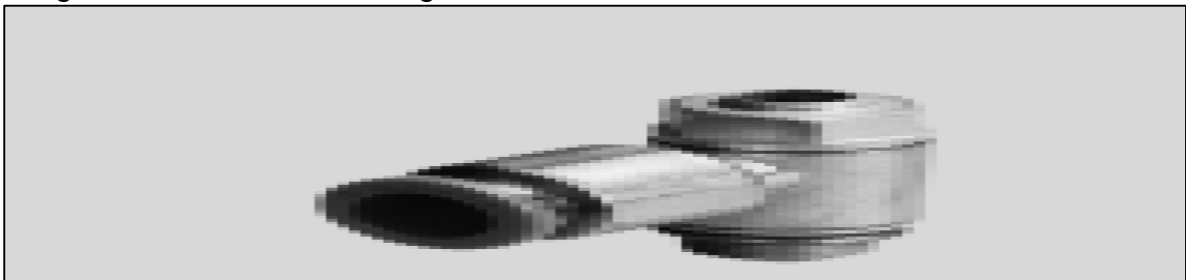
5.4.9 Válvula de estrangulación y anti retorno. Se emplea una válvula de tipo anti retorno, con función de estrangulación para la entrada del cilindro; esto con el fin de que el cilindro tenga una mejor capacidad de entrada de aire y trabaje de manera conjunta con la válvula de escape rápido.

Imagen 21. Válvula de estrangulamiento y anti retorno

Referencias: Función de estrangulación y antirretorno del aire de escape									
Conexión neumática		Caudal nominal normal qnN con 6 bar → 5 bar		Caudal normal qn con 6 bar → 0 bar		Peso [g]	N° art.	Tipo	
		En el sentido de la estrangulación	En el sentido de antirretorno	En el sentido de la estrangulación	En el sentido de antirretorno				
2	1	[l/min]	[l/min]	[l/min]	[l/min]				
Tornillo de cabeza ranurada									
	M5	M5	95	76 ... 95	169	135 ... 170	11	151160	GRLA-M5-B
	G 1/8	G 1/8	340	260 ... 420	615	470 ... 760	28	151165	GRLA-1/8-B
	G 1/4	G 1/4	610	450 ... 820	1200	885 ... 1615	59	151172	GRLA-1/4-B
	G 3/8	G 3/8	1450	970 ... 1600	2300	1540 ... 2540	97	151178	GRLA-3/8-B

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_021003](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_021003)

Imagen 22. Válvula de estrangulación



Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_021003](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_021003)


5.4.10 Válvula de corredera. Se utilizará una válvula de tipo corredera a la entrada del sistema; esto con el fin de brindar una protección adicional y un sistema extra de parada de emergencia al dispositivo durante su operación.

La válvula corredera permitirá una activación segura del dispositivo, a la vez que facilitará mediante su sistema de desconexión rápida de la red neumática.

Con ello, se quiere encontrar, una forma de realizar cualquier tipo de modificación y/o reconexión en los sistemas de manera eficiente y segura.

A continuación, se muestra la selección por catálogo de la válvula corredera para el dispositivo;

Imagen 23. Referencia válvula de corredera

Referencias	Conexión neumática		Caudal nominal normal qnN [l/min]	Peso [g]	N° art.	Tipo
	1	2				
	M5	M5	236	8	1609969	VBOH-32-M5
	G1/8	G1/8	777	17	1558073	VBOH-32-G18
	G1/4	G1/4	1675	35	1302994	VBOH-32-G14
	G3/8	G3/8	2201	70	1482679	VBOH-32-G38

Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_02080](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_02080)

Imagen 24. Válvula de corredera



Fuente: Fuente: FESTO; Catálogo unidades neumáticas. En: FESTO COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá. [Consulta 20 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_020800](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_020800)

## 5.5 CÁLCULO ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA

Se basa en los cálculos obtenidos al momento de realizar el análisis estático por acción de las cargas externas en los puntos de apoyo de la estructura, obteniendo las reacciones en los apoyos y en cada uno de los elementos que componen el dispositivo.

De manera conjunta, luego de haber concluido la determinación de reacciones en los apoyos de la estructura, se procede a establecer, las cargas internas en cada uno de los elementos; con esto, se establece el elemento crítico y la influencia de este para evaluar su integridad estructural por medio de una teoría de falla determinada.

La aplicación involucrada en este proyecto, es una armadura de tipo espacial, por esta razón, como se expresa en el libro de Estática<sup>8</sup>, a pesar de que los elementos de una armadura en el espacio están unidos por conexiones soldadas o remachadas, se supone que cada nodo es consiste en una conexión tipo rótula.

No se aplicará ningún par a los elementos de la armadura, ya que cada uno de los elementos se tratará como un elemento sometido a la acción de dos fuerzas; así mismo, se debe cumplir con la aplicación de las diferentes cargas específicamente en los nodos para cumplir con el análisis como una armadura.

Para el diseño de la armadura del dispositivo, debido a la disposición de las cargas, puntos de apoyo y ángulo requerido, se seleccionó la forma de tetraedro, una forma geoméricamente óptima tanto en el diseño como en su criterio de ingeniería, ya que puede brindar condiciones de estabilidad y simplicidad al momento de ser sometida a las condiciones de carga deseadas, a la vez que va a ser una armadura ligera y sencilla para la aplicación requerida al interior del vehículo.

Para el análisis estático de la estructura, es necesario realizar un diagrama de cuerpo libre e identificar las reacciones o cargas externas que se ejercen sobre la estructura, así como sus dimensiones y puntos en donde estas se ejercen.

En este caso, al ser una estructura tridimensional, es necesario realizar un análisis de la forma en la que se ejercen las cargas y de los elementos que componen la estructura, así como de su ubicación en el espacio, para determinar una posible simetría entre sus elementos, para establecer si existe, la posibilidad de realizar una simplificación de la estructura en solo dos dimensiones.

Mediante el Criterio de Simetría descrito en el libro de Análisis estructural<sup>9</sup>, se establece que: "Una estructura es simétrica si el material y las propiedades

---

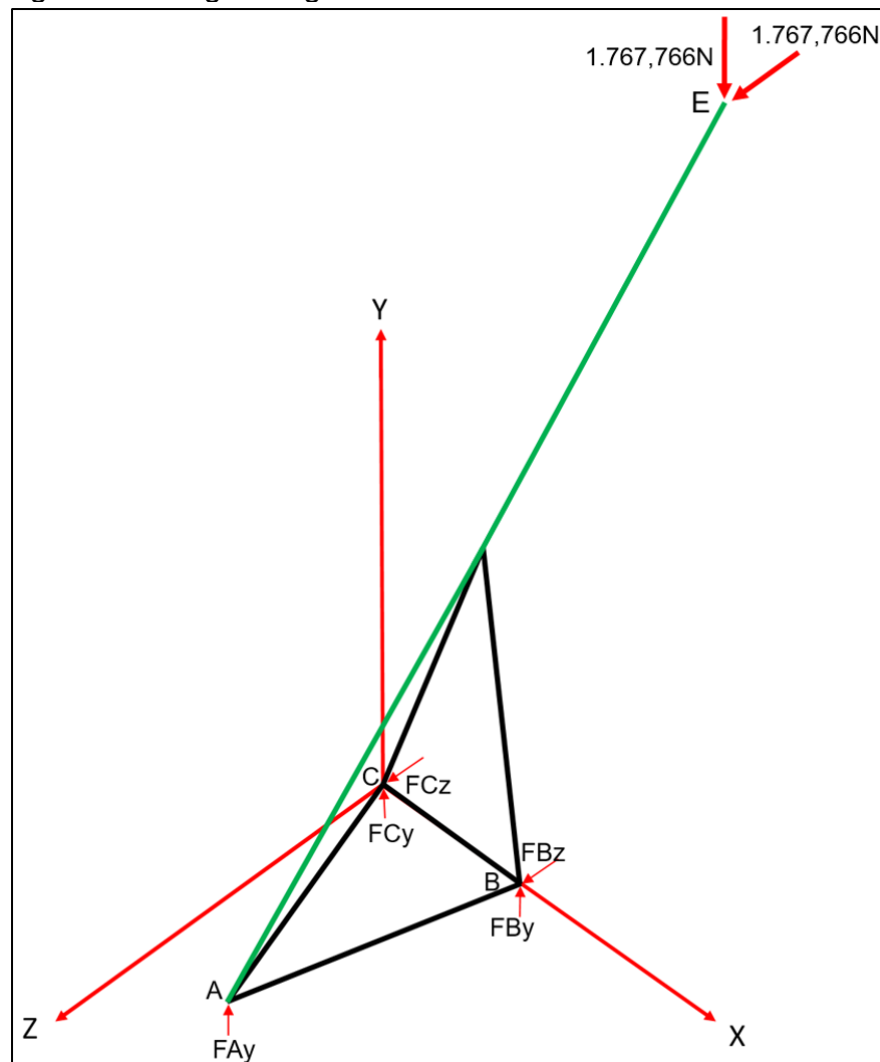
<sup>8</sup> BEER. Johnston. Mecánica Vectorial para Ingenieros ESTATICA.2010. p 294.

<sup>9</sup> ONATE, Eugenio, Análisis estructural con el método de elementos finitos. 2001. p 323.

geométricas y las condiciones de contorno tienen uno o más ejes o planos de simetría”. Bajo esta premisa, se establece que la estructura espacial a analizar aplica bajo este criterio, ya que todos los elementos que componen la estructura se encuentran en ejes y planos completamente simétricos y los puntos en donde se ejercen las diferentes reacciones en los apoyos cumplen de manera óptima con dichas condiciones de simetría; así mismo, las cargas por medio de este criterio son iguales a cada lado del plano de simetría, estableciéndose así, una simplificación a la estructura espacial a analizar.

Como se observa en la figura 11, en la estructura espacial, se muestran las reacciones en los apoyos que corresponden a los sistemas de fijación y/o a la carrocería del vehículo, así, como también, las reacciones de la descomposición de la reacción ejercida por el cilindro sobre el plano y-z.

Figura 11. Diagrama general de la estructura



“Fuente: Elaboración propia”



Se ilustran los puntos de apoyo B y C, haciendo referencia a las uniones atornilladas deseadas en la estructura, las cuales, solo tienen reacciones en el eje y y en el eje z, por su parte, las reacciones en el eje x no se toman en cuenta, ya que, al generarse la reacción sobre la estructura por la fuerza ejercida por el cilindro neumático, esta, solo se genera sobre el plano y-z.

La estructura contara en sus dimensiones, con determinados parámetros tanto de ancho, alto y profundidad, las cuales fueron establecidas al momento de analizar los requerimientos funcionales, con los cuales debía cumplir el dispositivo para la correcta ejecución de la fuerza contra el vidrio panorámico.

Este dimensionamiento, ilustrados en los gráficos que se muestran en el presente capítulo, fueron obtenidos a partir de las mediciones efectuadas al vehículo seleccionado, por parte del centro de investigaciones de CESVI COLOMBIA.

Se determina, que el ángulo pleno de inclinación del dispositivo que debe impactar contra el vidrio panorámico, debe tener una inclinación de 45 grados en su estructura; permitiendo de esta manera, llevar a cabo el impacto contra el vidrio a 90 grados del mismo, sin tener en cuenta la curvatura propia del vidrio por solicitud expresa de la compañía; tal y como se manifiesta en la sección de conceptualización y parametrización del presente documento.

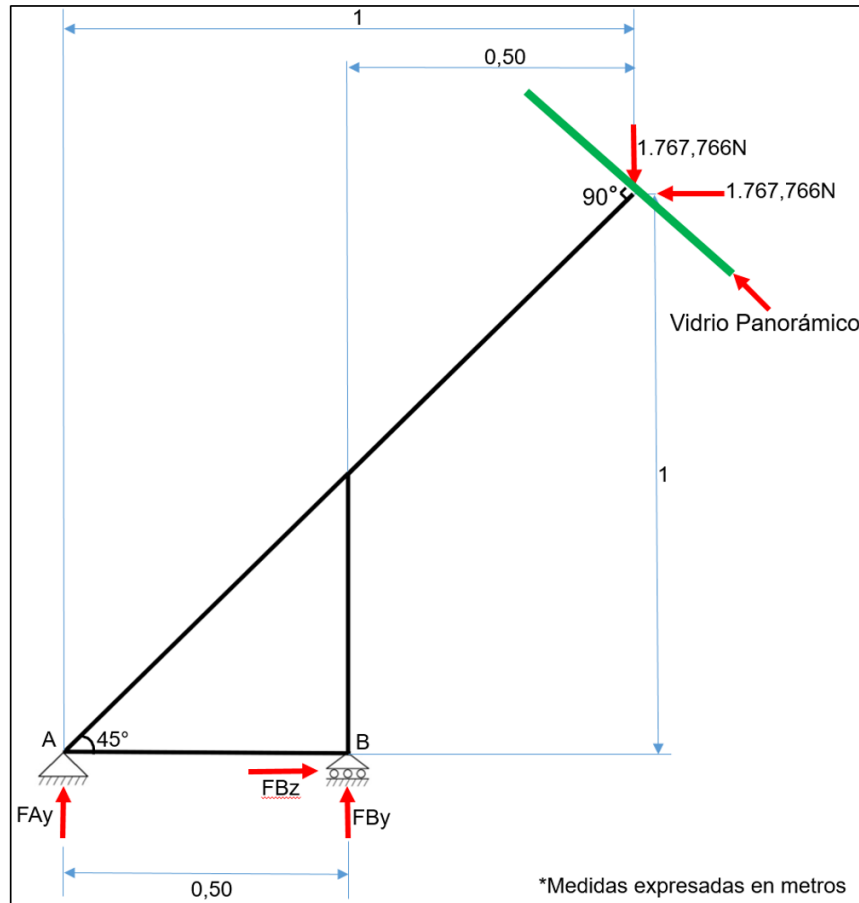
En la figura 12. se muestra en conjunto, de dos dimensiones la estructura a analizar; con el cilindro neumático completamente extendido al ángulo establecido, por medio de un diagrama de cuerpo libre.

Gracias a la simplificación por simetría descrita anteriormente, se observa, la estructura ubicada sobre sus puntos de anclaje, impactando de forma directa contra el vidrio panorámico, describiendo las reacciones, luego de realizar la respectiva descomposición de fuerzas debido al impacto sobre el vidrio, situación que permite comprender de forma específica el análisis de cargas efectuado sobre el cuerpo a analizar.

Así mismo, se indica la reacción ejercida por el punto de apoyo simple, la cual, únicamente tiene una reacción vertical sobre el eje y, en el punto donde se apoyará la estructura sobre los paralelos de fijación del sistema de anclaje de la silla del pasajero en el vehículo.

Ubicando las reacciones en los apoyos, la carga descompuesta, ejercida por la reacción del cilindro, la cual, resulta de la activación del dispositivo contra el vidrio panorámico, y las dimensiones de los elementos de la estructura, se pueden observar desde una mejor perspectiva las variables involucradas para su respectivo análisis.

Figura 12. Diagrama de cuerpo libre



“Fuente: Elaboración propia”

Debido a que el cilindro extendido y la línea de acción de la fuerza actúan sobre el mismo plano, se asumirá la estructura como un todo para proceder a su análisis estático para determinar las reacciones en los apoyos.

La explicación concerniente a las reacciones, tanto de apoyo simple, como de apoyo pivotado en los apoyos obtenidos en el presente documento, se puede consultar con información adicional en el texto guía<sup>10</sup> que fue empleado para tal fin; sin embargo, en el presente documento se realizarán los procedimientos concernientes a la obtención de las reacciones en los apoyos, así como en cada uno de los nodos de la estructura como se verá a continuación.

Se procede a generar el cálculo de las reacciones en los apoyos por la aplicación de las cargas externas, en el equilibrio, igualando la sumatoria de fuerzas a cero, como sigue;

<sup>10</sup> BEER. Op. Cit., p. 160.

$$\Sigma F_z = 0$$

$$F_{Bz} - 1.767,766N = 0$$

$$F_{Bz} = 1.767,766N$$

Luego de haber obtenido la reacción  $F_{Bz}$ , se realiza su división entre dos, por criterio de simetría, obteniendo;

$$F_{Bz} = 1.767,766N / 2$$

$$F_{Bz} = 883,883N$$

Se obtiene en cada tornillo de anclaje, una carga cortante de 883,883N.

Por medio de la sumatoria de momentos en x en el punto B, igualados a cero, se obtiene;

$$\Sigma M_x = 0$$

$$1.767,766(1m) - 1.767,766N(0,50m) - 0,50m(F_{Ay}) = 0$$

$$F_{Ay} = 1.767,766N$$

Así mismo, se procede a la sumatoria de fuerzas en el eje y, igualadas a cero, obteniendo;

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{Ay} + F_{By} - 1.767,766N = 0$$

$$1.767,766N + F_{By} - 1.767,766N = 0$$

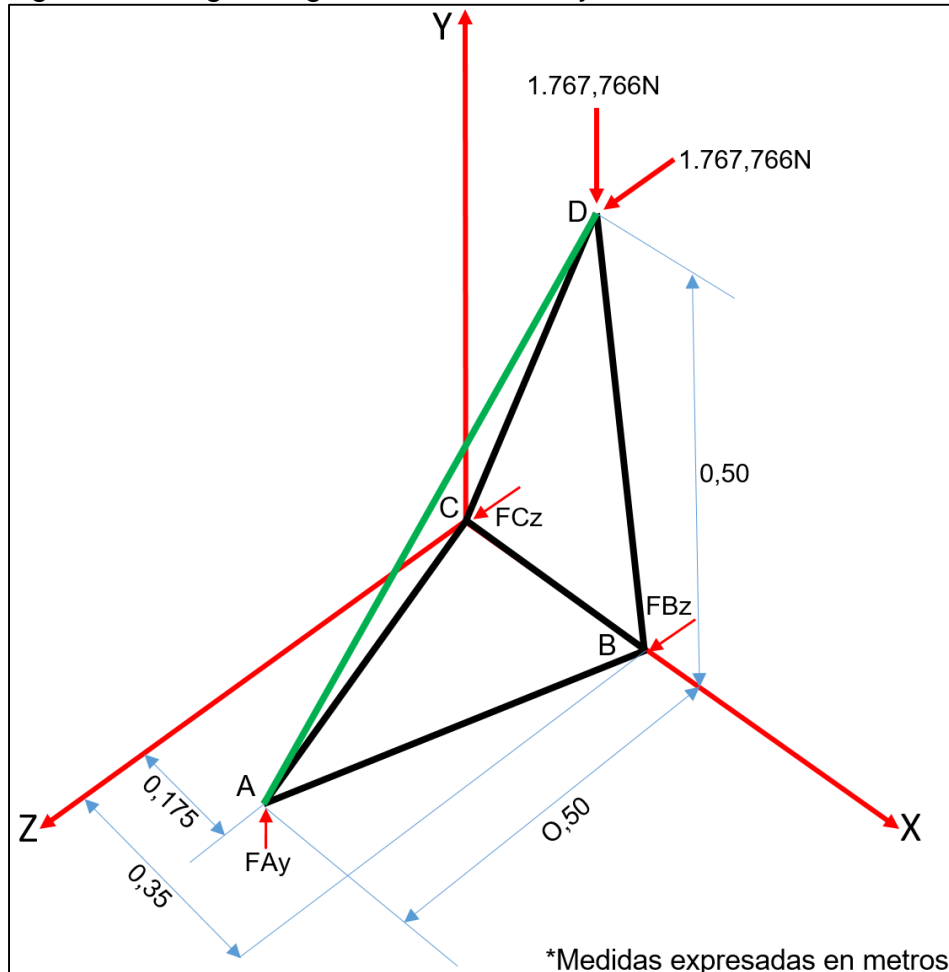
$$F_{By} = 0N$$

Dando como resultado, la carga de 1.767,766N, que corresponden a la reacción en el punto del apoyo simple de la estructura a la carrocería.

Se establece que no hay directamente una transmisión de cargas hacia la carrocería en los puntos de sujeción, razón por la cual se determina que la estructura solamente ocasionara esfuerzos cortantes hacia las uniones atornilladas, pero nunca se ejercerán cargas verticales en los puntos de apoyo que soportarán la estructura a la carrocería del vehículo.

En la figura 13. se observa de forma isométrica, la estructura tridimensional; en ella se observan las reacciones en cada uno de los apoyos, así como las cargas externas a las cuales está sometida la estructura.

Figura 13. Diagrama general de fuerzas y reacciones



“Fuente: Elaboración propia”

Luego de haber obtenido las reacciones en los apoyos, se procede a realizar el cálculo de cada uno de los elementos que la componen, tal y como se describe en el libro de Mecánica Vectorial<sup>11</sup>; encontrando los valores de tensión y compresión a los cuales estarán sometidos los miembros de la estructura espacial.

Para comenzar con el análisis de cada uno de los elementos de la estructura, se procede a ubicar las coordenadas de cada uno de los nodos de la estructura como se ve, a continuación;

<sup>11</sup> Ibid., p. 290.

$$A(0,175 , 0 , 0,50)$$

$$B(0,35 , 0 , 0)$$

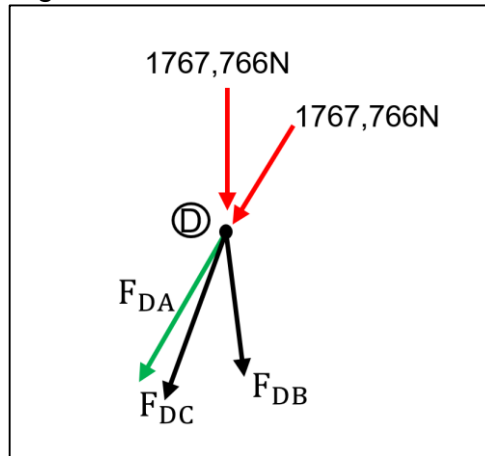
$$C(0 , 0 , 0)$$

$$D(0,175 , 0,50 , 0)$$

Como se ilustra en la figura 14, se procede a escoger el nodo D, punto en el cual se genera la reacción del cilindro sobre la estructura, que a su vez contiene los vectores fuerza desconocidos, que hacen parte de la estructura.

Este procedimiento se repite de manera continua en cada uno de los nodos analizados;

Figura 14. Nodo D



“Fuente: Elaboración propia”

Conociendo las diferentes cargas actuantes en un punto en específico de la estructura, se puede proceder a realizar el análisis en cada uno de los nodos, de manera ordenada, siempre y cuando actúen máximo tres fuerzas desconocidas para poder resolver el sistema de incógnitas.

Al realizar los cálculos, correspondientes a los cosenos directores y vectores, se consultó el libro de Estática estructural<sup>12</sup>, encontrando allí, toda la teoría concerniente a su determinación por diferentes medios y opciones, tanto en planos espaciales como en bidimensionales.

Procediendo al cálculo de cada una de las direcciones de los vectores de obtiene;

---

<sup>12</sup> Ibid., p. 47.

> Análisis Nodo D;

$$\begin{aligned}\overrightarrow{DA} &= \vec{A} - \vec{D} \\ \vec{A} &= (0,175, 0, 0,50) \\ \vec{D} &= (0,175, 0,50, 0) \\ \overrightarrow{DA} &= -0,50\hat{j} + 0,50\hat{k}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\overrightarrow{DC} &= \vec{C} - \vec{D} \\ \vec{C} &= (0, 0, 0) \\ \vec{D} &= (0,175, 0,50, 0) \\ \overrightarrow{DC} &= -0,175\hat{i} - 0,50\hat{j}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\overrightarrow{DB} &= \vec{B} - \vec{D} \\ \vec{B} &= (0,35, 0, 0) \\ \vec{D} &= (0,175, 0,50, 0) \\ \overrightarrow{DB} &= 0,175\hat{i} - 0,50\hat{j}\end{aligned}$$

Luego de esto, se procede a obtener las magnitudes de cada vector;

$$|\overrightarrow{DA}| = \sqrt{(-0,50)^2 + (0,50)^2} = 0,70$$

$$|\overrightarrow{DC}| = \sqrt{(-0,175)^2 + (0,50)^2} = 0,529$$

$$|\overrightarrow{DB}| = \sqrt{(0,175)^2 + (0,50)^2} = 0,529$$

Para obtener el vector unitario  $\lambda$ , correspondiente a cada vector, se dividen sus componentes entre su magnitud respectivamente;

$$\lambda_{DA} = \frac{\overrightarrow{DA}}{|\overrightarrow{DA}|} = -0,707\hat{j} + 0,707\hat{k}$$

$$\lambda_{DC} = \frac{\overrightarrow{DC}}{|\overrightarrow{DC}|} = -0,330\hat{i} - 0,945\hat{j}$$

$$\lambda_{DB} = \frac{\overrightarrow{DB}}{|\overrightarrow{DB}|} = 0,330\hat{i} - 0,945\hat{j}$$

Expresando la fuerza axial de cada elemento en términos de sus componentes, se tiene;

$$F_{DA}(\lambda_{DA}) = F_{DA}(-0,707\hat{j} + 0,707\hat{k})$$

$$F_{DC}(\lambda_{DC}) = F_{DC}(-0,330\hat{i} - 0,945\hat{j})$$

$$F_{DB}(\lambda_{DB}) = F_{DB}(0,330\hat{i} - 0,945\hat{j})$$

Igualando a cero las componentes de cada fuerza, se obtiene;

$$F_{DA}(-0,707\hat{j} + 0,707\hat{k}) + F_{DC}(-0,330\hat{i} - 0,945\hat{j}) + F_{DB}(0,330\hat{i} - 0,945\hat{j}) - 1767,766N\hat{j} + 1767,766N\hat{k} = 0$$

Realizando la sumatoria de fuerzas de cada componente de cada una de las fuerzas igualadas a cero, se determina;

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-0,330F_{DC} + 0,330F_{DB} = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-0,707F_{DA} - 0,945F_{DC} - 0,945F_{DB} - 1767,766N = 0$$

$$\Sigma F_z = 0$$

$$0,707F_{DA} + 1767,766N = 0$$

Obteniendo las tres ecuaciones, se evalúa bajo el método Gauss Jordán;

Tabla 2. Método Gauss Jordán Nodo D

$F_{DC}$	$F_{DB}$	$F_{DA}$	
-0,330	0,330	0	0
-0,945	-0,945	-0,707	1.767,766N
0	0	0,707	-1.767,766N

“Fuente: Elaboración propia”

$$F_{DC} = -1 \times 10^{-11} N$$

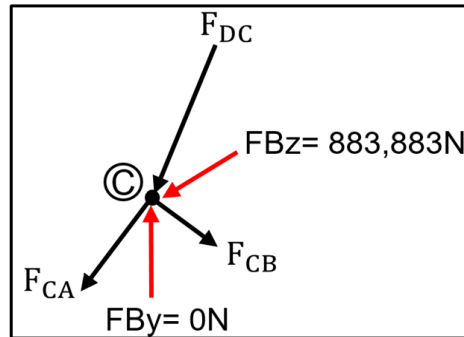
$$F_{DB} = -1 \times 10^{-11} N$$

$$F_{DA} = -2.500,376 N$$

Cabe aclarar, que los siguientes procedimientos en cada uno de los nodos, es igual; y que, la fuente consultada para llevar a cabo dichos cálculos, sigue correspondiendo a los textos referenciados anteriormente en el nodo analizado; razón por la cual, y en adelante, al finalizar el análisis de cada uno de los nodos, no se volverá a referenciar, ya que los concernientes a este proceso ya fueron aplicados en el documento.

> Análisis Nodo C;

Figura 15. Nodo C



“Fuente: Elaboración propia”

$$\begin{aligned}\overline{CA} &= \vec{A} - \vec{C} \\ \vec{A} &= (0,175, 0, 0,50) \\ \vec{C} &= (0, 0, 0)\end{aligned}$$

$$\overline{CA} = 0,175m\hat{i} + 0,50m\hat{k}$$

$$\begin{aligned}\overline{CB} &= \vec{C} - \vec{B} \\ \vec{C} &= (0,35, 0, 0) \\ \vec{B} &= (0, 0, 0)\end{aligned}$$

$$\overline{CB} = 0,35m\hat{i}$$

Expresando las magnitudes de cada vector;

$$|\overline{CA}| = \sqrt{(0,175)^2 + (0,50)^2} = 0,529$$

$$|\overline{CB}| = \sqrt{(0,35)^2} = 0,35$$

Para obtener el vector unitario  $\lambda$  correspondiente a cada vector, se dividen sus componentes entre su magnitud respectivamente;

$$\lambda_{CA} = \frac{\overline{CA}}{|\overline{CA}|} = 0,330\hat{i} + 0,945\hat{k}$$

$$\lambda_{CB} = \frac{\overline{CB}}{|\overline{CB}|} = \hat{i}$$



Expresando la fuerza axial de cada elemento, en términos de sus componentes, se determina;

$$F_{CA}(\lambda_{CA}) = F_{CA}(0,330\hat{i} + 0,945\hat{k})$$

$$F_{CB}(\lambda_{CB}) = F_{CB}(\hat{i})$$

Igualando a cero las componentes de cada fuerza, se tiene;

$$F_{CA}(0,330\hat{i} + 0,945\hat{k}) + F_{CB}(\hat{i}) + 3,305 \times 10^{-12} \text{N} \hat{i} + 9,438 \times 10^{-12} \text{N} \hat{j} - 883,883 \text{N} \hat{k} = 0$$

Realizando la sumatoria de fuerzas de cada componente, de cada una de las fuerzas igualadas a cero, se obtiene;

$$\Sigma F_x = 0$$

$$0,330F_{CA} + F_{CB} + 3,305 \times 10^{-12} \text{N} = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0 = 0$$

$$\Sigma F_z = 0$$

$$0,945F_{CA} - 883,883 \text{N} = 0$$

Aplicando la evaluación bajo el método de Gauss Jordán;

Tabla 3. Método Gauss Jordán Nodo C

$F_{CA}$	$F_{CB}$	
0,330	1	$-3,305 \times 10^{-12} \text{N}^{-12}$
0,945	0	883,883N N

“Fuente: Elaboración propia”

$$F_{CA} = 935,32 \text{N}$$

$$F_{CB} = -308,657 \text{N}$$

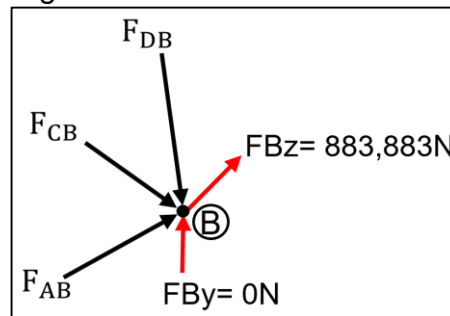
A continuación, se da continuidad al proceso de cálculo y obtención de valores numéricos de fuerzas, de la misma manera, en la que se obtuvieron los nodos anteriormente analizados.

Con este procedimiento, se desea encontrar tanto el equilibrio de la estructura, como el valor de cada fuerza en cada uno de los elementos que componen la estructura.

A continuación, en este nodo, se reúnen las fuerzas obtenidas de cada elemento de la estructura en conjunto que concurren allí, así como también muestra las reacciones obtenidas por la reacción en los apoyos.

> Análisis Nodo B;

Figura 16. Nodo B



“Fuente: Elaboración propia”

$$\begin{aligned}\overline{AB} &= \vec{B} - \vec{A} \\ \vec{B} &= (0,35, 0, 0) \\ \vec{A} &= (0,175, 0, 0,50) \\ \overline{AB} &= 0,175m\hat{i} - 0,50m\hat{k}\end{aligned}$$

Obteniendo las magnitudes de cada vector;

$$|\overline{AB}| = \sqrt{(0,175)^2 + (-0,50)^2} = 0,529$$

Para obtener el vector unitario  $\lambda$  correspondiente a cada vector, se dividen sus componentes entre su magnitud respectivamente;

$$\begin{aligned}\lambda_{CB} &= \frac{\overline{CB}}{|\overline{CB}|} = \hat{i} \\ \lambda_{AB} &= \frac{\overline{AB}}{|\overline{AB}|} = 0,330\hat{i} - 0,945\hat{k}\end{aligned}$$

Expresando la fuerza axial de cada elemento en términos de sus componentes, se establece que;

$$F_{CB}(\lambda_{CB}) = F_{CB}(\hat{i})$$

$$F_{AB}(\lambda_{AB}) = F_{AB}(0,330\hat{i} - 0,945\hat{k})$$

Obteniendo por medio de la descomposición de la fuerza  $F_{DB}$ , se tiene;

$$F_{DB} = F_{DB} \cos(289,29^\circ)$$

$$F_{DB} = -1 \times 10^{-11} \text{ N} * \cos(289,29^\circ)$$

$$F_{DB} = -3,305 \times 10^{-12} \text{ N} \hat{i}$$

$$F_{DB} = F_{DB} \sin(289,29^\circ)$$

$$F_{DB} = -1 \times 10^{-11} \text{ N} * \sin(289,29^\circ)$$

$$F_{DB} = 9,438 \times 10^{-12} \text{ N} \hat{j}$$

Así las cosas, las componentes vectoriales del vector fuerza  $F_{DB}$  serán;

$$F_{DB} = -3,305 \times 10^{-12} \text{ N} \hat{i} + 9,438 \times 10^{-12} \text{ N} \hat{j}$$

De esta manera, igualando a cero las componentes de cada fuerza, se determina;

$$-3,305 \times 10^{-12} \text{ N} \hat{i} + 9,438 \times 10^{-12} \text{ N} \hat{j} + F_{CB}(\hat{i}) + F_{AB}(0,330\hat{i} - 0,945\hat{k}) - 883,883 \text{ N} \hat{k} = 0$$

Realizando la sumatoria de fuerzas, de cada componente, de cada una de las fuerzas igualadas a cero, se obtiene;

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-3,305 \times 10^{-12} \text{ N} + F_{CB} + 0,330 F_{AB} = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0 = 0$$

$$\Sigma F_z = 0$$

$$-0,945 F_{AB} - 883,883 \text{ N} = 0$$

Luego de obtener las tres ecuaciones de equilibrio, se realiza la evaluación bajo el método de Gauss Jordán;

Tabla 4. Método Gauss Jordán Nodo B

$F_{CB}$	$F_{AB}$	
1	0,330	$-3,305 \times 10^{-12} \text{ N}$
0	-0,945	883,883N

“Fuente: Elaboración propia”

$$F_{CB} = 308,657N$$

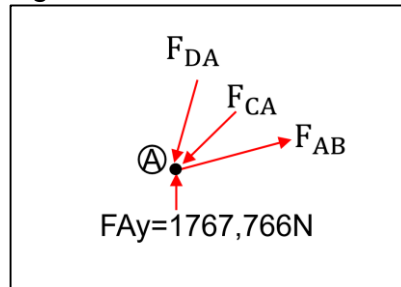
$$F_{AB} = -935,32N$$

> Análisis Nodo A;

En este nodo, al realizar el análisis vectorial de cada uno de los vectores concurrentes, se deben encontrar magnitudes iguales en los resultados de las fuerzas, para haber concluido de manera satisfactoria, la determinación de un equilibrio existente en la estructura.

Realizando el análisis correspondiente al nodo A, se tiene;

Figura 17. Nodo A



“Fuente: Elaboración propia”

$$\overrightarrow{DA} = \vec{A} - \vec{D}$$

$$\vec{A} = (0,175, 0, 0,50)$$

$$\vec{D} = (0,175, 0,50, 0)$$

$$\overrightarrow{DA} = -0,50\hat{m} + 0,50\hat{k}$$

$$\overrightarrow{CA} = \vec{A} - \vec{C}$$

$$\vec{A} = (0,175, 0, 0,50)$$

$$\vec{C} = (0, 0, 0)$$

$$\overrightarrow{CA} = 0,175\hat{m} + 0,50\hat{k}$$

$$\overrightarrow{AB} = \vec{B} - \vec{A}$$

$$\vec{B} = (0,35, 0, 0)$$

$$\vec{A} = (0,175, 0, 0,50)$$

$$\overrightarrow{AB} = 0,175\hat{m} - 0,50\hat{k}$$

Obteniendo las magnitudes de cada vector;

$$|\overrightarrow{DA}| = \sqrt{(-0,50)^2 + (0,50)^2} = 0,70$$

$$|\overrightarrow{CA}| = \sqrt{(0,175)^2 + (0,50)^2} = 0,529$$

$$|\overrightarrow{AB}| = \sqrt{(0,175)^2 + (-0,50)^2} = 0,529$$

Para obtener el vector unitario  $\lambda$ , correspondiente a cada vector, se dividen sus componentes entre su magnitud respectivamente;

$$\lambda_{DA} = \frac{\overrightarrow{DA}}{|\overrightarrow{DA}|} = -0,707\hat{j} + 0,707\hat{k}$$

$$\lambda_{CA} = \frac{\overrightarrow{CA}}{|\overrightarrow{CA}|} = 0,330\hat{i} + 0,945\hat{k}$$

$$\lambda_{AB} = \frac{\overrightarrow{AB}}{|\overrightarrow{AB}|} = 0,330\hat{i} - 0,945\hat{k}$$

Expresando la fuerza axial, de cada elemento en términos de sus componentes, se determina qué;

$$F_{DA}(\lambda_{DA}) = F_{DA}(-0,707\hat{j} + 0,707\hat{k})$$

$$F_{CA}(\lambda_{CA}) = F_{CA}(0,330\hat{i} + 0,945\hat{k})$$

$$F_{AB}(\lambda_{AB}) = F_{AB}(0,330\hat{i} - 0,945\hat{k})$$

Tomando la expresión del vector unitario, correspondiente a la fuerza  $F_{DA}$ , la expresión;

$$F_{DA}(\lambda_{DA}) = F_{DA}(-0,707\hat{j} + 0,707\hat{k})$$

Se multiplica el vector unitario por la magnitud de la fuerza del vector, obteniendo las componentes como sigue a continuación;

$$F_{DA} = 2.500,376N (-0,707\hat{j} + 0,707\hat{k})$$

Así las cosas, las componentes vectoriales de la fuerza  $F_{DA}$  serán;

$$F_{DA} = -1.767,766N\hat{j} + 1.767,766N\hat{k}$$

Igualando a cero las componentes de cada fuerza, se tiene que;

$$-1.767,766N\hat{j} + 1.767,766N\hat{k} + F_{CA}(0,330\hat{i} + 0,945\hat{k}) + F_{AB}(0,330\hat{i} - 0,945\hat{k}) + 1.767,766N\hat{j} = 0$$

Realizando la sumatoria de fuerzas de cada componente, de cada una de las fuerzas igualadas a cero, se obtiene;

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-0,330F_{DC} + 0,330F_{DB} = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-0,707F_{DA} - 0,945F_{DC} - 0,945F_{DB} - 1767,766N = 0$$

$$\Sigma F_z = 0$$

$$0,707F_{DA} + 1767,766N = 0$$

Realizando la evaluación, bajo el método de Gauss Jordán, se tiene que;

Tabla 5. Método Gauss Jordán Nodo A

$F_{CA}$	$F_{AB}$	
0,330	0,330	0
0,945	-0,945	-1767,765N

“Fuente: Elaboración propia”

$$F_{CA} = -935,32N$$

$$F_{AB} = 935,32N$$

## 5.6 DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESIÓN.

Para determinar el esfuerzo de diseño a cumplir, se procede a realizar por medio de la ecuación del esfuerzo de diseño, descrito en el libro de Mott<sup>13</sup>, el cálculo por medio de la resistencia a la fluencia del material empleado, así como de su factor de seguridad seleccionado.

El Acero A500 seleccionado para dicha aplicación, cumple con los más altos estándares de calidad solicitados por la compañía; por tanto, mediante sus propiedades, se procede a establecer los valores, encontrando que posee una resistencia a la fluencia con valor de 320MPa, un módulo de elasticidad de 207.000 MPa, entre otros, que pueden ser consultados en el anexo B.

<sup>13</sup> MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. 2006., p. 200

Para la determinación del factor de seguridad, se establece bajo el criterio del libro de Mott, mostrado en la figura 18, un valor considerable para su aplicación, brindando una condición de seguridad deseada, como sigue;

Figura 18. Criterios factor de seguridad

<b>Materiales dúctiles</b>	
1.	$N = 1.25$ a $2.0$ . El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2.	$N = 2.0$ a $2.5$ . Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.
3.	$N = 2.5$ a $4.0$ . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4.	$N = 4.0$ o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

Fuente: Mott. Robert. Diseño de elementos de máquinas.2006 p 185.

Se seleccionará un factor de seguridad de 3, ya que es conservador dentro de ese rango, en el tercer criterio de la lista; así mismo y debido a consideraciones especiales en el diseño tales como, ser una estructura estática, con un grado de incertidumbre moderado acerca de las cargas, materiales y análisis de cada uno de los esfuerzos involucrados, así como factores relativos a suposiciones y consideraciones tomadas al realizar los cálculos, se considera que un factor de 3, es apto y suficiente para la aplicación, en la realización de este capítulo.

Al realizar la ecuación del esfuerzo de diseño como sigue a continuación, se tiene que;

Donde;

$\sigma_d$ = Esfuerzo de diseño

$S_y$ = Fluencia del material

$N$  = Factor de seguridad

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

$$\sigma_d = \frac{320 \text{ MPa}}{3}$$

$$\sigma_d = 106,66 \text{ MPa}$$

Se encuentra un esfuerzo de diseño de 106,66 MPa, al que será sometido el material; a su vez, se tiene que el esfuerzo es igual al esfuerzo de diseño, encontrando;

Donde;

$\sigma$  = Esfuerzo

$F$  = Fuerza

$A$  = Área de sección transversal

$$A = \frac{F}{\sigma}$$

$$A = \frac{935,325 \text{ N}}{106,66 \text{ MPa}}$$

$$A = 8,7692 \text{ mm}^2$$

Convirtiendo, se tiene;

$$A = \left( 8,7692 \text{ mm}^2 * \frac{1 \text{ m}^2}{1.000.000 \text{ mm}^2} \right)$$

$$A = 8,77 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Luego de obtener el área mínima requerida para el perfil, se establece que esta es el área requerida para el esfuerzo al que estaría sometido dicho elemento.

Al realizarse los cálculos de las cargas internas en cada uno de los elementos, se determina por medio de la carga estática más crítica que, debido a la propiedad de fluencia del material<sup>14</sup>, así como del material seleccionado en cuanto a su área de sección transversal, esta área requerida es la recomendada y mínima a tomar en

---

<sup>14</sup> *Ibíd.*, p. 2013



cuenta, para llevar a cabo el análisis de cada uno de los elementos sometidos a esfuerzos en la estructura.

Sin embargo, y a solicitud de la empresa, como se puede observar en la aceptación y carta de autorización, mostrada en el anexo H, se va a tomar el Acero A500 con dimensiones de perfil de 25x25x2,5 mm, del cual se tiene alta disponibilidad en el inventario de la compañía; adicionalmente, este, es el único disponible para operaciones de manufactura en la empresa.

Al realizar la selección de este tipo de perfil solicitado por la empresa, se establece que este cumple por exceso las especificaciones en cuanto a dimensiones y área mínima requeridas para llevar a cabo la aplicación; se le realizó la sugerencia al cliente que dichas dimensiones sobrepasaban las exigencias del dispositivo para pruebas de retención a diseñar.

La selección del tipo de perfil solicitado por la compañía para ser empleado en el diseño del dispositivo, presenta un sobredimensionamiento significativo, tanto en cada pared del perfil como en su propio grado de espesor, lo cual conlleva a aumentar condiciones de tamaño, peso y dimensiones del dispositivo.

Sin embargo, debido a que solamente se tiene un sitio de manufactura en la compañía con un margen limitado de suministros e inventarios, el cliente manifiesta que no hay ningún inconveniente y que acepta el diseño del dispositivo bajo los lineamientos propios del diseñador, en base al material suministrado.

Si bien, este alto margen de sobredimensionamiento con el cual se diseñará el dispositivo, es significativo y cumple por exceso los requerimientos de diseño, permitirá realizar nuevas adaptaciones para realizar pruebas que exijan un grado mayor de robustez en su estructura.

Así mismo, brinda la posibilidad de compensar la necesidad de permitir un montaje de equipos más robustos, tales como cilindros hidráulicos, debido a la alta resistencia y capacidad de la estructura para soportar dichas cargas.

Tomando las especificaciones técnicas del material a utilizar, el perfil será tratado como una columna, esto, ya que se analizará como un elemento sometido a una carga axial de compresión, por medio del método de falla por pandeo, con el fin de determinar su carga crítica y establecer si este fallara o no para la aplicación.

Se tienen las siguientes especificaciones del material, con sus correspondientes valores.

Donde;

A= Área de sección transversal del perfil

I = Momento de inercia

e= Espesor del perfil

$$A = 2,29\text{cm}^2$$

$$I = 1,69\text{cm}^4$$

$$e = 2,5 \text{ mm}$$

Para realizar un análisis de los elementos sometidos a compresión, específicamente del elemento más crítico, se tiene la siguiente consideración de diseño para columnas<sup>15</sup>, y desde este punto en adelante, el análisis se realizará en base a la bibliografía de este autor, como sigue a continuación.

5.6.1 Perfil de giro mínimo. Una columna tiende a pandearse respecto al eje para el cual el radio de giro y el momento de inercia son mínimos.

Para obtener el radio de giro mínimo de la sección transversal, es necesario tomar la ecuación de radio de giro en columnas como se ve a continuación;

Donde;

$r_{\min}$ = Radio de giro mínimo

I = Momento Inercia del perfil

A= Área de sección transversal

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{1,69 \text{ cm}^4}{2,29\text{cm}^2}}$$

$$r = 0,86 \text{ cm}$$

Realizando la conversión de unidades;

$$r = \left( 0,86 \text{ cm} * \frac{1\text{m}}{100 \text{ cm}} \right)$$

---

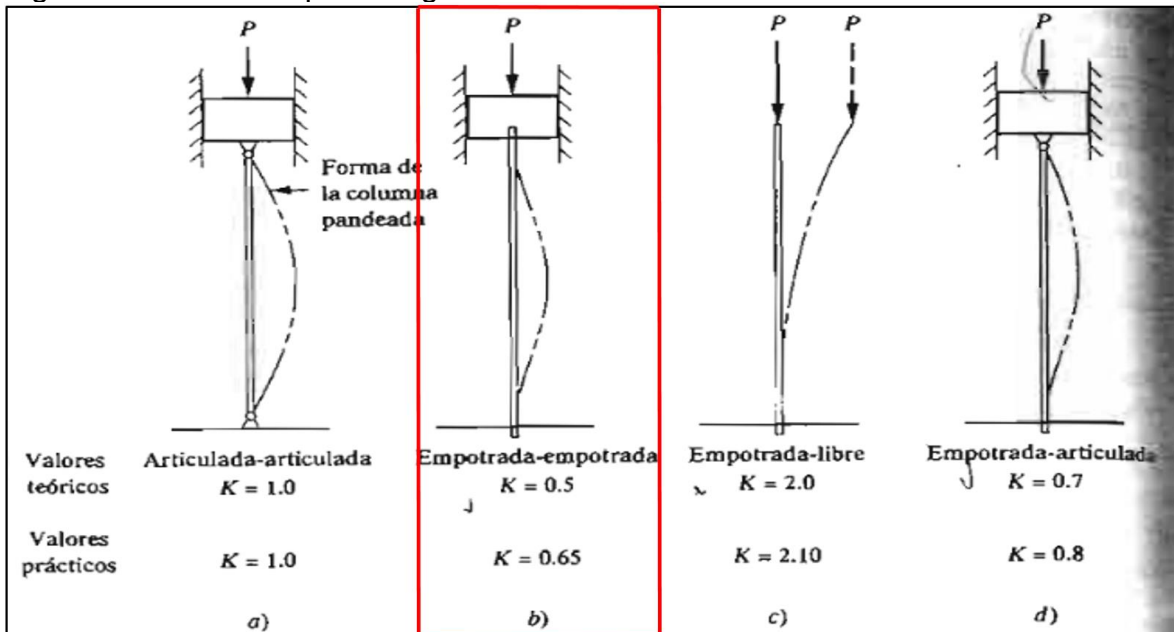
<sup>15</sup> NORTON. Robert. Diseño de máquinas. México D.F.: Prentice Hall, 1999.p 124.

$$r = (8,6 \times 10^{-3} \text{m})$$

5.6.2 Longitud efectiva. En esta sección es conveniente especificar de manera adecuada, un factor de fijación también llamado constante de empotramiento en los extremos de los elementos sometidos a compresión.

A continuación, en la figura 19, se tomará la condición de apoyo óptima, según la condición requerida, determinando su factor.

Figura 19. Valores K para longitud efectiva



Fuente: MOTT. Robert. Diseño de elementos de máquinas, p 234.

Para encontrar la longitud efectiva, como se observa a continuación, se tomará la ecuación de longitud efectiva; de la misma manera, se toma el valor de  $K=0,65$ , en razón a la condición empotrada-empotrada a los extremos de la columna, también llamada elemento de fuerza axial a compresión, tomando el mayor valor de K, ya que tiene en cuenta la fijación esperada.

Tomando la ecuación para hallar la longitud efectiva, como se describe en el libro de Mott, se tiene que;

Donde;

$L_e$ = Longitud efectiva

$K$ = Constante dependiente de forma de empotrado

$l$ =Longitud real de la columna entre los soportes

$$L_e = K(l)$$

$$L_e = 0,65(0,35\text{m})$$

$$L_e = 0,2275\text{m}$$

5.6.3 Relación de esbeltez. Consiste básicamente en el cociente de la longitud efectiva de la columna entre su radio de giro mínimo. Este se obtiene por medio de la ecuación de relación de esbeltez;

Donde;

$R$ =Relación de esbeltez

$K$ = Constante dependiente de forma de empotrado

$L_e$ = Longitud efectiva

$r_{\min}$ = Radio de giro mínimo

$$R = \frac{L_e}{r_{\min}}$$

$$R = \frac{0,65(0,35\text{m})}{8,6 \times 10^{-3}\text{m}}$$

$$R = 26,4534$$

5.6.4 Relación de esbeltez de transición. También llamado constante de columna, depende de manera crítica de las propiedades asociadas al módulo de elasticidad y resistencia de fluencia del material.

Para obtener su valor, se aplica la ecuación de constante de columna descrita de forma detallada en el libro guía, como se ve a continuación;

Donde;

$C_c$ =Constante de columna

$E$ =Módulo de elasticidad del material

$S_y$ =Resistencia de fluencia del material

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * 207.000\text{Mpa}}{320\text{Mpa}}}$$

$$C_c = 112$$

Para establecer un uso ideal de esta ecuación, se establece el siguiente procedimiento para realizar el cálculo del tipo de columna a obtener al analizar la constante de columna y su relación con la relación de esbeltez.

Si  $\frac{kl}{r} > C_c$  la columna es larga

Si  $\frac{kl}{r} < C_c$  la columna es corta

Realizando la verificación, se concluye que  $C_c > R$ , estableciendo que la columna es corta.

A continuación, para llevar a cabo la aplicación del método de JB Johnson, es necesario realizar las siguientes conversiones como sigue;

Donde;

$S_y$  = Resistencia de fluencia del material

$E$ =Módulo de elasticidad del material

$A$  =Area de sección transversal

$$S_y = 320 \text{ MPa}$$

$$S_y = \left( 320\text{MPa} * \frac{1.000.000 \text{ Pa}}{1\text{MPa}} \right)$$

$$S_y = 320.000.000\text{Pa}$$

Asi mismo;

$$E = 207.000\text{MPa}$$

$$E = \left( 207.000MPa * \frac{1.000.000Pa}{1MPa} \right)$$

$$E = 2,07 \times 10^{11} Pa$$

Finalmente;

$$A = 2,29 \text{ cm}^2$$

$$A = \left( 2,29 \text{ cm}^2 * \frac{100 \text{ mm}^2}{1 \text{ cm}^2} \right)$$

$$A = 229 \text{ mm}^2$$

Luego de haber obtenido los valores para llevar a cabo el método de JB Johnson, para el análisis de la columna, se procede a realizar el cálculo, como sigue a continuación;

Donde;

Pcr =Carga critica

A =Area de sección transversal

S<sub>y</sub> = Resistencia de fluencia del material

K = Constante dependiente de forma de empotrado según tabla.

L = Longitud real de la columna

r = Radio de giro minimo

E = Módulo de elasticidad del material

$$P_{cr} = A * S_y \left[ 1 - \frac{S_y \left( \frac{KL}{r} \right)^2}{4 * \pi^2 * E} \right]$$

$$P_{cr} = 229 \text{ mm}^2 * 320 \text{ Mpa} \left[ 1 - \frac{320.000.000 \text{ Pa} (26,4534)^2}{4 * \pi^2 * 2,07 \times 10^{11} \text{ Pa}} \right]$$

$$P_{cr} = 71.272,039 \text{ N}$$

El valor de la carga crítica por pandeo es de 71.272,039N, lo que significa que la columna antes de fallar por pandeo puede resistir como máximo dicho valor de carga.

Aplicando la ecuación de diseño para dicha columna, se determina qué;

Donde;

$n$  = Factor de seguridad

$P_{adm}$  = Carga admisible

$P_d$  = Carga de diseño

$$n = \frac{P_{adm}}{P_d}$$

$$P_{adm} = n * P_d$$

$$P_{adm} = 3 * 71.272,039N$$

$$P_{adm} = 213.816,117N$$

Por tanto, se establece que la carga crítica por pandeo es menor que la carga estática del elemento, cumpliendo de manera óptima el requerimiento para soportar dicha carga, como se establece en la siguiente relación descrito en el libro.

$$\text{Carga Estática} < P_{cr}$$

$$308,657 \text{ N} < 71.272,039 \text{ N}$$

## 5.7 DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSION

Cuando se tiene un elemento sometido a una carga axial de tensión, es necesario tratar al elemento, por medio de una teoría de falla, para conocer su nivel de resistencia al momento de realizar la selección del material, estableciendo con ello un margen de seguridad en su implementación para determinada aplicación que se requiera.

En la figura 20. se tiene el elemento sometido a fuerza axial de tensión; de la misma manera, tomando una pequeña parte del elemento como se observa en la figura 21, se observa, un extremo del elemento que se encuentra sometido a tensión.

Se puede determinar que este elemento, únicamente se encuentra bajo un esfuerzo en x; dicha condición parte del hecho de que el elemento no tiene ningún otro esfuerzo en ningún eje y mucho menos una fuerza cortante aplicada en sí mismo; ya que el elemento se encuentra sometido exclusivamente, a una carga axial de tensión.

En este caso, se aplicará la teoría de falla denominada: Teoría de distorsión de energía de Von Mises.

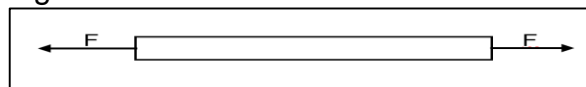
Para llevar a cabo un análisis por medio de la teoría de falla llamada; Teoría de distorsión de energía de Von Mises, es necesario tener en cuenta algunas consideraciones que se deben tener en cuenta según se expone en el libro de Diseño de Shigley de la siguiente manera;

- > La carga del elemento debe ser estática
- > Debe ser un material dúctil
- > Aplica para materiales basados en características isotrópicas

Con ella, por medio de la condición de falla  $\sigma' \geq s_y$ , se establece si el material, el cual, está siendo sometido a una carga determinada, fallará o es apto para la aplicación que se está realizando.

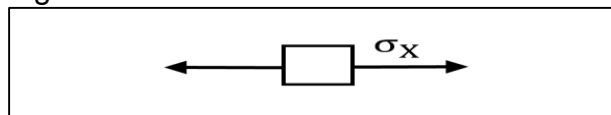
De esta manera se puede dar con certeza, un criterio con el cual se pueda elegir con seguridad determinado material y someterse de forma segura al elemento a una carga determinada.

Figura 20. Miembro sometido a tensión



“Fuente: Elaboración propia”

Figura 21. Elemento del miembro a tensión



“Fuente: Elaboración propia”

Se establece por medio de la ecuación de esfuerzo simple de tensión<sup>16</sup>, el valor del esfuerzo, sobre el elemento a analizar, tomando la sección transversal del elemento, y la fuerza aplicada, arrojando la ecuación;

---

<sup>16</sup> MOTT. Op. Cit., p. 160.



Donde;

$\sigma_x$  = Esfuerzo simple de tensión

F= Fuerza

A=Área de sección transversal

$$\sigma_x = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_x = \frac{935,32\text{N}}{2,29 \times 10^{-4} \text{m}^2}$$

$$\sigma_x = 4.084.388,646 \text{ Pa}$$

Convirtiendo, se tiene;

$$\sigma_x = \left( 4.084.388,646 \text{ Pa} * \frac{1\text{MPa}}{1.000.000\text{Pa}} \right)$$

$$\sigma_x = (4,0843\text{Mpa})$$

Obtenido el valor de esfuerzo sobre el eje x, se procede a determinar por medio de los esfuerzos principales el valor de cada uno, aplicando la ecuación de esfuerzos principales.

Aplicando las ecuaciones de esfuerzo principal máximo y mínimo<sup>17</sup>; sus magnitudes se calcularán a continuación, aplicando las ecuaciones descritas en el libro Diseño de elementos de Maquinas de Robert Mott, 2005 como se ve a continuación;

Donde;

$\sigma_x$ = Esfuerzo axial en el eje x

$\sigma_y$  =Esfuerzo en el eje y

$\tau_{xy}$ = Esfuerzo cortante

$\sigma_1$ = Esfuerzo principal Maximo

---

<sup>17</sup> Ibid., p. 139.

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x}{2} + \frac{\sigma_x}{2}$$

$$\sigma_1 = 4,0843\text{Mpa}$$

El valor correspondiente a  $\tau_{xy}$  es cero, debido a que en el elemento no existe ningún esfuerzo de tipo cortante actuante en el elemento de esfuerzo principal; así mismo se establece que el esfuerzo  $\sigma_y$  también es cero, debido a que no existe ninguno generado sobre el eje y, por consiguiente, se establece que es el único esfuerzo presente en el elemento es  $\sigma_x$ .

Debido a que se está realizando el análisis sobre un elemento general de esfuerzos en dos dimensiones y no sobre un elemento tridimensional de esfuerzo, el esfuerzo  $\sigma_3$  se asumirá como cero.

A continuación, se realiza la obtención del esfuerzo principal mínimo  $\sigma_2$ , por medio de la ecuación;

Donde;

$\sigma_x$ = Esfuerzo axial en el eje x

$\sigma_y$  =Esfuerzo en el eje y

$\tau_{xy}$ = Esfuerzo cortante

$\sigma_2$ = Esfuerzo principal Minimo

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x}{2} - \frac{\sigma_x}{2}$$

$$\sigma_2 = 0$$

$$\sigma_3 = 0$$

Gracias a la obtención de los esfuerzos principales, se concluye que sobre el elemento analizado solo interviene un esfuerzo axial, por esta razón y debido a las condiciones encontradas en el elemento, se procede a aplicar la teoría de falla de Von Mises, también llamada método de distorsión de energía, en el cual se establece la relación<sup>18</sup> de  $\sigma' \geq s_y$ .

Si esta se cumple se dice que el elemento sometido a esfuerzos fallara, mientras que si esta no aplica se determinara, que el elemento soportara de manera óptima la aplicación de esfuerzos, así como su posterior utilización en la aplicación deseada de manera segura.

Aplicando la teoría de falla, se tiene;

Donde;

$\sigma'$  = Esfuerzo de Von Mises

$\sigma_1$  = Esfuerzo principal Maximo

$\sigma_2$  = Esfuerzo principal Minimo

$\sigma_3$  = Esfuerzo principal tridimensional

$$\sigma' = \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = \left[ \frac{(4,0843\text{Mpa} - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - 4,0843\text{Mpa})^2}{2} \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = 4,0843\text{Mpa}$$

Siguiendo con el procedimiento de diseño, se puede aplicar el factor de diseño a la resistencia de fluencia para emplear;

Donde;

$\sigma'$  = Esfuerzo de Von Mises

$s_y$  = Fluencia del material

n = Factor de diseño

---

<sup>18</sup> Ibid., p189.

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

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

$$n = \frac{320\text{Mpa}}{4,0843\text{Mpa}}$$

$$n = 78,34$$

Luego de haber encontrado un factor de diseño de 78,34, se puede concluir del material utilizado que, tanto la fluencia del material, como el esfuerzo de Von Mises calculado, el material a emplear se encuentra sobre diseñado para la aplicación.

## 5.8 DISEÑO DE TORNILLOS

Para la mitigación de gastos económicos adicionales, se realizara la verificación de resistencia a cortante de los tornillos existentes, empleados en el sistema de anclaje en la silla del pasajero, mediante carga cortante, los cuales van a ser los mismos a emplearse en la instalación y operación del dispositivo para pruebas, ya que por los costos que implica la adquisición de estos juegos de tornillos de alta resistencia, se prefiere emplear los ya existentes, sin necesidad de generar compras adicionales a proveedores externos.

Los anclajes de la silla del pasajero, específicamente, los tornillos empleados son de referencia ASTM-A449 (Tipo 1) 5/16" x 1 1/2", ver Anexo C, de acero de medio carbono, con una resistencia mínima a la tracción de 827MPa; para realizar el montaje del dispositivo, se sugiere utilizar una tuerca M8 DIN 934, con la cual se puede llevar a cabo la sujeción del tornillo de forma que este quede completamente asegurado a la estructura y a la carrocería del vehículo.

Por esta razón, si bien, la carga correspondiente a un punto de anclaje del dispositivo corresponde a 883.883 N, tomando la condición más crítica que soportara el tornillo, es decir la fuerza cortante correspondiente a 1.767,766N, que corresponde a la total; es posible establecer una incidencia mayor de esfuerzos actuantes sobre el elemento de fijación roscado de manera efectiva, permitiendo determinar una falla, debido a una posible exposición a una carga excesiva de operación sobre el material a emplear; en específico, sobre el tornillo con las dimensiones suministradas por la compañía CESVI COLOMBIA.

El anterior procedimiento se realiza para que por medio de la utilización de la condición más crítica que va a soportar la estructura, se pueda determinar con un grado de certeza razonablemente alto, la probabilidad de una posible falla del

elemento, con lo cual se determina bajo cierto grado de seguridad, la confiabilidad que puede brindar el material al ser sometido a determinada carga.

Se obtiene el área de sección transversal del tornillo previamente especificado de la siguiente manera;

Donde;

$A_{to}$  = Área sección trasversal tornillo

$r$  = Radio del tornillo

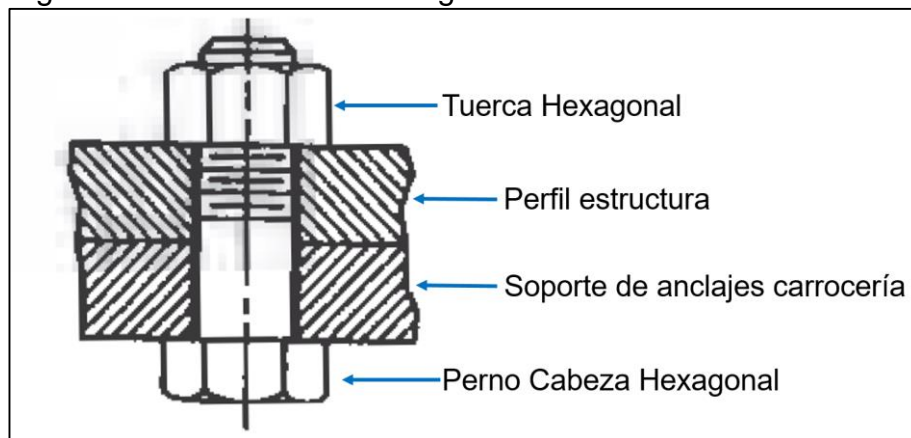
$$A_{to} = \pi * r^2$$

$$A_{to} = \pi * (4 \times 10^{-3} \text{m})^2$$

$$A_{to} = 5.026 \times 10^{-5} \text{m}^2$$

Se procede a realizar la obtención de esfuerzos principales para determinar por medio de una teoría de falla, la posible falla o resistencia óptima del material que se empleara en el tornillo, y de esta manera aceptar o no, la posible selección de estos mismos elementos para el dispositivo que se está diseñando como se observa en la figura 22.

Figura 22. Perno cabeza hexagonal



"Fuente: Elaboración propia"

Para hallar el esfuerzo cortante<sup>19</sup>, se emplea la fórmula descrita en el libro de Mott, dividiendo la fuerza actuante entre el área de sección transversal del perno; así mismo se procede a encontrar los esfuerzos principales, aplicando los principios descritos al comienzo de este capítulo, no serán referenciados, ya que se emplearán

<sup>19</sup> Ibid., p 92.

las mismas secciones y apartes del libro texto usado por medio de los esfuerzos principales, se procede a ejecutar el ejercicio anterior, cuando se emplearon las ecuaciones y los métodos de resolución de las mismas.

Donde;

$\tau_{yx}$  = Esfuerzo cortante

F= Fuerza

$A_{to}$  = Área sección transversal tornillo

$$\tau_{yx} = \frac{F}{A_{to}}$$

$$\tau_{yx} = \frac{1.767,766N}{5,026 \times 10^{-5} m^2}$$

$$\tau_{yx} = 35.172.423,4Pa$$

Convirtiendo, se tiene;

$$\tau_{yx} = \left( 35.172.423,4Pa * \frac{1MPa}{1.000.000Pa} \right)$$

$$\tau_{yx} = 35,17MPa$$

De manera conjunta, mediante la obtención del esfuerzo cortante, se procede a encontrar los esfuerzos principales<sup>20</sup> sobre el elemento de esfuerzo, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente.

Donde;

$\sigma_x$  = Esfuerzo axial en x

$\sigma_y$  = Esfuerzo en el eje y

$\tau_{yx}$  = Esfuerzo cortante

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

---

<sup>20</sup> Ibid., p 139.

$$\sigma_1 = \sqrt{(35,17)^2} = 35,17\text{Mpa}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_2 = -\sqrt{(35,17)^2} = -35,17 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_3 = 0$$

Aplicando la teoría de energía de distorsión para materiales dúctiles, conocida como Von Mises  $\sigma' \geq s_y$ .<sup>21</sup> se tiene;

Donde;

$\sigma'$  = Esfuerzo de Von Mises

$\sigma_1$  = Esfuerzo principal Maximo

$\sigma_2$  = Esfuerzo principal Minimo

$\sigma_3$  = Esfuerzo principal tridimensional

$$\sigma' = \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = \left[ \frac{(35,17\text{Mpa} - (-35,17))^2 + (-35,17 - 0)^2 + (0 - 35,17\text{Mpa})^2}{2} \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = 60,91\text{Mpa}$$

Aplicando la teoría de diseño<sup>22</sup> descrita en el libro de Robert Mott, como procedimiento fundamental en el desarrollo de la determinación de esfuerzos bajo el principio de Von Mises, se define;

Donde;

$\sigma'$  = Esfuerzo Von Mises

$s_y$  = Fluencia del material

---

<sup>21</sup> Ibid., p 189.

<sup>22</sup> Ibid., p 189.

n = Factor de seguridad

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

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

$$n = \frac{827\text{Mpa}}{60,91\text{Mpa}}$$

$$n = 13,57$$

El factor de seguridad de valor 13,57 refleja, que el material y el tipo de tornillo empleado para los anclajes de la silla del pasajero se encuentran sobre diseñados a un nivel significativo para la aplicación, que corresponde a la fijación del dispositivo a la carrocería, lo cual representa que, por exceso, dichos elementos son altamente confiables bajo la condición de esfuerzo cortante experimentada, y por lo tanto es seguro usarlos, sin riesgo de falla.

## 5.9 DISEÑO DE LAS SOLDADURAS

Para la aplicación que se está realizando, es de suma importancia conocer la geometría necesaria para generar de manera óptima el cordón de soldadura.

En este caso, el cordón de la soldadura será en ranura en 'v" a tope y de filete, así mismo, la soldadura se realizará preparando la superficie a soldar en los bordes, facilitando el proceso y permitiendo un mejor acabado en la soldadura.

El cordón de la soldadura será aplicado alrededor de la pieza a soldar, esto con el fin de cubrir completamente el perfil, brindando mejores condiciones de resistencia bajo carga.

Adicionalmente, es necesario tener en cuenta las especificaciones técnicas del rollo de soldadura empleado para realizar el procedimiento por medio de MIG; tales como la resistencia a la fluencia del material de aporte, el cual es de 345 MPa, asegurando un excelente desempeño en la aplicación deseada.

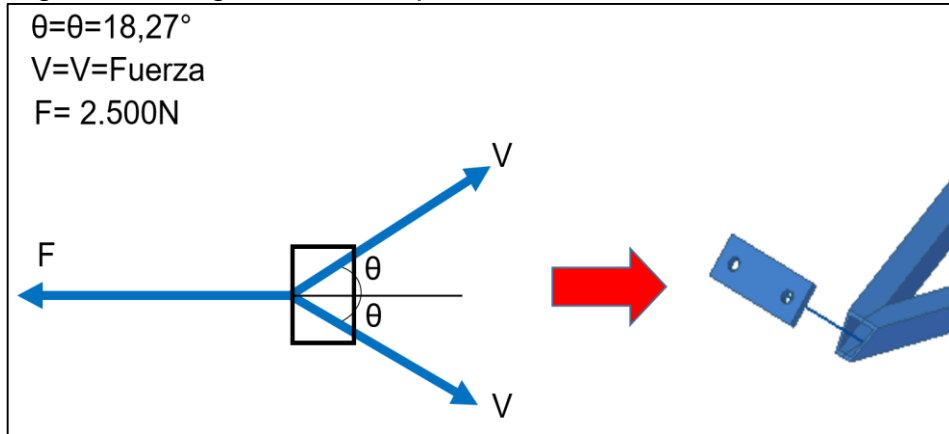
Usando el libro de diseño, se procede a realizar los cálculos asociados de la soldadura; así mismo, se establecen los parámetros de inicio como longitud a soldar, fluencia del material de aporte, entre otros.

Al realizar el análisis de la sección más crítica a soldar, figura 23, se establece que esta se encuentra bajo carga cortante de la totalidad de la carga aplicada sobre la



estructura, estableciendo su valor crítico como criterio para ser tomada en adelante como el parámetro predeterminado para las demás soldaduras.

Figura 23. Diagrama de cuerpo libre soldadura



“Fuente: Elaboración propia”

A continuación, se procede a realizar el análisis de las cargas actuantes en el punto de la platina, donde esta va a ser soldada a la estructura, siendo sometida su soldadura a un esfuerzo cortante durante el análisis, por medio de la carga aplicada a la estructura.

Realizando las ecuaciones de equilibrio correspondientes a esa sección de la estructura, se tiene que;

Donde;

$V =$  Fuerza

$\theta =$  Angulo de fuerza

$F =$  Fuerza Aplicada

$$V * \text{Cos}\theta + V * \text{Cos}\theta = F$$

$$V * \text{Cos}\theta + V * \text{Cos}\theta = -2.500N$$

$$2V * \text{Cos}\theta = -2.500N$$

$$2V * \text{Cos}(18,27) = -2.500N$$

$$V = -1.316,36N$$

Así mismo, mediante las reacciones de equilibrio en y, se tiene;

Donde;

V= Fuerza

$\theta$ = Angulo de fuerza

$$-V * \text{Sen}\theta + V * \text{Sen}\theta = 0$$

$$0 = 0$$

La carga directa cortante sobre la soldadura, se encuentra determinada por el esfuerzo cortante promedio descrito en el libro de Mott, como sigue;

Donde;

$\tau$ = Esfuerzo cortante promedio

V= Fuerza

h = Garganta de soldadura

L = Longitud soldadura

$$\tau = \frac{V}{L * h}$$

El cual, a su vez es igual a la fluencia del material de soldadura dividido por dos veces el factor de seguridad, como se explica en el capítulo de uniones permanentes del libro de Norton<sup>23</sup>, determinándose, así como;

Donde;

$\tau$ = Esfuerzo cortante promedio

V= Fuerza

h = Garganta de soldadura

L = Longitud soldadura

$S_y$ = Fluencia material de soldadura

FS= Factor de seguridad

---

<sup>23</sup> NORTON. Op. Cit., p. 798.

$$\frac{V}{L * h} = \frac{S_y}{2 * FS}$$

$$\frac{1.316,36 N}{28,3mm * h} = \frac{345 Mpa}{2 * 3}$$

$$\frac{1.316,36 N(6)}{345Mpa * 28,3mm} = h$$

$$h = 0,8089 mm$$

En este caso, al ser ortogonales las piezas y al estar a 45 grados el filete, el ancho de la garganta es 0,7071 veces el ancho del filete, es decir la altura del filete, como se describe en la sección de uniones permanentes del libro de Diseñó, mediante la ecuación de la garganta de soldadura de este tipo, se establece que;

Donde;

$h$  = Ancho de garganta de la soldadura

$a$  = Altura del filete

$$h = \frac{a * \sqrt{2}}{2}$$

$$a = \frac{2h}{\sqrt{2}}$$

$$a = \frac{2(0,8089 mm)}{\sqrt{2}}$$

$$a = 1,1439 mm$$

Tomando el alto del filete del cordón de soldadura, se determina que se necesita una altura de 1,1439 mm.

Como se muestra en la imagen 25, de acuerdo al espesor del material a soldar, se selecciona un tamaño de filete mínimo para la aplicación deseada.

Lo anterior, con el fin de llevar a cabo el proceso de soldadura de forma recomendada, tal y como se describe en la sección de uniones permanentes del libro.

Imagen 25. Tamaño de filete

Tamaños mínimos de soldadura en filetes*	
Espesor del metal base (T)	Tamaño mínimo de la soldadura
tamaño en pulgadas	
$T \leq 1/4$	1/8
$1/4 < T \leq 1/2$	3/16
$1/2 < T \leq 3/4$	1/4
$3/4 < T$	5/16
tamaños en mm	
$T \leq 6$	3
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T$	8

Fuente: NORTON. Robert. Diseño de máquinas. México D.F.: 2011. p 800.

Tomando la recomendación, se establece que, debido al espesor de placa menor a 6 mm, el tamaño del filete de la soldadura debe ser de 3 mm.

## 6. EVALUACION MEDIANTE METODO DE ELEMENTOS FINITOS

En la evaluación mediante el método de elementos finitos se emplea el software NX 11, el cual permite determinar el comportamiento de los elementos que componen el dispositivo analizando las condiciones de operación y carga a las cuales será expuesto; así mismo, por medio de esta simulación se desea establecer si los perfiles utilizados para el diseño de la misma soportaran de forma óptima la aplicación de cargas, situación que podría comprometer la seguridad estructural del dispositivo para pruebas.

A través de este capítulo se procede a realizar un conjunto de procedimientos para determinar el factor de seguridad como medio para realizar una comprobación de diseño en el dispositivo.

### 6.1 CONVERGENCIA DE MALLA

Es necesario realizar una convergencia de malla para determinar de forma acertada la variación y posterior refinación del resultado; esto con el fin de llegar a una aproximación muy cercana del valor real que arroja la simulación debido a sus posibles variaciones que los diferentes resultados pueden generar por medio del tamaño de malla.

Mediante la convergencia de malla, se realizará una convergencia de los valores referentes al esfuerzo de von mises, mientras se va refinando cada vez más la estructura de malla con la cual se desea realizar la simulación.

En cada etapa de refinación de malla, el número del tamaño de malla se reduce, permitiendo en cada refinamiento, un análisis más aproximado de las condiciones a las que estará siendo sometido cada uno de los elementos en la estructura, así como la propia estructura, encontrando condiciones más cercanas al valor deseado.

Así mismo, para lograr un nivel de convergencia de malla fiable, se debe lograr llegar a una tasa en la tabulación de la gráfica de alrededor de valores estimados entre un margen del 10 al 5%, validando así los resultados obtenidos como seguros.

La convergencia de malla debe estar acompañada por las mismas condiciones con las cuales se asumió la estructura; esto con el fin de realizar un análisis lo más cercano posible a las condiciones tomadas durante la redacción del capítulo de diseño, así mismo, es importante considerar y aplicar estas consideraciones, con el fin de tener resultados cercanos a los previamente obtenidos.

A continuación, se procede a realizar la convergencia de malla, por medio de una tabulación, encontrando valores del esfuerzo de Von mises, frente a diferentes tamaños de malla, obteniendo como resultado, la convergencia necesaria para obtener valores óptimos, por medio del método de los elementos finitos.

En los valores mostrados a continuación, se muestra cada uno de los factores a evaluar, reflejando un modelo de tendencia a partir de los datos obtenidos, los cuales corresponden a los hallados en el punto crítico de la estructura; su procedencia y detalle, se mostrará en la siguiente sección del presente capítulo.

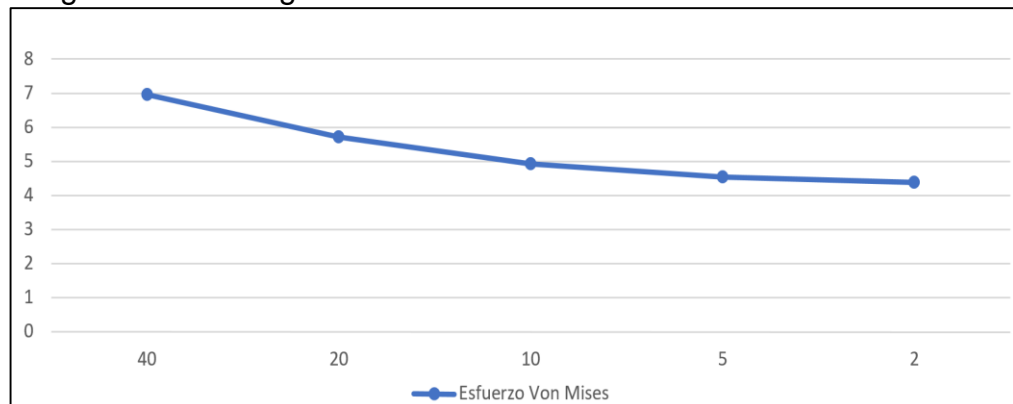
Imagen 26. Datos convergencia de malla

Tamaño de malla(mm)	Esfuerzo Von Mises (Mpa)	Error de discretizacion(%)
40	6,95	0
20	5,72	17,69
10	4,93	13,81
5	4,542	7,87
2	4,385	3,46

“Fuente: Elaboración propia”

Luego de haber generado la tabulación con los datos referentes a la convergencia de malla, se procede a realizar la gráfica para observar la tendencia, en términos de convergencia de los resultados anteriormente comparados.

Imagen 27. Convergencia de malla



“Fuente: Elaboración propia”

De esta manera, se puede establecer que los resultados obtenidos durante la convergencia de malla son válidos, asumiendo que son aceptables para llevar a cabo la simulación por medio del método de elementos finitos.

## 6.2 EVALUACIÓN EN PUNTO CRÍTICO

Para realizar la simulación se deben considerar las cargas y restricciones aplicadas durante el método manual, esto con el fin de que, al finalizarse el proceso de la simulación, estos valores tengan coherencia y presenten determinado grado de

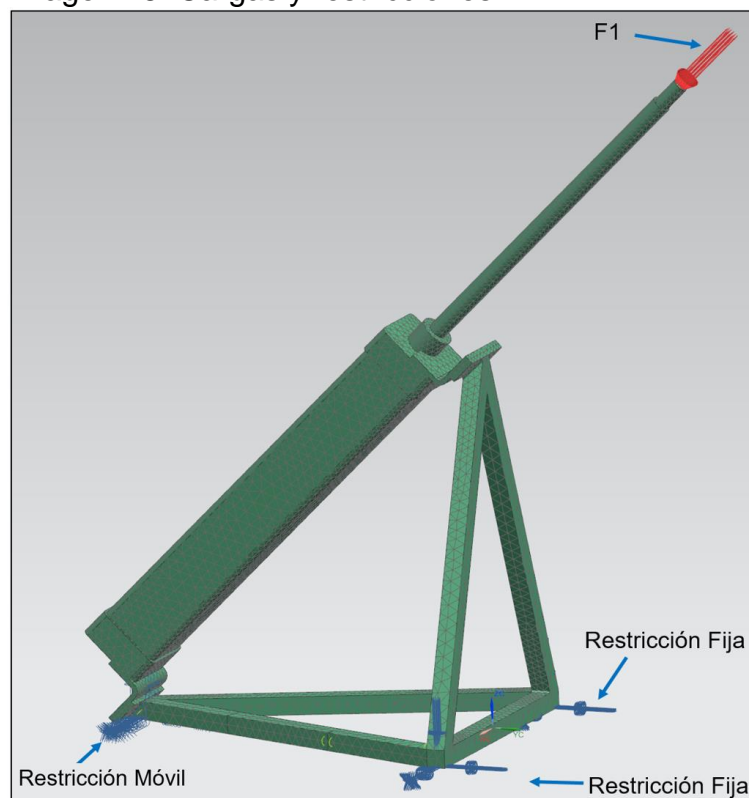
similitud al analizar el mismo punto crítico para llevar a cabo de forma correcta el procedimiento de la simulación.

A continuación, se muestran las cargas aplicadas y restricciones sobre la estructura, con ellas se muestra la aplicación como corresponde de cada una de las condiciones involucradas dentro de la estructura a analizar.

La fuerza 1, como se observa en la imagen 28. muestra que se está realizando su aplicación justo en la punta del vástago, ya que la línea de acción de la fuerza va en el mismo sentido de su aplicación; se coloca una fuerza correspondiente al valor de 2.500 Newton, los cuales actuarán por medio de su reacción sobre el vástago, distribuyéndose a través de la estructura hasta sus puntos de apoyo.

En este caso los puntos de apoyo de la estructura se encuentran en la parte inferior de la estructura en donde mediante las respectivas restricciones que tienen lugar, establecidas de la misma forma en la que se asumieron durante el análisis por el método manual, referente al análisis matemático realizado previamente al comienzo del documento; estas deben cumplirse de la misma manera sobre la estructura a simular para llegar a un análisis adecuado de las condiciones anteriormente descritas sobre la estructura.

Imagen 28. Cargas y restricciones



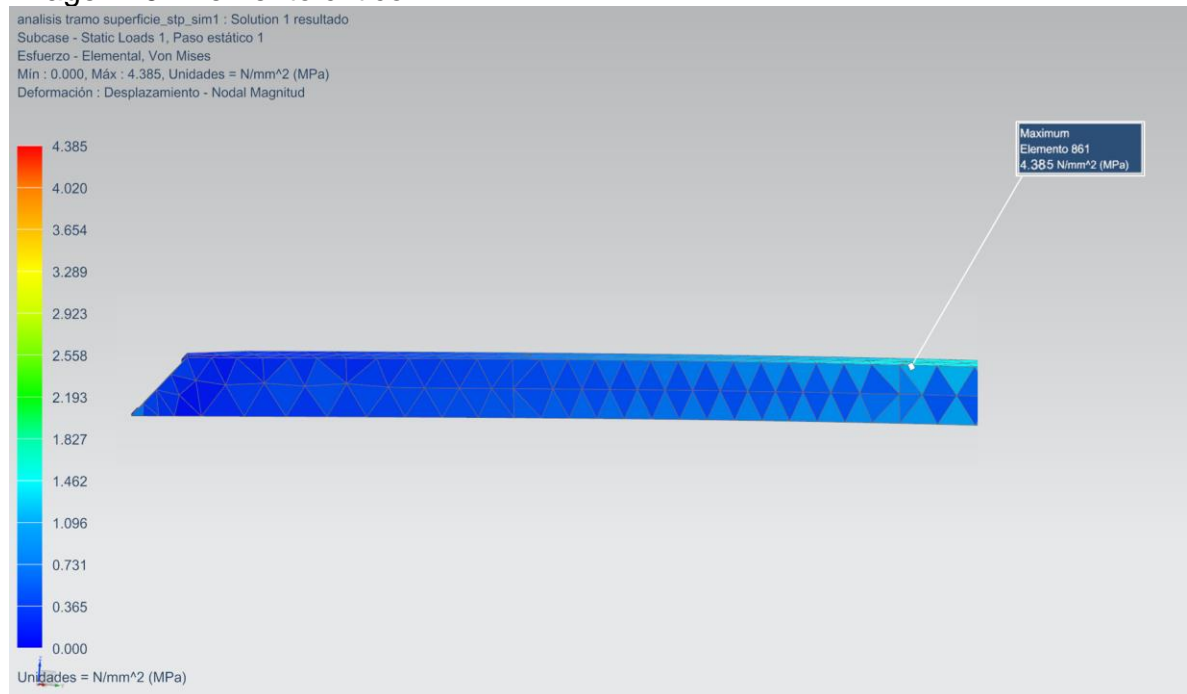
“Fuente: Elaboración propia”

Una vez se tienen en cuenta las fuerzas involucradas en cada uno de los elementos, se debe realizar el análisis de toda la estructura en conjunto como un todo, determinando el punto en el cual se generan los esfuerzos críticos sobre la estructura.

A su vez, se procede a seleccionar un punto del elemento crítico determinado, al realizar el método analítico descrito al comienzo del documento, esto, para llevar a cabo la obtención del valor del esfuerzo de Von Mises de forma correcta; esto con el fin de ser congruente con los resultados obtenidos, ya que su obtención en otro lugar sería errónea y no cumpliría en absoluto la finalidad del análisis por medio del método de los elementos finitos.

De esta manera, se obtiene;

Imagen 29. Elemento crítico



“Fuente: Elaboración propia”

Se observa, mediante el análisis por medio del método de elementos finitos que la estructura, que estará sometida a una carga de 2.500 Newton, está en capacidad de soportar de manera óptima esta condición, debido a que al realizar la simulación se determina, en razón, al tipo de material empleado, Acero A500 Grado B, en conjunto con la clase de perfil empleado de dimensiones 25X25X2,5 mm, que al ser sometido a la respectiva aplicación de fuerza, el material no será sometido a condiciones severas de operación que pongan en riesgo la integridad del material.



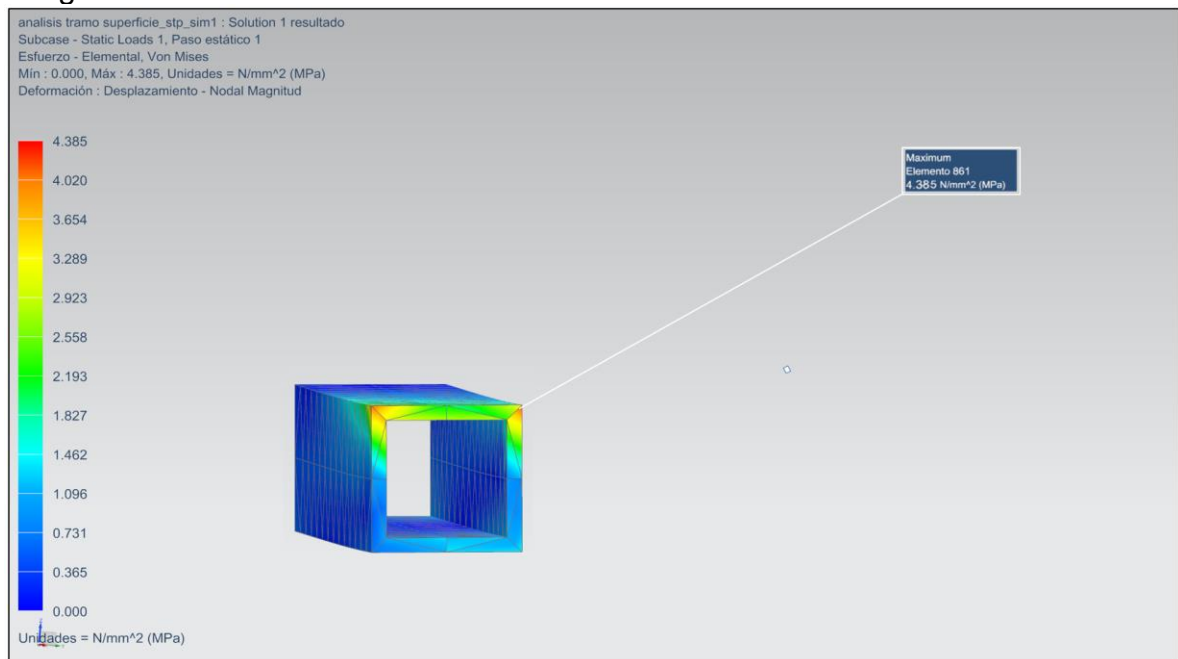
El factor de seguridad en el punto donde se hallaron los esfuerzos en el método calculado, muestra que para esta condición por medio de la simulación, refleja un factor de seguridad correspondiente a 72,97, el cual, en comparación con el factor de seguridad obtenido en los cálculos manuales, con un valor de 78,34 se encuentra dentro del rango admisible de variación para este caso, mostrando una variación porcentual sobre el orden del 7.35%, algo razonable, si se tiene en cuenta las diferentes condiciones de entorno a las cuales estará sometida la estructura en el punto crítico durante la simulación.

En la imagen 30. se observa una mejor perspectiva de forma lateral y en sección transversal del elemento crítico, el cual en la imagen 29, se mostraba como si no estuviese cargado; sin embargo, en esta nueva vista se puede observar que el mismo elemento analizado efectivamente se encuentra cargado, reflejándose en su esquina superior con una tonalidad más fuerte.

Esta clase de diferencias radica en que el elemento, se encuentra cargado de forma interna entre cada uno de sus nodos que lo compone, situación por la cual, al mostrarse de forma general, a el elemento en conjunto, no va a ser notorio y/o visible como se desea.

Es por esta razón, que se realiza un corte de sección en perspectiva para observar más en detalle el punto crítico del elemento y así mismo, se puede determinar en efecto la carga interna del elemento tal y como lo sugieren los cálculos por medio del método numérico.

Imagen 30. Lateral elemento critico



“Fuente: Elaboración propia”

Los valores encontrados, tanto por el método manual, como por el método de simulación de los elementos finitos debería ser muy cercano entre sí mismos, sin embargo y debido a las distintas consideraciones tomadas durante el desarrollo del presente documento, se presentan condiciones similares que el programa interpreta y ajusta, arrojando resultados cercanos a los obtenidos en el método manual.

Por ejemplo, en el caso de las juntas de los perfiles, en donde al desarrollar el capítulo de diseño del dispositivo, se asumió en el análisis estático que cada uno de los perfiles empleados para la estructura se encontraban solidarios entre sí por medio de uniones pivotadas, esta circunstancia cambió al realizar el análisis por medio del software de elementos finitos.

Así mismo, se tomó el cilindro como un elemento conjunto de la estructura, asumiendo que era parte estructural del mismo material; al realizar la determinación de cargas al momento de desarrollar los análisis estáticos de la estructura, dicha condición cambió, al tomar en el programa las condiciones reales a las cuales estaría sometida la estructura por medio de la asignación auténtica de los materiales correspondientes en cada uno de los elementos que componen la estructura.

Con estas variables se puede establecer que, a pesar de que el elemento crítico analizado es un elemento sometido a tensión, éste, se encuentra sujeto a condiciones y a cargas aplicadas en él, de forma diferente a las tomadas en cuenta durante la realización de los cálculos y durante las asunciones aplicadas al realizar el diseño de la estructura.

### 6.3 EVALUACIÓN DE LA BASE DEL CABEZAL DE IMPACTO

Debido a los altos costos asociados producto de realizar una base para el cabezal de pruebas para el dispositivo, la compañía desea evitar realizar grandes inversiones en piezas significativamente costosas, por esta razón, y por solicitud de la compañía, se debe realizar una verificación por espesor de la placa suministrada, previamente maquinada y entregada para su puesta en operación.

Con esta verificación, se desea establecer si el material que la empresa suministra, será el indicado para soportar la carga a la que será expuesta durante el proceso de pruebas para la retención de los vidrios panorámicos, a su vez que se determinara si se requiere un cambio de material o un aumento en la selección de las chapas existentes en aluminio circulares, con las que cuenta la compañía para llevar a cabo este tipo de ensayos; se escogerá la chapa circular más pequeña disponible en el almacén de la empresa para llevar a cabo el proceso de chequeo para la aplicación deseada.

En este caso, se tomará como material de la placa, Aluminio 7075 T6, la cual tiene una resistencia a la fluencia de 503,31 MPa, a su vez que el espesor es de 25 mm; es por esta razón y debido al esfuerzo al que estará sometida la pieza que se debe

realizar una verificación de espesor, ya que al ser tan pequeño puede presentar algún tipo de falla al emplearse para la aplicación.

Para realizar una verificación acorde a las condiciones de operación, de forma lo más cercana posibles a los resultados reales, se debe realizar una convergencia de malla, con la cual se va a realizar una convergencia mediante la obtención de valores de esfuerzo, mientras se va realizando un refinamiento a la malla cada vez más fino, siguiendo los parámetros que se explicaron en la sección anterior.

A continuación, se muestra, la tabulación del esfuerzo obtenido luego de realizar una convergencia de malla; cabe recordar que esta se obtuvo a través del procedimiento de refinación de malla para encontrar un valor cercano y valido dentro del análisis mediante el método de los elementos finitos.

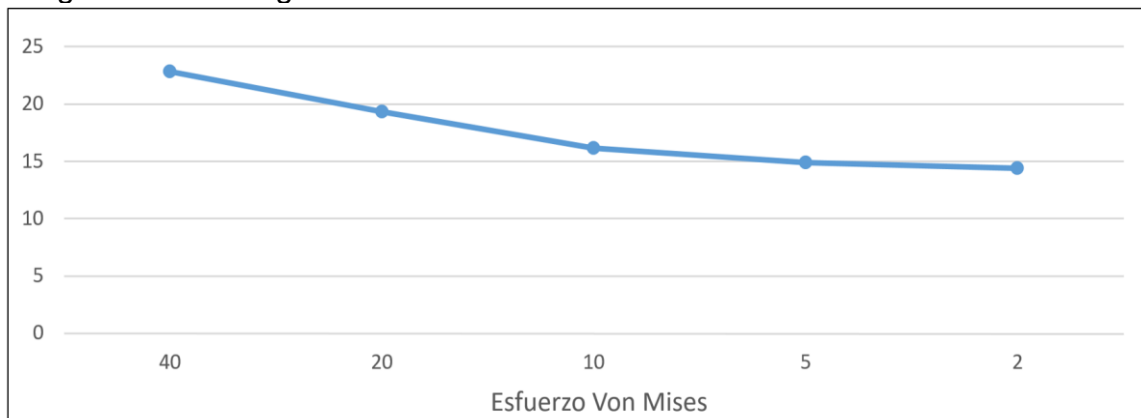
Imagen 31. Datos convergencia de malla placa

Tamaño de malla(mm)	Esfuerzo Von Mises (Mpa)	Error de discretizacion(%)
40	22,841	0
20	19,329	15,38
10	16,124	16,58
5	14,867	7,80
2	14,424	2,98

“Fuente: Elaboración propia”

En la imagen 32, se muestra la tabulación reflejada por medio de la gráfica del esfuerzo de Von Mises, con el cual se reafirma que el estudio puede ser realizado con resultados fiables a la hora de realizar la simulación, permitiendo una obtención de datos dentro del margen aceptable para la simulación por medio de la convergencia.

Imagen 32. Convergencia de malla

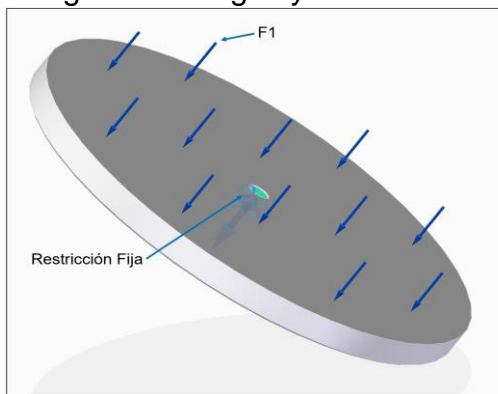


“Fuente: Elaboración propia”

A continuación, se procede a realizar el procedimiento de la incorporación de fuerzas para realizar la simulación, de manera simultánea se deben incluir las restricciones, con el fin de realizar la simulación de manera exitosa; así mismo luego de concluir este paso se procede a ejecutar la simulación.

Adicionalmente, en la imagen 33, se observa que se debe colocar la fuerza F1 con un valor de 2.500 Newton de forma distribuida en toda la sección de la placa, la cual es la fuerza final que va a recibirse para generar el impacto, así mismo, se toman sus restricciones, asumiéndose como un sistema restringido de la misma manera en cómo se tomaron las uniones roscadas.

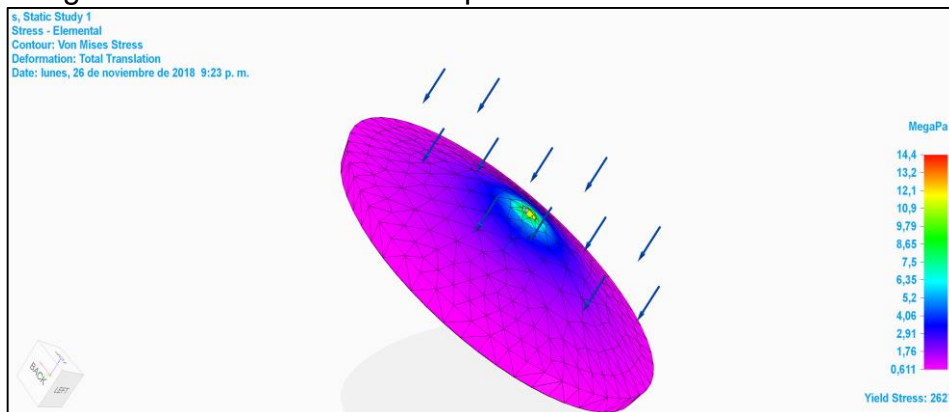
Imagen 33. Cargas y restricciones



“Fuente: Elaboración propia”

Luego de colocarse los parámetros para la simulación, se procede a realizar la simulación por medio del método de los elementos finitos como sigue a continuación;

Imagen 34. Placa cabezal de impacto



“Fuente: Elaboración propia”

Por medio de la simulación, se puede observar que el espesor de la placa y el material empleado Aluminio 7075 T6 son aptos para ser empleados en las pruebas

de retención del vidrio panorámico; ya que debido al esfuerzo de Von Mises calculado en el programa, de 14,4 MPa, al ser comparado con la fluencia del material, arroja un factor de seguridad de alrededor de 34,9, lo cual indica que, esta placa cuenta con un excedente de resistencia para la aplicación deseada.

Sin embargo, esta condición de sobrediseño no es la ideal, ya que debido a factores de presupuesto y demás condicionantes para su adquisición, se suele convertir en un problema de diseño mayor; sin embargo y por solicitud del cliente, la pieza suministrada cumple por exceso, sin posibilidades de fallar debido al grado de espesor sometido a dicha carga.

En este caso, no se puede realizar una comparación de resultados entre los obtenidos por el método de simulación por elementos finitos y el método manual, debido a que esta pieza, es directamente suministrada por la compañía con especificaciones de diseño determinadas; así mismo, debido a su complejidad y al no requerimiento de diseño en este proyecto, de esa pieza, no se realizaron los cálculos y análisis matemáticos correspondientes al respecto.

## 7. MANUALES

El dispositivo está diseñado para ser instalado de manera adecuada en el habitáculo del copiloto, ser ajustado con seguridad y finalmente, generar un golpe a determinada fuerza contra el vidrio panorámico; dicho montaje, operación y mantenimiento del dispositivo deben cumplirse de manera adecuada durante su uso.

### 7.1 MANUAL DE ENSAMBLE

En esta sección, se describe el proceso de ensamble del dispositivo, desde la unión de cada pieza de tipo estructural que compone la estructura, hasta la aplicación de la soldadura de cada junta entre las piezas.

7.1.1 Unión de perfiles. Por medio de una herramienta de posicionamiento para ejecutar el proceso de soldadura, conocida como mesa cribada para soldar con escuadra, mostrada en la figura 24, se procede a realizar la ubicación del elemento C-B, mediante bridas garantizando una sujeción uniforme.

Figura 24. Mesa cribada

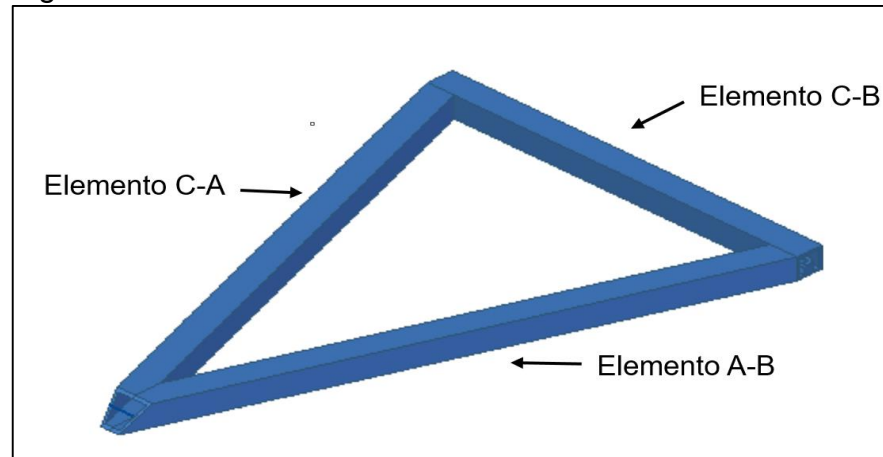


Fuente: De máquinas y herramientas. Herramientas para soldar. [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/accesorios-soldado>

De manera conjunta, como se muestra en la figura, se deben alinear los perfiles inferiores C-A y A-B, justo en los bordes del perfil principal, conocido como elemento

C-B, por medio de bridas y mordaza que permitan un ajuste confiable para realizar el proceso de soldadura en las juntas de la sección inferior de la estructura.

Figura 25. Sección inferior



“Fuente: Elaboración propia”

Luego de completar este proceso, la estructura terminada se debe ubicar sobre una escuadra de banco, similar a la mostrada en la figura 26, por medio de un juego de bridas.

Figura 26. Escuadra de banco

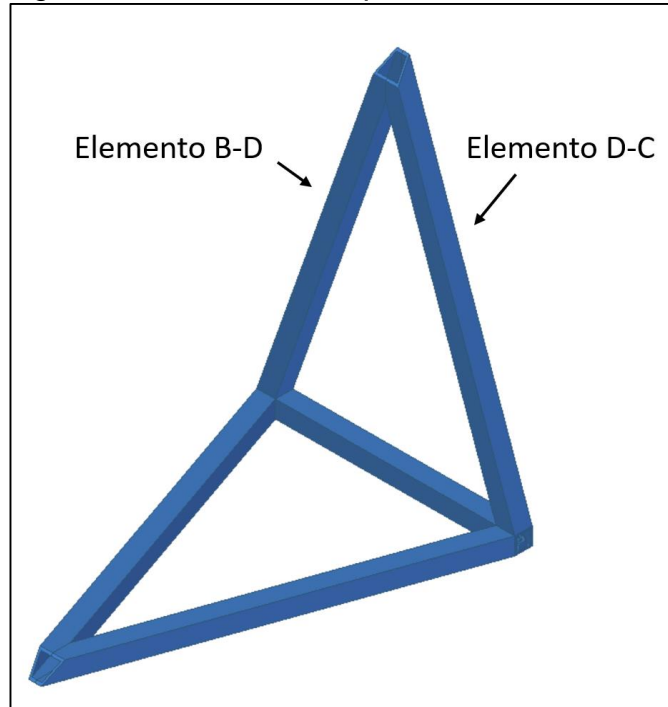


Fuente: De máquinas y herramientas. Herramientas para soldar [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/accesorios-soldado>

A su vez, y gracias a la pared a 90 grados que compone la escuadra de banco, se realizara la ubicación de los perfiles laterales B-D y D-C, que componen la

estructura, ubicándolos a los extremos del perfil principal, como se muestra en la figura 27, mediante mordazas para su posterior aplicación de la soldadura.

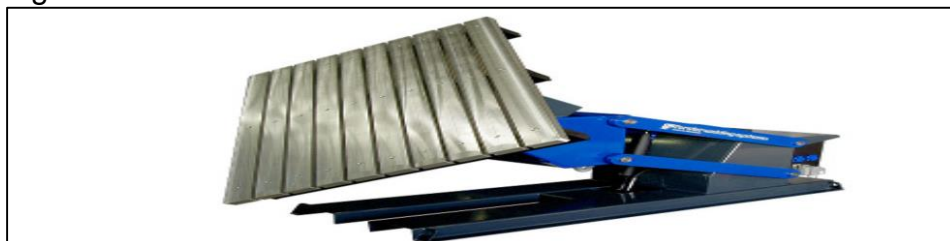
Figura 27. Estructura simplificada



“Fuente: Elaboración propia”

7.1.2 Unión de láminas a estructura. Para realizar la unión de las láminas de fijación a la estructura, de manera cómoda y sencilla, es necesario utilizar la herramienta de posicionamiento conocida como mesa ranurada rotativa inclinable mostrada en la figura 28, la cual mediante sus grados de libertad y estructura superficial de la placa de fijación, permiten fijar la estructura por medio de juegos de bridas, facilitando su manipulación para encontrar el ángulo deseado que permita llevar a cabo el proceso de soldado sobre la estructura en conjunto con la pieza a unir.

Figura 28. Mesa ranurada rotativa



Fuente: De máquinas y herramientas. Herramientas para soldar [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/accesorios-soldado>



Mediante la herramienta de sujeción conocida como tornillo de apriete semiautomático de inglete, observada en la figura., se realiza la fijación de la lámina de sujeción a la sección de la estructura deseada para ser objeto del proceso de soldadura.

Figura 29. Tornillo de apriete

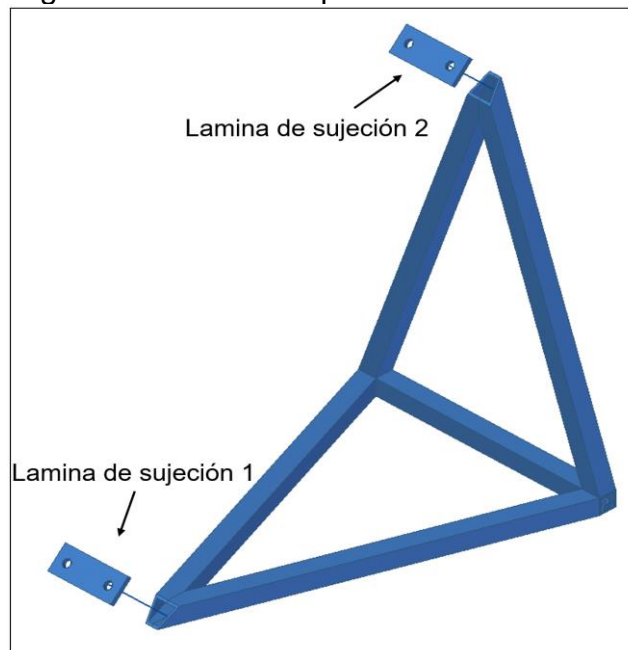


Fuente: De máquinas y herramientas. Herramientas para soldar [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/accesorios-soldado>

Se debe tener especial cuidado respecto a la posición de la lámina de fijación respecto a la estructura, por lo cual es de vital importancia tener en cuenta las dimensiones allí expresadas para realizar un correcto posicionamiento de la pieza a unir.

La forma en la que deben estar ubicadas se muestra en la figura 30. De la correcta ubicación de las láminas de fijación depende que se pueda llevar a cabo el proceso de soldado de manera exitosa.

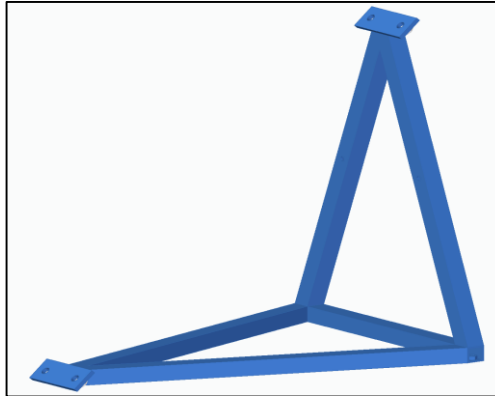
Figura 30. Estructura por secciones



“Fuente: Elaboración propia”

Finalmente, la estructura ensamblada del dispositivo debe observarse como se muestra en la figura.

Figura 31. Estructura ensamblada



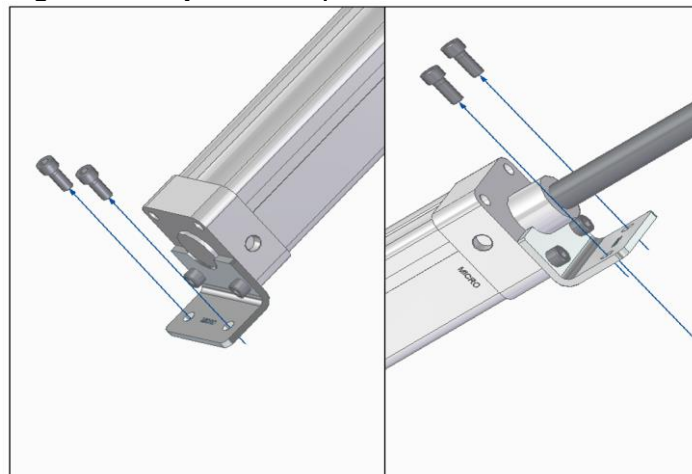
“Fuente: Elaboración propia”

## 7.2 MANUAL DE MONTAJE

A continuación, se describe el proceso de montaje del dispositivo en el habitáculo del pasajero, desde el montaje de los accesorios en su estructura hasta la instalación en el vehículo. Cabe resaltar que el procedimiento concerniente a su activación y puesta en marcha será descrito en el manual de operación.

Encontrándose asegurada la estructura que compone el dispositivo, se procede a realizar la fijación atornillada del cilindro neumático a la estructura, dicho proceso debe incluir un par de apriete de 15 Nm en los cuatro pernos de sujeción del cilindro a la estructura, mediante sus sistemas de fijación compuesto por dos platinas de montaje, tanto superior como inferior, como se ilustra en la figura 32.

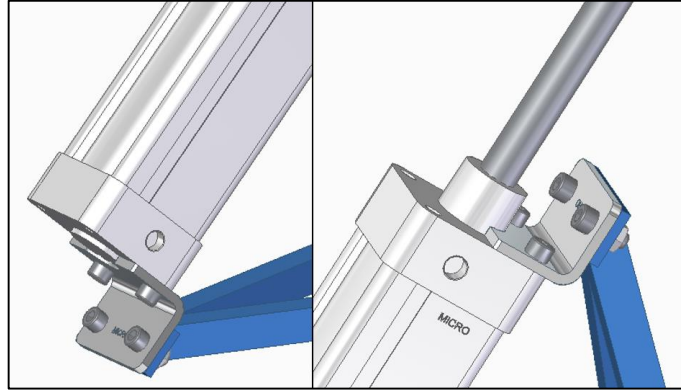
Figura 32. Fijación de pernos al cilindro



“Fuente: Elaboración propia”

Luego de haberse realizado el respectivo montaje de los accesorios anteriormente descritos, el dispositivo debe encontrarse en la siguiente condición mostrada en la figura 33, así mismo, en la figura 34, se muestra una vista general del montaje.

Figura 33. Fijación de pernos a estructura



“Fuente: Elaboración propia”

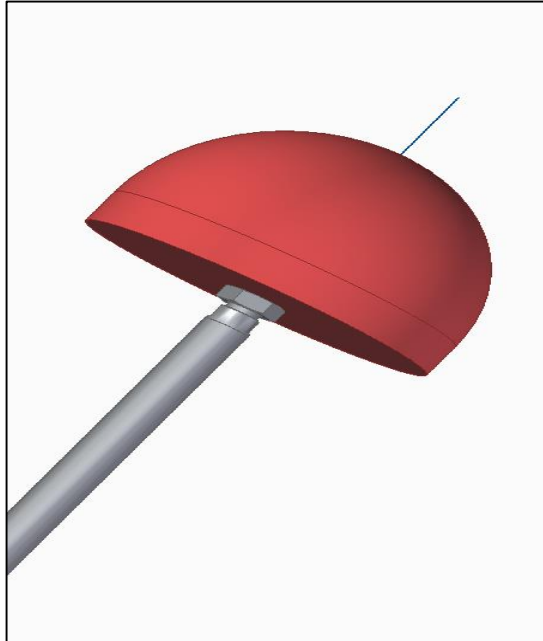
Figura 34. Vista general dispositivo



“Fuente: Elaboración propia”

Ahora, se procede a realizar el montaje y ajuste de la rosca, junto con el elastómero en la punta del vástago del cilindro de tal manera que quede ajustada lista para su operación.

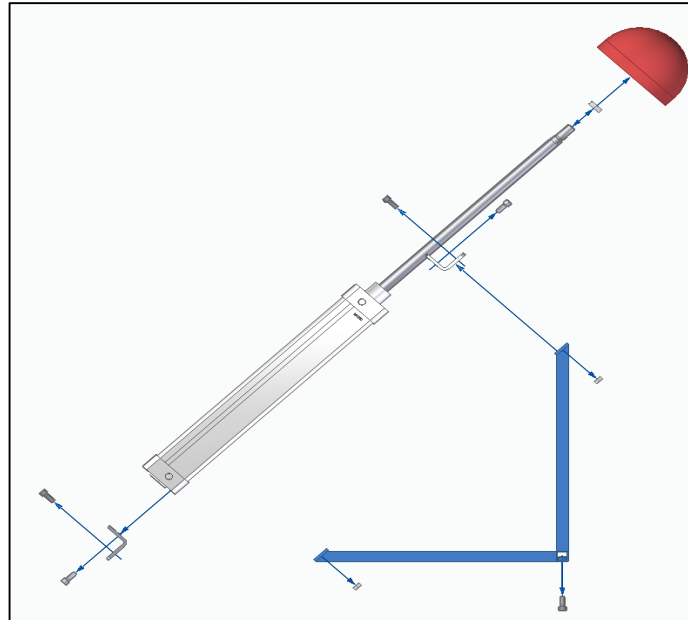
Figura 35. Cabezal de impacto



“Fuente: Elaboración propia”

Finalmente, se muestra en vista frontal la figura 36, la esquematización del dispositivo. Exclusivamente, el montaje se debe realizar siguiendo los pasos descritos anteriormente para evitar alteraciones o fallas en el dispositivo a operar.

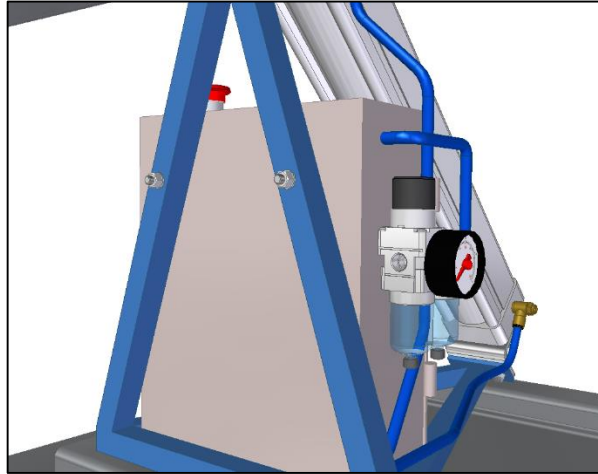
Figura 36. Vista general montaje



“Fuente: Elaboración propia”

Luego de hacer una revisión y verificación en el montaje del dispositivo; se procede a realizar el montaje del sistema de válvulas, pulsadores y unidad de mantenimiento, por medio de tornillos, como se muestra en la figura 37, en los perfiles frontales de la estructura.

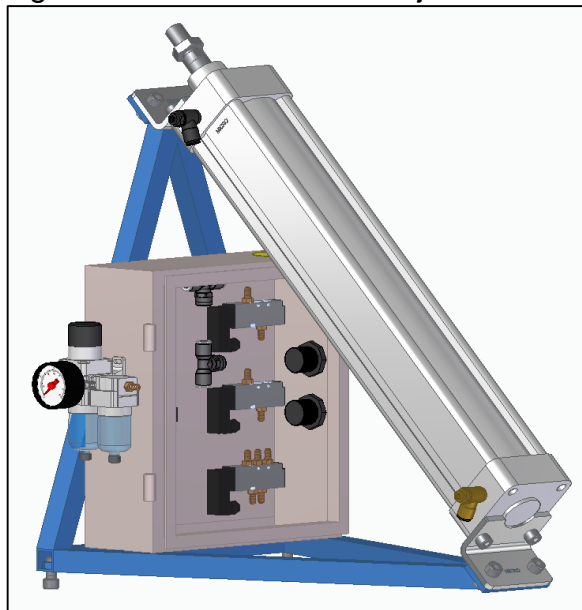
Figura 37. Fijación caja



“Fuente: Elaboración propia”

Para concluir el proceso de montaje del dispositivo a la carrocería del vehículo, se debe realizar el proceso de atornillar los dos pernos de fijación de la estructura, con un par de apriete de 20 Nm por recomendaciones técnicas del cliente CESVI COLOMBIA para su correcto montaje a la estructura del vehículo.

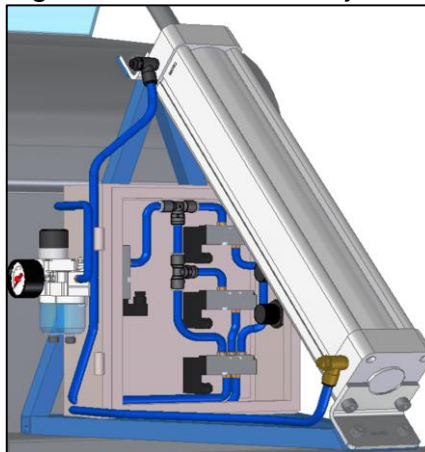
Figura 38. Vista contenido caja



“Fuente: Elaboración propia”

En seguida, se realiza el conexionado neumático por medio de las mangueras de entrada y salida a los racores del cilindro y a los diferentes juegos de válvulas de escape rápido, regulación de presión, distribución, vías y posteriormente a la unidad de mantenimiento, verificando sus conexionados y racores para garantizar una operación óptima del sistema y su activación inmediata.

Figura 39. Contenido caja



“Fuente: Elaboración propia”

Adicionalmente, se ubican los pulsadores de control como se muestra en la figura 40, en la parte superior y lateral de la caja de control del dispositivo, adicionando la tapa de protección; finalmente, luego de realizar las verificaciones correspondientes a los conexionados y todos aquellos accesorios que componen el dispositivo, se garantiza la finalización del montaje.

Figura 40. Dispositivo general



“Fuente: Elaboración propia”

7.2.1 Descarga del dispositivo. Debido al diseño y a la estructura del dispositivo, es necesario realizar la descarga del equipo desde su lugar de almacenaje, mediante un sistema de elevador de carga, dependiendo de su ubicación y/o localización en el taller, esto para realizar su descarga de manera segura y cuidar la integridad del personal como del dispositivo.

Figura 41. Descarga de equipos



Fuente: Club Unimaq. Elevadores de carga. [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.clubunimaq.com.pe/en-la-ruta-del-montacargas-4-guias-clave/>

7.2.2 Traslado del dispositivo. Es necesario que el dispositivo para pruebas sea trasladado por medio de una plataforma de carga tipo rodante para su desplazamiento seguro y de sus componentes al lugar de pruebas previamente establecido dentro de las instalaciones de la compañía. Cabe resaltar que, en conjunto, el equipo cuenta con varias piezas que necesitan un traslado seguro a través de las instalaciones.

Figura 42. Plataforma de carga rodante



Fuente: Club Unimaq. Elevadores de carga. [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.easy.cl/es/easychile/Montacargas>

7.2.3 Instalación del dispositivo. Se procede a realizar la apertura total de la puerta del copiloto del vehículo; luego se procede a retirar la silla del pasajero.

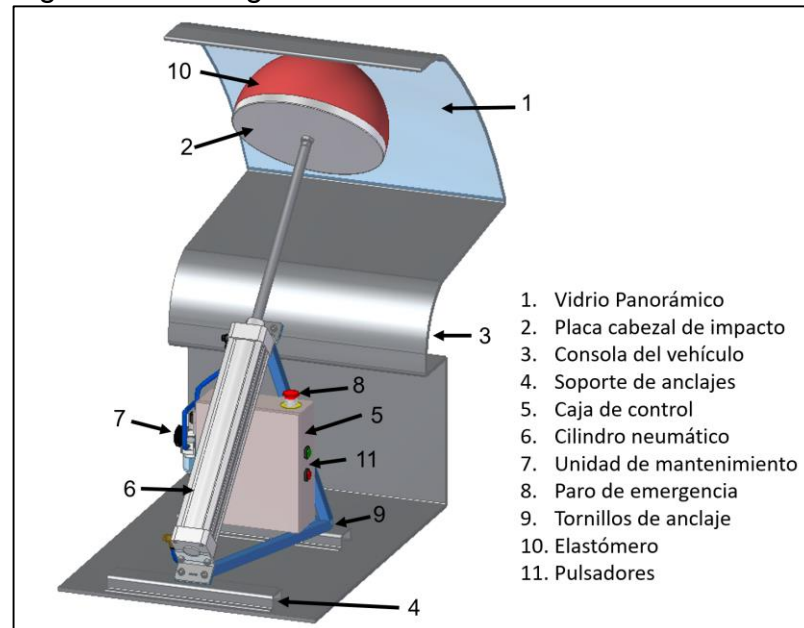
Figura 43. Vista habitáculo del pasajero



Fuente: Tecnetico. Puerta pasajero. [Sitio web]. [Consultado: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.tecnetico.com/autos/asi-funciona-para-nosotros-android-auto-en-el-elantra-2017-de-hyundai/64203>

A continuación, se muestra una perspectiva de cómo debe quedar la estructura que compone el dispositivo en su totalidad dentro del habitáculo del pasajero, como se muestra en la figura 44.

Figura 44. Vista general de la estructura

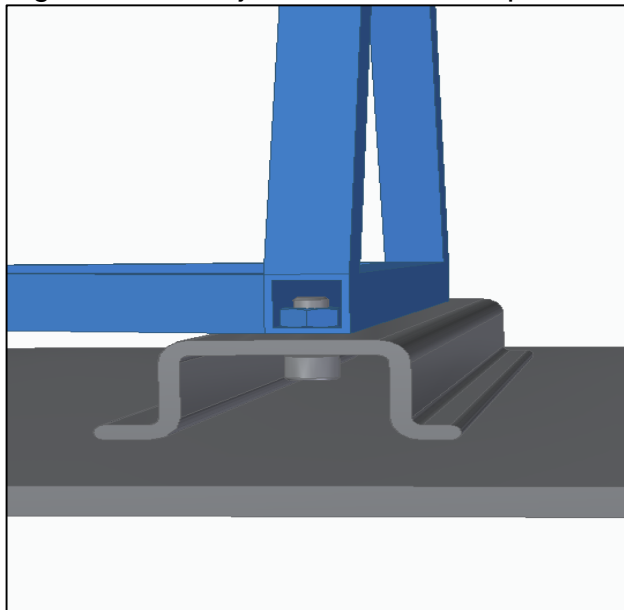


“Fuente: Elaboración propia”



Se procede a ingresar el dispositivo, ubicándolo de manera exacta a los puntos de anclaje delanteros del sistema de sujeción de la carrocería; a su vez, se procede a atornillar los pernos de sujeción del dispositivo al vehículo, como se muestra ilustra en la figura 45. La sujeción por medio roscado se lleva a cabo únicamente en la sección delantera de la estructura.

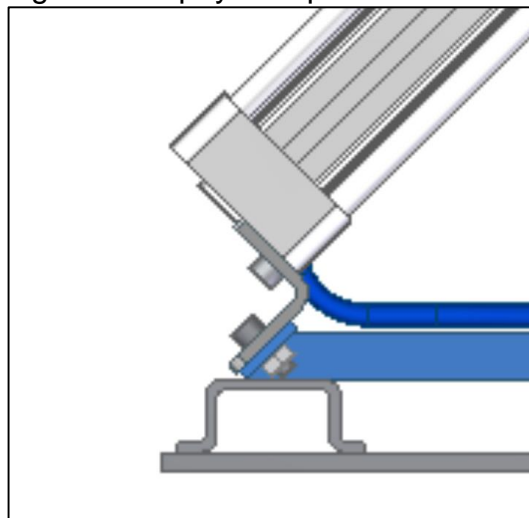
Figura 45. Anclaje delantero del dispositivo



“Fuente: Elaboración propia”

La sección trasera de la estructura está apoyada en la estructura del vehículo mediante un apoyo simple como se muestra en la figura 46.

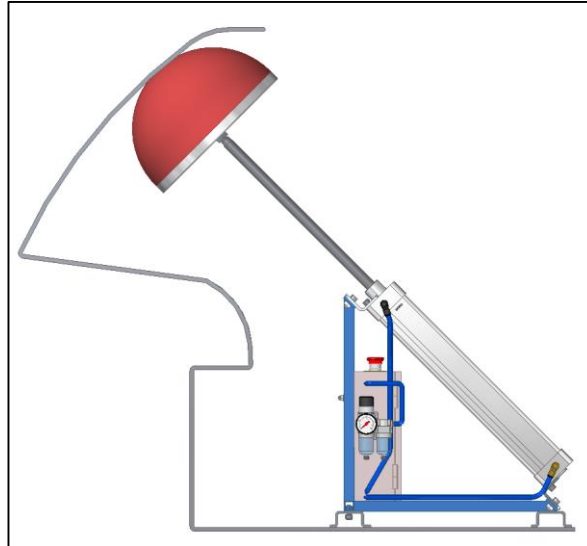
Figura 46. Apoyo simple



“Fuente: Elaboración propia”

Finalmente, se procede a realizar el conexionado a la línea neumática de la empresa, desde el dispositivo, específicamente a la unidad de mantenimiento.

Figura 47. Vista dispositivo montado



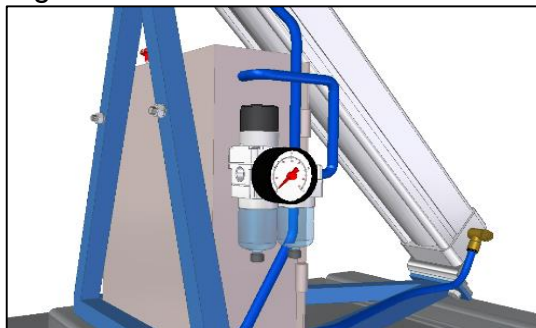
“Fuente: Elaboración propia”

### 7.3 MANUAL DE OPERACIÓN

A continuación, se describe el proceso de operación del dispositivo; esto generara un golpe contra el vidrio panorámico a la fuerza deseada.

7.3.1 Regulación presión de operación. Se verifica la presión de operación de la unidad de mantenimiento, ajustándola por medio del regulador a 5,23 Bar; en seguida, se asegura la activación de la unidad de mantenimiento para su puesta en marcha cuando se requiera.

Figura 48. Unidad de mantenimiento

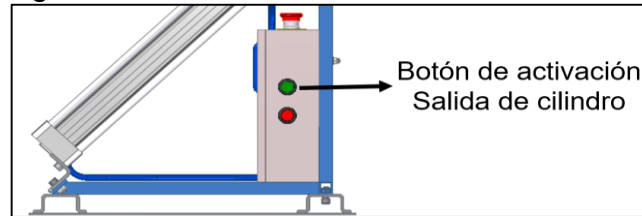


“Fuente: Elaboración propia”

7.3.2 Salida del cilindro neumático. Para realizar la activación del sistema, se procede a suministrar presión a la unidad de mantenimiento, en seguida, se debe

oprimir el pulsador de salida del cilindro, generando la salida del vástago en su totalidad en conjunto con el elastómero que se encuentra en la punta del mismo, generando un impacto directo contra el vidrio panorámico a la presión deseada.

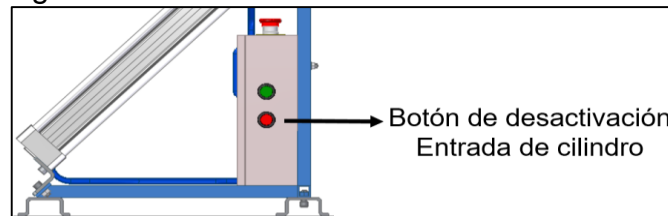
Figura 49. Pulsador de activación



“Fuente: Elaboración propia”

7.3.3 Entrada del cilindro neumático. Para realizar la desactivación del sistema, específicamente, el retorno del cilindro neumático luego de ser activado, se procede a accionar el pulsador de entrada del cilindro; esto generara que el vástago en su totalidad en conjunto con el elastómero que se encuentra en la punta del mismo retornen a su posición de origen y/o de salida nuevamente.

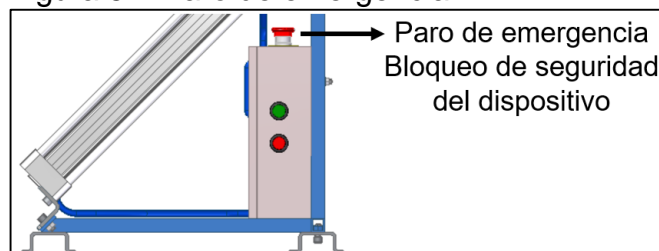
Figura 50. Pulsador de desactivación



“Fuente: Elaboración propia”

7.3.4 Paro de emergencia. En caso de presentarse cualquier eventualidad, que ponga en peligro la vida, salud e integridad de la persona que opere el dispositivo, se cuenta con el botón de parada de emergencia. En esencia, es un pulsador que permite bloquear completamente el flujo de aire desde la salida de la unidad de mantenimiento hasta los juegos de válvulas. Su activación desactivara toda forma de acción del dispositivo hasta tanto no se ajuste a la posición de seguridad de operación.

Figura 51. Paro de emergencia



“Fuente: Elaboración propia”

7.3.5 Advertencias de Operación. Es necesario contar con los elementos de protección y seguridad que exige la compañía.

El diseño del dispositivo y su operación básica, no garantiza una operación libre de fallas y/o riesgos a la seguridad personal, por tanto, es necesario contar siempre con los instrumentos que permitan mitigar cualquier daño a la integridad de las personas que operan el dispositivo.

Al realizar cualquier activación de este dispositivo, es necesario contar con los elementos de protección mínimos tales como: gafas de seguridad, guantes antideslizantes y protección auditiva entre otros.

Al momento de realizarse la activación del dispositivo contra el vidrio panorámico es necesario realizar esta activación desde fuera del vehículo.

Si bien el vidrio es laminado y no generara fragmentos y/o esquirlas peligrosas si este llegase a fallar, es necesario que la persona que realiza la activación únicamente se acerque al panel de control del dispositivo ubicado en el perfil frontal desde afuera del vehículo, con la puerta abierta del pasajero en su totalidad, sin objetos y/o obstáculos que dificulten una eventual evacuación de la zona de pruebas.

## 7.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO

A continuación, se recomiendan acciones de mantenimiento para que el dispositivo funcione de manera adecuada y cumpliendo de manera óptima el proceso de activación de manera efectiva cuando se requiera.

Con las recomendaciones aquí descritas, se aumentará la expectativa de vida del dispositivo, siempre y cuando se lleven a cabo estas operaciones en los periodos recomendados, con ello se permitirá extender la vida útil de cada una de las piezas, accesorios y demás elementos que lo componen, permitiendo de manera eficiente reducir al máximo las paradas no programadas y los costos significativos de reparación del dispositivo.

Dichas acciones de mantenimiento, permitirán a partir de inspección visual realizar una labor preventiva y/o correctiva de sus elementos que componen el dispositivo, garantizando la disponibilidad del equipo de manera confiable.

De esta manera, se garantiza que el dispositivo solo permanecerá fuera de servicio durante la ejecución de estas labores de mantenimiento programadas y no, durante su operación.

En el siguiente cuadro, se expondrán algunas acciones y recomendaciones de mantenimiento del dispositivo.

Cuadro 1. Recomendaciones de inspección y mantenimiento

INSPECCION	RECOMENDACIÓN	PERIODICIDAD
1	Verificar que los tornillos de anclaje de la estructura a la carrocería no muestren signos de desgaste y corrosión.	Cada seis meses
2	Verificar que los tornillos de sujeción del cilindro neumático a la estructura, no muestren signos de desgaste, corrosión y/o danos en su integridad.	Cada seis meses
3	Revisar que los orificios de anclaje del dispositivo no se encuentran obstruidos con suciedad y/o materiales abrasivos.	Cada semana
4	Revisar que los equipos neumáticos de accionamiento y control se encuentran sujetos a la estructura, sin desgaste en sus juntas y/o tornillos de fijación.	Cada seis meses
5	Verificar la integridad del sistema racor de cada equipo neumático, garantizando su estado estructural y de ajuste.	Cada semana
6	Verificar niveles de fluido de aceite de lubricación en la unidad de mantenimiento, así como el correcto flujo desde la unidad al sistema	Cada semana
7	Revisar que la rosca del vástago, no se encuentre con signos de desgaste, corrosión y/o desperfectos en su estructura.	Cada seis meses
8	Verificar que el elastómero se encuentra estructuralmente funcional, sin daños, cortes y/o desgastes en su integridad.	Cada seis meses
9	Revisar que la estructura se encuentre libre de rastros de oxidación, suciedad y/o aceites.	Cada semana
10	Verificar que las juntas soldadas no presentan signos de desgaste y/o corrosión.	Cada seis meses
11	Verificar niveles en la Unidad de mantenimiento, funcionamiento del deshumidificador y regulador.	Cada semana
12	Revisar funcionamiento del cilindro, unidad de mantenimiento, válvulas y pulsadores, que componen el sistema neumático del dispositivo.	Cada semana
13	Revisar tornillos y roscas de fijación de las válvulas, pulsadores y unidad RFL que no tengan signos de corrosión y/o desgaste.	Cada seis meses

“Fuente: Elaboración propia”

Si durante el proceso de inspección, se determina que existe algún equipo y/o elemento que presenta un notable signo de desgaste, corrosión y/o daño en su integridad de manera significativa, se debe proceder al respectivo reemplazo de exactamente la misma referencia de pieza a reemplazar, esto para evitar el desgaste de otros componentes que componen el dispositivo; así mismo se sugiere mantener una rutina de limpieza a todo el equipo, luego de realizar una tarea de mantenimiento.

El dispositivo fue diseñado para operar bajo condiciones normales de operación; por esta razón se aconseja mantener el dispositivo lejos del alcance de materiales altamente corrosivos, aceites y/o piezas de metal que puedan materializar algún tipo de daño al dispositivo y/o a sus piezas neumáticas que lo componen.

Es importante destacar que luego de una jornada de trabajo del dispositivo, para su puesta en operación al día siguiente, es necesario ejecutar una labor de limpieza a todos sus componentes, esto con el fin de exceder los parámetros de diseño en cuanto a durabilidad y confiabilidad de los materiales y componentes que constituyen el dispositivo.

7.4.1 Recomendaciones. El aceite de lubricación a utilizar en la unidad de mantenimiento, debe ser del tipo especificado por FESTO; específicamente de referencia OFSW-32 para el correcto funcionamiento del equipo y el sistema; así mismo, se debe conservar en su envase original para evitar contaminaciones y posibles deterioros en la integridad del mismo.

El aceite debe agregarse en el nivel solicitado por el fabricante en la unidad de mantenimiento y nunca se debe mezclar con otros tipos de aceites lubricantes para compensar niveles; si es necesario se debe realizar una purga al sistema y/o limpieza, garantizando que se va a agregar el producto solicitado a la unidad, previniendo fallas y deterioros al largo plazo en los diferentes equipos.

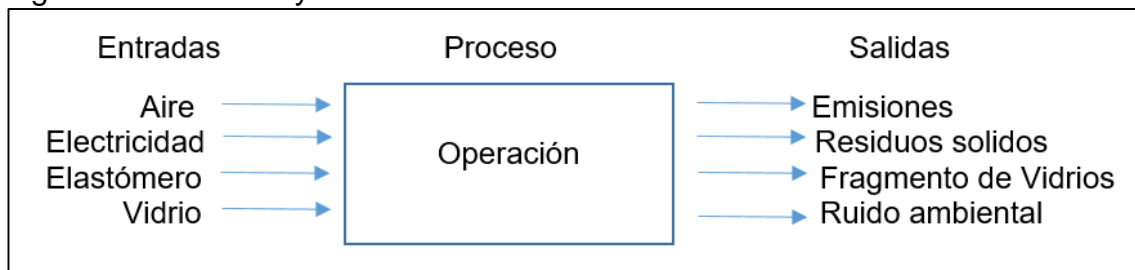
## 8. EVALUACIÓN AMBIENTAL EN LA OPERACIÓN

Debido a los posibles resultados adversos en el ambiente que puede representar la operación del dispositivo para pruebas, es necesario realizar una evaluación ambiental en la operación del dispositivo que permita, identificar todos aquellos factores de incidencia sobre el ambiente, en las cuales se pueda establecer algún tipo de afectación ambiental.

Se tendrá en cuenta desde la evaluación ambiental, la operación del dispositivo en toda aquella incidencia directa sobre el ambiente que puede ocasionar la operación del mismo.

En el proceso de la operación del dispositivo, se realizó un balance de materias, permitiendo establecer las entradas y salidas involucradas, como se observa en la figura 52.

Figura 52. Entradas y salidas



“Fuente: Elaboración propia”

### 8.1 IDENTIFICACION IMPACTO AMBIENTAL

La incidencia de los diferentes tipos de impacto ambiental, fueron clasificados bajo los siguientes parámetros de evaluación: magnitud, probabilidad, reversibilidad, importancia e incidencia.

En el cuadro 2, se describe el proceso, el aspecto ambiental y el impacto ambiental de cada una de los factores involucrados en el proceso de operación del dispositivo, con ello se pretende realizar una descripción a grandes rasgos del impacto real que puede tener cada aspecto ambiental respecto al proceso de operación.

A continuación, se muestra en la imagen 35, los diferentes impactos ambientales generados en cada proceso; el más alto se encuentra clasificado por medio del color rojo. Por medio de esta evaluación se estructura un conjunto de soluciones por medio de un plan de manejo ambiental.

### Imagen 35. Impacto ambiental

Área/Proceso	Aspecto ambiental	Impacto Ambiental
Operación	Generación de emisiones	Calentamiento global
Operación	Consumo de energía	Racionamiento de energía
Operación	Generación de ruido ambiental	Contaminación auditiva
Operación	Generación de residuos sólidos	Contaminación de suelos
Operación	Generación de fragmentos de vidrio	Contaminación de suelos

Fuente: La evaluación ambiental. Identificación y valorización de impactos. [Sitio web]. [Consultado: 10 Enero 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/V9727S/v9727s0a.htm>

Se definen los criterios de evaluación que cuantifican los impactos ambientales anteriormente identificados.

### Cuadro 2. Criterios de evaluación

	Criterio de evaluación	Descripción
M	Magnitud	Extensión geográfica del impacto
P	Probabilidad	Incidenca con la cual se genera el impacto
R	Reversibilidad	Capacidad de recuperación
Lm	Importancia	Severidad o nivel de daño que sufre el medio
Ln	Incidenca	Influencia del impacto sobre el medio

Fuente: La evaluación ambiental. Identificación y valorización de impactos. [Sitio web]. [Consultado: 10 Enero 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/V9727S/v9727s0a.htm>

A continuación, se lleva a cabo el proceso de selección de los valores para la calificación de los diferentes impactos ambientales, los cuales serán tomados por el autor mostrándose en el cuadro y se aplicarán de la siguiente manera;

### Cuadro 3. Calificación

Calificación	VALOR
Alto	10
Medio	5
Bajo	2

Fuente: La evaluación ambiental. Identificación y valorización de impactos. [Sitio web]. [Consultado: 10 Enero 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/V9727S/v9727s0a.htm>



En la calificación final obtenida en la matriz, se debe establecer la incidencia de la puntuación obtenida para que por medio de esta metodología se pueda establecer las mejoras y/o mitigaciones necesarias para el impacto ambiental.

**Cuadro 4. Calificaciones por acción**

Valores	Calificación	Acción
Significativo	>20	Cambiar el proceso debido a los impactos ambientales significativos
No significativo	2-19	Incorporar métodos que mitiguen la condición de impacto ambiental

Fuente: La evaluación ambiental. Identificación y valorización de impactos. [Sitio web]. [Consultado: 10 Enero 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/V9727S/v9727s0a.htm>

## 8.2 CONCLUSIONES EVALUACIÓN AMBIENTAL

En la evaluación ambiental, reflejada en el anexo L, se determinó que ninguno de los factores supero un total de 20; permitiendo concluir que la posible contaminación generada por el dispositivo para pruebas es absolutamente mínima.

## 8.3 RECOMENDACIONES

En el anexo L, no se refleja ningún impacto ambiental significativo con implicaciones graves para el medio ambiente en la matriz realizada; se refleja en que la puntuación obtenida no supera el límite de 20 puntos.

Se puede determinar, que el dispositivo durante el proceso de operación no muestra mayor impacto contra el entorno, sin embargo y a modo de recomendación, se sugiere, la correcta disposición de los posibles fragmentos de vidrios, vidrios panorámicos y elastómeros involucrados en la operación del dispositivo según las normativas locales, cumpliéndose de manera inmediata la disposición de estos residuos, evitándose así el posible efecto negativo para el medio ambiente.

## 9. EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO

En la evaluación financiera se da a conocer una perspectiva de los diferentes tipos de costos asociados al proyecto permitiendo proyectar un margen de recursos al desarrollo del proyecto.

Se debe tener en cuenta la repercusión de los diferentes costos tales como: de diseño, fabricación, materias primas y costos totales requeridos durante la fabricación y mano de obra. relacionados al desarrollo del dispositivo.

### 9.1 COSTOS DE INGENIERIA DEL PROYECTO

Hace referencia a las diferentes actividades realizadas por el proyectista para la adquisición de datos y recopilación de información para realizar el proyecto.

9.1.1 Egresos por talento humano. Debidos al trabajo del autor y orientador que generan el costo de talento humano.

Tabla 6. Egresos por talento humano

ITEM	UNIDAD DE MEDIDA	No. HORAS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	FUENTE FINANCIADORA
Proyectista	HH	750	\$ 10.000	\$7.500.000	Proyectista
Orientador	HH	38	\$ 15.000	\$ 570.000	Universidad América
<b>TOTAL EGRESO POR TALENTO HUMANO</b>					<b>\$8.070.000</b>

“Fuente: Elaboración propia”

9.1.2 Egresos por equipo y software. Uso de software de ingeniería y equipos en el desarrollo del dispositivo.

Tabla 7. Egresos por equipo y software

ITEM	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	FUENTE FINANCIADORA
Uso Licencia Solid Edge ST9	Horas	220	\$ 10.000	\$2.200.000	F. Universidad América
Uso de Licencia NX 11	Horas	68	\$ 15.000	\$1.020.000	F. Universidad América
Memoria USB 32GB	Unidad	1	\$ 70.000	\$ 70.000	Proyectista
Computador Portátil	Unidad	1	\$8.200.000	\$8.200.000	Proyectista
<b>TOTAL, EGRESO POR EQUIPO Y SOFTWARE</b>					<b>\$11.490.000</b>

“Fuente: Elaboración propia”

9.1.3 Egresos fungibles. Materiales y otros artículos empleados durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 8. Egresos fungibles

ITEM	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	FUENTE FINANCIADORA
Papel	Resma	5	\$ 12.000	\$ 60.000	Proyectista
Fotocopias	UND	220	\$ 50	\$ 11.000	Proyectista
Impresiones	UND	1000	\$ 400	\$400.000	Proyectista
Impresión en plotter	UND	40	\$ 2.000	\$ 80.000	Proyectista
<b>TOTAL EGRESOS FUNGIBLES</b>					<b>\$551.000</b>

“Fuente: Elaboración propia”

9.1.4 Total egresos ingeniería. Suma de egresos totales que permiten conocer el costo total de ingeniería. Se debe asignar un valor de imprevistos de 4% sobre el total de egresos.

Tabla 9. Total egresos de ingeniería

EGRESOS	TOTAL
Total egresos sin imprevistos	\$ 20.111.000
Imprevistos (4%)	\$ 804.440
<b>TOTAL EGRESOS INGENIERIA</b>	<b>\$ 20.915.440</b>

“Fuente: Elaboración propia”

## 9.2 COSTOS DE MATERIALES DE FABRICACION

Se clasifican como el costo de materias primas requeridas para la construcción y operación del dispositivo

Tabla 10. Costo de materiales de fabricación

DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
Perfil 25x25x2,5 6m A500	1	\$ 40.300	\$ 40.300
Cilindro DSBG-80-500	1	\$ 1.720.000	\$ 1.720.000
Unidad de mantenimiento	1	\$ 620.000	\$ 620.000
Lamina de fijación cilindro x2	1	\$ 450.000	\$ 450.000
Conector “T” Neumático	3	\$ 25.000	\$ 75.000
Válvula principal 5/2	1	\$ 205.000	\$ 205.000
Válvula de vías 3/2	2	\$ 181.000	\$ 362.000
Válvula de escape rápido	1	\$ 115.000	\$ 115.000
Válvula reguladora de presión	1	\$ 135.300	\$ 135.300
Tornillo ASTM-A449-5/16”x1.1/2”	2	\$ 4.500	\$ 9.000
Caja de control	1	\$ 110.000	\$ 110.000
Botón de pulsador x3	1	\$ 102.000	\$ 102.000
Manguera Neumática 1m	2	\$ 25.000	\$ 50.000
Tuerca	2	\$ 1.200	\$ 2.400
Válvula corredera	1	\$ 124.000	\$ 124.000
<b>COSTO TOTAL DEL DISPOSITIVO</b>			<b>\$ 3.810.200</b>

“Fuente: Elaboración propia”

Cabe resaltar que dichos costos son obtenidos mediante cotización independiente de proveedores y talleres autorizados por la compañía para las operaciones de fabricación y ensamble del dispositivo.

### 9.3 COSTOS DE FABRICACION

Costos asociados a la fabricación del dispositivo, los cuales fueron suministrados por el área de procesos de manufactura de la empresa.

Tabla 11. Costos de fabricación

Concepto	Cantidad	Valor Unidad	Valor
Corte	-	-	\$ 405.000
Pulido	-	-	\$ 100.000
Soldadura	-	-	\$ 630.000
Montaje	-	-	\$ 120.000
Pintura	-	-	\$ 45.000
Puesta a punto	-	-	\$ 120.000
TOTAL			\$ 1.420.000

“Fuente: Elaboración propia”

### 9.4 COSTOS TOTALES

Conociendo costo total del dispositivo, se determina el costo total de producción del dispositivo para pruebas. (Tabla 12.)

Tabla 12. Costos totales

Costos	Valor Total
Costos de ingeniería	\$ 20.915.440
Costos de materiales	\$ 3.810.200
Costos de fabricación	\$ 1.420.000
Costo Total	\$ 26.145.640

“Fuente: Elaboración propia”

El costo total de producción del dispositivo es de \$26.145.640 COP, debido a los costos asociados al proyecto.

### 9.5 EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera posee cierto grado de incertidumbre ya que no se puede conocer con certeza el costo real del proceso de impacto, debido a que no es el proceso de impacto como tal, el motivo principal que origino este proyecto, sino la activación del sistema airbag contra el vidrio panorámico.

Por esta razón, la evaluación financiera no es comparable con la prueba, ya que al momento de realizar un choque frontal en determinado vehículo, no se está

realizando el choque para determinar única y exclusivamente las afectaciones al vidrio panorámico por medio de la activación del sistema airbag, sino que por el contrario, los impactos frontales que se realizan en un vehículo miden diversos factores entre los cuales se pueden determinar los costos de accesorios, afectaciones a la carrocería, partes internas del motor, entre otros, los cuales son analizados únicamente para determinar los costos asociados a la reparabilidad y repuestos, así como a la mano de obra asociada a dichos procesos.

Adicionalmente, si bien, es el choque el que ocasiona el origen de este proyecto, la activación específica del airbag contra el vidrio panorámico es realmente el motivo base del origen de este proyecto, ya que por medio de esta activación la empresa desea realizar un conjunto de pruebas en determinado vehículo para realizar los diferentes estudios de retención del vidrio panorámico en el habitáculo, con lo cual, se desea establecer tanto el porcentaje de adherencia del vidrio panorámico como la resistencia de los diferentes tipos de adhesivos y uretanos existentes para la adherencia y sus posibles implicaciones en la seguridad estructural del vehículo.

Por esta razón, realizar una evaluación financiera en relación con el costo asociado de la fabricación del dispositivo no es comparable con los costos asociados al proceso de impacto en los vehículos.

## 10. CONCLUSIONES

- > La comparación de resultados entre la simulación generada por el método de los elementos finitos y el método manual permiten llegar a resultados similares con márgenes de error admisibles, para realizar un diseño más confiable y óptimo para la aplicación deseada
- > Dependiendo de las cargas ejercidas contra el vidrio panorámico se puede establecer una falla del mismo, un requerimiento de optimización en los uretanos en su adherencia e incluso analizar sus implicaciones luego de ser golpeado por un objeto y determinar si es apto o no para determinadas condiciones de seguridad
- > Debido al diseño de la máquina y a sus procesos asociados, se puede establecer que el dispositivo para pruebas de retención permite realizar una cantidad significativa de activaciones sin tener afectaciones relevantes contra el medio ambiente al largo plazo

## 11. RECOMENDACIONES

- > Diseñar con base a este diseño, un dispositivo que pueda ser adecuado adaptado para todo tipo de vehículos en los cuales se requiera ajustar ángulo de inclinación, altura, etc.
- > La retención del vidrio panorámico es una característica de seguridad en los vehículos y debe ser motivo de análisis detallado para su implementación de forma confiable en los vehículos
- > Se recomienda seguir el procedimiento de simulación por elementos finitos a través de la convergencia de malla si se desea incorporar un nuevo elemento funcional a la estructura, ya que por medio de este método se puede visualizar una solución más en detalle acerca de los requerimientos propios de la pieza y/o elemento a utilizar
- > Se recomienda implementar un sistema de atornillado manual en simultaneo que permita realizar el anclaje al vehículo de forma más rápida

## BIBLIOGRAFÍA

BEER. Johnston. MECANICA VECTORIAL PARA INGENIEROS.2010. Vol 9.p 294.

BUDYNAS, Richard G. y NISBETT, J. Keith. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9a. ed.). McGraw-Hill Interamericana, 2012.

FESTO; Catálogo unidades neumáticas. Disponible: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/products\\_DSBG](https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_DSBG)

GONZALES. María Fernanda y OCAMPO. Vivian Dayana. DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA DESTALONAR LLANTAS. Trabajo de grado. Ingeniero Mecánico. Bogotá D.C:Fundación Universidad de América. Facultad de ingenierías, 2018. 150 p.

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA Guía metodológica para la elaboración de trabajos de grado y proyectos de investigación en pregrado 101 paginas.

HIBBELER. R. C et al. Mecánica de materiales. Octava edición México: Pearson educación, S.A, 1997. 9701700473. 754 paginas.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. NTC. Documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá D.C.: ICONTEC. 2008. (NTC 1486).

\_\_\_\_\_. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. 1 ed. Bogotá D.C: El instituto, 2008. 38 p.

\_\_\_\_\_. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas bibliográficas. NTC 4490. 1 ed. Bogotá D.C: El instituto, 1991. 23 p.

MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. México DF. Prentice Hall ,2006.

NORTON. Robert. Diseño de máquinas. Cuarta edición. México. Prentice Hall, 1992, 1056p.

OÑATE, Eugenio, ANALISIS ESTRUCTURAL CON EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS. 2001.Vol 1. p 43.



ANEXOS

ANEXO A.  
FACTURA PERFIL



G y J FERRETERIAS S. A.  
800130426-3  
DIAG 15 No. 25-50 BOGOTA  
Tel: 3702800 Fax: 2772116

FACTURA PROFORMA No. FPR-17400840  
Fecha Elaboracion: 22 de Noviembre 2018  
Estado: APROBADO Fecha Estado: 22 de Noviembre 2018  
Pág: 1 de 1

DATOS CLIENTE		SUCURSAL	
Cliente	: PEÑA OLARTE JUAN DAVID	Sucursal	: UNES PALOQUEMAO
Nit	: 1022383639	Nit.	: 1022383639
Dirección	:	Dirección	: KRA 72B 6D 73
Ciudad-Depto:		Ciudad - Depto:	BOGOTA BOGOTA
Teléfono	: Fax:	Teléfono	: 3115975248 Fax:
Contacto	:	Contacto	: PEÑA OLARTE JUAN DAVID

Estimados señores:  
Atentamente nos permitimos cotizar los siguientes productos.

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD UND	PESO	VLR UNIT	IVA %	SUBTOTAL
1497	ESTRUCTURAL CUAD NEGRO 25X25 2.50mm	1.00 UND	10.77	33,865.54	19	33,866.00
<b>TOTALES</b>			10.77	<b>Subtotal</b>		<b>33,866</b>
				<b>I.V.A.</b>		<b>6,435</b>
				<b>Total</b>		<b>40,301</b>

#### CONDICIONES COMERCIALES

NOTA: PRECIOS GARANTIZADOS ENTREGAS \_\_\_\_\_, BASE PROMEDIO ENTREGA MENSUAL DE ACERO 80 TON FIGURADO - 120 RECTO.

- \* **Forma de pago:** CONTADO
- \* **TIEMPO DE ENTREGA:** PARA HIERRO FIGURADO Y MALLA ELECTROSOLDADA ESTÁNDAR DE ACUERDO A LA DISPONIBILIDAD EN LAS PLANTAS Y PARA LOS DEMAS PRODUCTOS ACORDE A LA NEGOCIACION.
- \* **VALIDEZ DE LA PRESENTE OFERTA:** Noviembre 24 de 2018
- \* **TRANSPORTE:** POR MORA MAYOR A 3 HORAS EN EL DESCARGUE DEL VEHICULO SE COBRARA LA SUMA DE 10.000 PESOS POR TONELADA, POR COSTO DE VEHICULO, ESTOS SERAN CARGADOS A LA CUENTA DEL CLIENTE POR COSTOS ADICIONALES DE TRANSPORTE.
- \* ESTA OFERTA ES DE CARÁCTER EMINENTEMENTE CONFIDENCIAL, EL USO NO DEBIDO DE ESTA, AUTOMATICAMENTE DARA POR ANULADA LA PRESENTE OFERTA.
- \* EL VOLUMEN DE ENTREGAS SE REALIZARA PROPORCIONALMENTE POR LOS TIEMPOS DE VALIDEZ DE LA OFERTA; VOLUMEN ADICIONAL DEBERA SER CONCERTADO DIRECTAMENTE ENTRE LAS PARTES PARA ESTABLECER LOS MONTOS MENSUALES DE CAPACIDAD, PRODUCCION Y DE ENTREGA.
- \* ESTA OFERTA SE REGIRA DE ACUERDO A LAS NORMAS CONVENCIONALES PACTADAS, CAUSAS AJENAS POR MOTIVOS DE FUERZA MAYOR, USO DE TRANSPORTADORES, DERRUMBES EN VIAS, TERREMOTOS Y SAQUEOS DARAN POR ENTENDIDO LA EXCLUSION DE RESPONSABILIDAD DE GYJ FERRETERIAS S.A. PARA EL CUMPLIMIENTO DE ESTA OFERTA MERCANTIL.

FAVOR CONSIGNAR EN LAS CUENTAS DE: GYJ FERRETERIAS S.A BANCO DE BOGOTA CUENTA CTE No 112075346

#### SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES - AUTORETENEDORES

Si usted solicita o recibe algún tipo de asesoría por éste o cualquier otro medio, le informamos que: 1) Nuestros asesores sólo efectúan recomendaciones, las cuales pueden ser aceptadas o rechazadas por Usted, según sus necesidades técnicas; 2) en todos los casos dichas recomendaciones deben ser avaladas y autorizadas por la persona calificada y competente; 3) ni GYJ FERRETERIAS S.A. o sus empleados son responsables por los daños causados por error de diseño o cálculos, por cuanto GYJ FERRETERIAS S.A. solo suministra el material solicitado por cliente sin conocer su destinación o uso final; 4) cualquier asesoría efectuada por cualquier empleado de GYJ FERRETERIAS S.A., será responsabilidad exclusiva del primero y no le generará a GYJ FERRETERIAS S.A. obligación alguna (contractual ó extracontractual).

#### Observaciones:

#### ASESOR COMERCIAL

Nombre VENTAS ASESOR CONTADO

Celular

martha.ortiz

Elaboró

martha.ortiz

Aprobó



Recibió

Nº Versión: VE - R - 03 V2 16/03/11

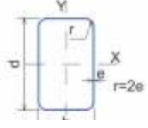
Fecha:

Cod. Formato

ANEXO B.  
CATÁLOGO DE PERFILES

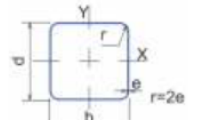
CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACION						PROPIEDADES ESTÁTICAS							UNIDADES DE EMPAQUE	
TAMAÑO PERFIL		Espesor pared	PESO		AREA	FLEXION			TORSION					
TAMAÑO NOMINAL	REAL		Negro	Galvanizado		e	Momento Inercia	Módulo elástico	Radio de Giro	Módulo Plástico	Momento Inercia	Módulo Elástico		
PULGADAS	MILIMETROS	mm			mm									mm
1 X 1	25 X 25	25,00	25,00	1,50	1,12	1,23	1,42	1,22	0,97	0,92	1,17	2,03	1,48	36
		25,00	25,00	2,00	1,49	1,60	1,90	1,48	1,19	0,88	1,47	2,58	1,82	
		25,00	25,00	2,50	1,80	1,90	2,29	1,69	1,35	0,86	1,71	3,07	2,11	
1 1/2 X 1 X/2	40 X 40	40,00	40,00	1,50	1,73	1,90	2,20	5,49	2,75	1,58	3,22	8,77	4,13	25
		40,00	40,00	2,00	2,32	2,49	2,95	6,94	3,47	1,53	4,13	11,36	5,25	
		40,00	40,00	2,50	2,81	2,98	3,58	8,22	4,11	1,52	4,97	13,79	6,25	
2 X 2	50 X 50	50,00	50,00	1,50	2,29	2,53	2,92	11,07	4,43	1,95	5,15	17,45	6,66	25
		50,00	50,00	2,00	3,04	3,31	3,87	14,15	5,66	1,91	6,66	22,73	8,53	
		50,00	50,00	2,50	3,76	3,97	4,79	16,94	6,78	1,88	8,07	27,75	10,25	
2 3/8 X 2 3/8	60 X 60	60,00	60,00	1,50	2,67	2,94	3,39	19,52	6,51	2,40	7,53	30,53	9,78	25
		60,00	60,00	2,00	3,63	3,86	4,63	25,14	8,38	2,33	9,79	39,91	12,61	
		60,00	60,00	2,50	4,37	4,63	5,56	30,34	10,11	2,34	11,93	48,92	15,26	
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70,00	70,00	1,50	3,20	3,54	4,08	31,46	8,99	2,78	10,36	48,89	13,50	16
		70,00	70,00	2,00	4,32	4,65	5,50	40,73	11,64	2,72	13,52	64,10	17,50	
		70,00	70,00	2,50	5,26	5,59	6,70	49,41	14,12	2,72	16,54	78,79	21,27	
3 X 3	75 X 75	75,00	75,00	1,50	3,63	4,01	4,61	37,62	10,10	2,92	11,62	50,00	14,50	16
		75,00	75,00	2,00	4,85	5,26	6,19	48,41	13,36	2,87	14,83	66,48	19,48	
		75,00	75,00	2,50	5,89	6,35	7,63	58,99	16,22	2,82	18,11	82,96	24,46	
4 1/2 X 3 1/2	90 X 90	90,00	90,00	2,00	5,58	6,01	7,11	88,86	19,75	3,54	22,78	138,32	29,66	9
		90,00	90,00	2,50	6,81	7,23	8,68	108,55	24,12	3,54	28,00	170,65	36,27	
		90,00	90,00	3,00	8,03	8,45	10,23	127,28	28,29	3,53	33,04	202,14	42,59	
4 X 4	100 X 100	100,00	100,00	2,00	6,07	6,50	7,74	123,01	24,60	3,99	28,30	190,75	36,94	9
		100,00	100,00	2,50	7,53	7,95	9,59	150,63	30,13	3,96	34,86	235,64	45,27	
		100,00	100,00	3,00	8,96	9,41	11,41	177,05	35,41	3,94	41,21	279,48	53,27	
6 X 6	6 X 6	150,00	150,00	4,00	11,73	12,36	14,95	226,35	45,27	3,89	53,30	364,04	68,31	6
		150,00	150,00	5,00	14,97	15,76	19,36	271,10	54,22	3,84	64,59	444,62	82,14	
		150,00	150,00	6,00	17,88	18,81	23,13	311,47	62,29	3,79	75,10	521,39	94,85	
12 X 12	12 X 12	120,00	120,00	4,00	14,14	14,81	18,15	402,28	67,05	4,71	78,33	639,01	100,96	9
		135,00	135,00	4,00	16,13	16,81	20,55	581,70	86,18	5,32	100,25	917,81	129,65	
		135,00	135,00	5,00	19,90	20,76	25,36	704,91	104,43	5,27	122,53	1.127,65	157,44	
8 X 8	8 X 8	200,00	200,00	5,00	30,11	31,11	38,36	2.410,09	241,01	7,93	278,87	3.771,59	362,24	1
		220,00	220,00	7,00	46,16	47,41	58,38	4.365,55	396,87	8,65	462,83	6.917,52	597,47	
		250,00	250,00	9,00	66,47	68,01	84,67	8.093,21	647,46	9,78	758,74	12.925,82	975,95	
12 X 12	12 X 12	300,00	300,00	10,00	89,04	91,81	113,42	15.713,90	1.047,59	11,77	1.223,86	24.972,90	1.577,87	1

PERFIL CUADRADO








Los perfiles tubulares Colmena cumplen con la norma ASTM A-500 grado C.  
Esfuerzo de Fluencia  $F_y = 3.500 \text{ kg/cm}^2$  (50.000 psi) (350 MPa).

\* Los tubos en espesor de 1.5mm se suministran en grado B esfuerzo de fluencia  $f_y = 3.220 \text{ kg/cm}^2$  (46.000 psi) (322 MPa)



ANEXO C.  
CATÁLOGO DE TORNILLOS

MARCAS DE GRADOS PARA PERNOS DE ACERO (EN PULGADAS)

GRADOS Y MARCAS SODIPER	ESPECIFICACIÓN	MATERIAL	DIÁMETRO NOMINAL DEL PERNO	CARGA DE PRUEBA	RESISTENCIA MIN. A LA TRACCIÓN	CARGA DE PRUEBA	RESISTENCIA MIN. A LA TRACCIÓN	CARGA DE PRUEBA	RESISTENCIA MIN. A LA TRACCIÓN	DUREZAS	
				PSI		KG/mm <sup>2</sup>		MPA		MIN	MÁX
 GRADO 2	ASTM-A307 GRADO A	ACERO DE BAJO CARBONO	1/4" HASTA 3"		60.000		42		414	B69	B100
 GRADO 5	ASTM-A449 TIPO 1	ACERO DE MEDIO CARBONO TEMPLADO Y REVENIDO	1/4" HASTA 1" SOBRE 1" HASTA 1.1/2" SOBRE 1.1/2" HASTA 3"	85.000 74.000 55.000	120.000 105.000 90.000	60 52 63	84 74 63	586 510 379	827 724 620	C25 C19 HB183	C34 C30 HB235
 GRADO 8	ASTM-A354 GRADO BD	ACERO ALEADO TEMPLADO Y REVENIDO	1/4" HASTA 2.1/2" SOBRE 2.1/2" HASTA 4"	120.000 105.000	150.000 140.000	84 74	105 98	827 724	1034 965	C33 C31	C39 C39
 A 325	ASTM-A325 TIPO 1	ACERO DE MEDIO CARBONO TEMPLADO Y REVENIDO	1/2" HASTA 1" SOBRE 1" HASTA 1.1/2"	85.000 74.000	120.000 105.000	60 52	84 74	586 510	827 724	C25 C19	C34 C30
 A 490	ASTM-A490 TIPO 1	ACERO ALEADO TEMPLADO Y REVENIDO	1/2" HASTA 1.1/2"	120.000	150.000	84	105	827	1034	C33	C39

PSI : LIBRAS/PULGADAS CUADRADA  
 KG/mm<sup>2</sup> : KILOS POR MILIMETRO CUADRADO  
 MPA : 1 MILLÓN DE PASCALES

ANEXO D.  
COTIZACIÓN EQUIPOS DE NEUMÁTICA





**INDUSTRIAS ASOCIADAS S.A.S.**  
 INSTRUMENTACIÓN PARA LA INDUSTRIA  
 www.industriasasociadas.com

**NIT 860.451.201-9**



COTIZACION No 59060 MA

Fecha: 26-noviembre-2018  
 Ciudad: **Bogotá**  
 Para: **JUAN DAVID PEÑA OLARTE**  
 Atención: Srta. CAMILA AGUILLON  
 Tele-Fax: 311 5975248  
 E-mail: laurita2156@hotmail.com



Estimado cliente, dando respuesta a su solicitud le enviamos la siguiente oferta:

Item	Cant		Precio lista	Dcto	Vir Unitario	Vir Total
1	1	<b>Código:</b> 1646782 <b>Marca:</b> FESTO <b>Descripción:</b> DSBG-80-500-PPVA-N3 CILINDRO NEUMATICO NORMALIZADO S E R I E D S B C D I A M E T R O 8 0 m m C A R R E R A 500mm.AMORTIGUACION	\$ 2.267.591	10	\$ 2.040.832	\$ 2.040.832
2	1	<b>Código:</b> 162771 <b>Marca:</b> FESTO <b>Descripción:</b> UNIDAD DE MANTENIMIENTO DE FRC-1/4-D-5M-MINI. CONEXION DE 1/4", FILTRO DE 5 µm, DRENAJE MANUAL.	\$ 708.678	10	\$ 637.810	\$ 637.810
3	1	<b>Código:</b> 197065 <b>Marca:</b> FESTO <b>Descripción:</b> PFAN-12X1,75-NT Manguera flexible de material sintético 12mm x 1.75 espesor , interior 8.4mm, temperatura -20 a 150°C. Color Natural.	\$ 288.700	0	\$ 288.700	\$ 288.700
4	1	<b>Código:</b> F176941 <b>Marca:</b> FESTO <b>Descripción:</b> CRHNC-80 FIJACION/PIES	\$ 928.548	10	\$ 835.693	\$ 835.693
5	1	<b>Código:</b> 153133 <b>Marca:</b> FESTO <b>Descripción:</b> QST-16 RACOR UNION TEE 16mm	\$ 82.610	10	\$ 74.349	\$ 74.349
6	1	<b>Código:</b> 8035194 <b>Marca:</b> FESTO <b>Descripción:</b> VUWS-LT25-B52-G14 VAL. NEUMATICA	\$ 370.119	0	\$ 370.119	\$ 370.119
7	1	<b>Código:</b> 558405 <b>Marca:</b> FESTO <b>Descripción:</b> VALVULA PULSADOR VHEM-PTC-M32C-M-G18	\$ 664.786	10	\$ 598.307	\$ 598.307
8	1	<b>Código:</b> 6753	\$ 336.586	10	\$ 302.927	\$ 302.927

CARRERA 27 No. 13-95 PBX:3712999 - e-mail: ventas@industriasasociadas.com - Cel: 320 855 0744

**BOGOTA - BARRANQUILLA - CARTAGENA - CALI - MEDELLIN**

VN-FR-006-Version 8 - Viencia 11 - 07 - 16



**INDUSTRIAS ASOCIADAS S.A.S.**  
INSTRUMENTACIÓN PARA LA INDUSTRIA  
[www.industriasasociadas.com](http://www.industriasasociadas.com)



**NIT 860.451.201-9**

Item	Cant		Precio lista	Dcto	Vir Unitario	Vir Total
		<b>Marca:</b> FESTO <b>Descripción:</b> VALVULA DE ESCAPE RAPIDO SEU-1/4				
9	1	<b>Código:</b> 151172 <b>Marca:</b> FESTO <b>Descripción:</b> VALVULA DE REGULACION Y ANTIRETORNO CONEXION DE 1/4"	\$ 143.040	0	\$ 143.040	\$ 143.040
10	1	<b>Código:</b> 1302994 <b>Marca:</b> FESTO <b>Descripción:</b> VBOH-32-G14 VAL.COR. MANUAL	\$ 214.692	10	\$ 193.223	\$ 193.223

**Observaciones:**

EL ITEM 1, 2, 4, 6, 7 ENTREGA 10 DIAS HABILES

<b>Sub-Total</b>	\$	<b>5.485.001</b>
<b>I.V.A 19%</b>	\$	<b>1.042.150</b>
<b>Fletes</b>	\$	<b>0</b>
<b>TOTAL</b>	\$	<b>6.527.151</b>

Aplicar los impuestos correspondientes

<b>Condiciones Comerciales</b>	
<b>Lugar de Entrega</b>	A CONVENIR
<b>Tiempo de Entrega</b>	2 A 3 DIAS HABILES BAJO ORDEN DE COMPRA
<b>Forma de Pago</b>	CONTADO
<b>Validez de la oferta</b>	10 dias calendario

BANCO DE BOGOTA CUENTA CORRIENTE No. 05405993-6  
BANCOLOMBIA CUENTA CORRIENTE No. 2197315003-8

Cordialmente,

**MOSTRADOR ALMACEN A.R.T.**

Asesor

E-mail: [almacen2@industriasasociadas.com](mailto:almacen2@industriasasociadas.com)

Cel: 313 308 4432

CARRERA 27 No. 13-95 PBX:3712999 - e-mail: [ventas@industriasasociadas.com](mailto:ventas@industriasasociadas.com) - Cel: 320 855 0744

**BOGOTA - BARRANQUILLA - CARTAGENA - CALI - MEDELLIN**

VN-FR-006-Version 8 - Vigencia 11 - 07 - 16

ANEXO E.  
COTIZACIÓN PROCESO DE MANUFACTURA

# INOXMETALICAS SAS

NIT: 900.694.436-1

Fabricacion de codos, conos,  
tornillosinfon, transiciones, tolvas,  
campanas, ductos, parques  
biosaludables, estructuras y  
barandas en acero inoxidable.  
MONTAJES ESPECIALES  
Oxicortes, soldaduras,  
tig mig y revestidas

BOGOTA 26 DE NOVIEMBRE DEL 2018

COTIZACION: 0406-2018

SEÑOR: JUAN DAVID PEÑA OLARTE

Envío cotización solicitada:

1 perfil fabricado en HR x2.5 de espesor x 5 metros de longitud 25x25 cms (C-12)

1. Valor del perfil: \$ 225.000 + IVA
2. Cortes y pulido: \$ 120.000+ IVA
3. Costo pintura \$ 80.000 + +IVA en electrostática según color requerido.
4. Costos de soldadura mig : \$160.000 + IVA

TIEMPO DE ENTREGA: 3 días a partir de la negociación

MODO DE PAGO : 50% anticipo

50% contra entrega taller

*Lizeth Avila*  
INOXMETALICAS S.A.S.

Carrera 29 No. 8-41 Local 4 Barrio Rucaurte Tel: 3607949 Bogotá, D.C. - CP 11001  
E-mail: inoxmetalicasavila@gmail.com

ANEXO F.  
CARTA AUTORIZACION ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL DISPOSITIVO

Bogotá, Mayo 15 2018

SEÑORES  
Comité de trabajos de grado  
Facultad de ingenierías  
Programa de Ingeniería Mecánica  
Fundación Universidad de América

Ref.: Autorización de especificaciones técnicas del dispositivo.

Respetados señores,

Autorizamos y solicitamos al estudiante Juan David Peña Olarte, quien actualmente se encuentra desarrollando su proyecto de grado para nuestra compañía, titulado; Diseño de un dispositivo para simular las condiciones de ensayo de retención de los vidrios panorámicos según la norma FMVSS 212 para CESVI COLOMBIA, aplicar y emplear el dato numérico de fuerza 2.500 Newton como valor de referencia respecto a la fuerza ejercida por el airbag contra el vidrio panorámico, sin tener en cuenta algún tipo de velocidad específica en la salida del cilindro; de la misma manera y debido a las diferentes variables involucradas en la complejidad propia del diseño de la bolsa airbag expandida, se simulara la condición de la bolsa contra el vidrio panorámico, por medio de un cabezal de impacto que estará compuesto por un elastómero con forma de media esfera, con una altura de 200 mm en conjunto con una base en material de aluminio 7075-T6 de diámetro 400mm y 25 mm de espesor para el desarrollo del proyecto; esto con el fin de darle continuidad al proceso y permitirnos en un futuro alcanzar de manera óptima nuestros objetivos de análisis de uretanos, adhesivos, habitáculos y todos aquellos estudios que se deriven del uso de este dispositivo.

Agradecemos su colaboración,

Cordialmente,

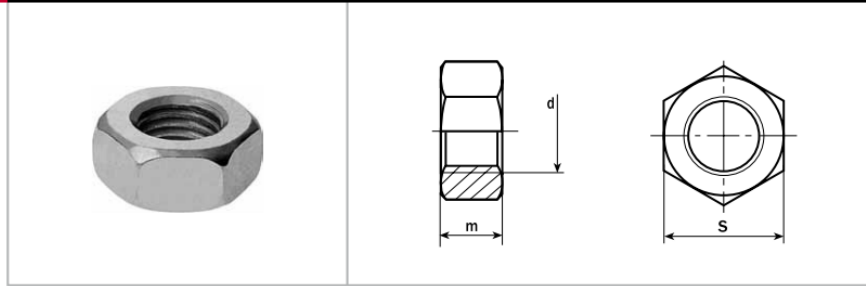


Ing. Juan Ángel Alviz  
Coordinador de Investigación CESVI COLOMBIA  
Director Proyecto de Grado

ANEXO G.  
CATÁLOGO DE TUERCAS

# 5 DIN 934

ISO 4032



Hexagon nuts  
Ecrous hexagonaux

## Tuercas hexagonales

d	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12	M14
P	0,5	0,7	0,8	1	1	1,25	1,5	1,75	2
m	2,4	3,2	4	5	5,5	6,5	8	10	11
s	5,5	7	8	10	11	13	17/16*	19/18*	22/21*

Peso/Weight 1000 ud. kg

	0,384	0,810	1,230	2,500	3,120	5,200	11,60	17,30	25,00
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

d	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36
P	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4
m	13	15	16	18	19	22	24	26	29
s	24	27	30	32/34*	36	41	46	50	55

Peso/Weight 1000 ud. kg

	33,30	49,40	64,40	79,00	110,00	165,00	223,00	288,00	393,00
--	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------

d	M39	M42	M45	M48	M52	M56	M60	M64	M68
P	4	4,5	4,5	5	5	5,5	5,5	6	6
m	31	34	36	38	42	45	48	51	54
s	60	65	70	75	80	85	90	95	100

Peso/Weight 1000 ud. kg

	502,00	652,00	800,00	977,00	1.220,0	1.420,0	1.690,0	1.980,0	2.300,0
--	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------

d	M72	M76	M80	M90	M100	M110
P	6	6	6	6	6	6
m	58	61	64	72	80	88
s	105	110	115	130	145	155

Peso/Weight 1000 ud. kg

	2.670,0	3.040,0	3.930,0	4.930,0	6.820,0	8.200,0
--	---------	---------	---------	---------	---------	---------

\*Tamaño según norma ISO/Sizes per ISO standard.

### CALIDADES DISPONIBLES/GRADES AVAILABLES:

ST	5	6	8	10	12	C15	A2	A4
	●	●	●	●	●		●	●



ANEXO H.  
CARTA AUTORIZACION USO DE PERFIL



**CESVI COLOMBIA**  
Centro de Experimentación y Seguridad Vial Colombia

Bogotá, Mayo 15 2018

SEÑORES  
Comité de trabajos de grado  
Facultad de ingenierías  
Programa de Ingeniería Mecánica  
Fundación Universidad de América

Ref.: Autorización de uso de perfilería.

Respetados señores,

Autorizamos y solicitamos al estudiante Juan David Peña Olarte, quien actualmente se encuentra desarrollando su proyecto de grado para nuestra compañía, titulado; Diseño de un dispositivo para simular las condiciones de ensayo de retención de los vidrios panorámicos según la norma FMVSS 212 para CESVI COLOMBIA, aplicar para efectos de cálculo, perfilería tubular cuadrada A500, de dimensiones 25X25X2,5mm, esto, debido a que en nuestro stock de perfilería es el único que se encuentra disponible, ya que las referencias en este mismo acero, en dimensiones más pequeñas se encuentran agotadas.

Agradecemos su colaboración,

Cordialmente,

Ing. Juan Ángel Alviz  
Coordinador de Investigación CESVI COLOMBIA  
Director Proyecto de Grado



Autopista Bogotá - Medellín Km 6,5 - Edificio Cesvi Colombia  
PBX: (571) 742 06 66 • Fax: (571) 744 60 70  
servicioalcliente@cesvicolombia.com  
www.cesvicolombia.com • www.revistaautocrash.com

ANEXO I.  
CATALOGO ELASTOMERO

## VULKOLLAN MACIZO: PROPIEDADES MECÁNICAS

Vulkollan puede fabricarse con una dureza comprendida entre Shore A 65 y Shore D 70. En el intervalo de dureza de Shore A 80 a Shore D 40, las propiedades mecánicas tienen un nivel especialmente alto, de modo que estos tipos de Vulkollan detentan la mayor participación en el mercado.



Piezas diversas. Moldes y piezas fabricados en Productos Salinas, S.A.

### PROPIEDADES MECÁNICAS\*

Propiedades mecánicas	Norma de ensayo	Unidad	Tipo de Vulkollan			
			18	21	25	30
Dureza Shore A/D	868		83/29	89/35	92/36	95/40
Densidad	1183	Mg/m <sup>3</sup>	1,26	1,26	1,26	1,26
Tensión en alargamiento 100%	37	MPa	4,3	5,9	8,0	10,6
Tensión en alargamiento 300%	37	MPa	7,8	10,4	12,8	15,8
Resistencia a la tracción	37	MPa	50	54	53	42
Alargamiento a la rotura	37	%	660	700	740	692
Resistencia al desgarro progresivo	34	kN/m	31	38	54	67
Elasticidad de rebote	4662	%	65	64	62	61
Abrasión	4649	mm <sup>3</sup>	37	32	28	26
Taber (S42 / 4,9 N)	9352	mg	3,5	4,0	6,1	7,5
Deformación residual por compresión	815					
70h / 23 °C		%	8	9	10	14
24h / 70°C		%	18	19	19	20
Coefficiente de dilatación térmica lineal	VDE 0304	10 <sup>-6</sup> ·K <sup>-1</sup>	160 - 200	160 - 200	160 - 200	160 - 200

\*Los valores indicados son orientativos de tipos estándar de Vulkollan

ANEXO J.  
CATALOGO CAJA TABLERO

## Caja metal 400x300x200 mm Saime

SKU: 21619-4 | ★★★★★ Compartir



❗ Precio corresponde a tienda **Sodimac Homecenter Cerrillos**.  
El precio puede cambiar al modificar la ciudad de despacho o retiro.

\$ **43.275** C/U

Acumulas: 288 CMR Puntos

Cantidad

1 + -

Agregar al carro

Agregar a mi lista

Calcula el valor de tu cuota CMR

Costo Total Crédito: \$43.275  
CAE: 0.00%

N° de cuotas

1

Valor cuotas

\$ 43.275

### Disponibilidad y métodos de entrega

**Disponible** para despacho a domicilio

[Simular costo de despacho](#)

**No disponible** para retiro en tu tienda seleccionada

[Ver tiendas disponibles](#)

**Stock disponible** en tiendas

[Ver stock](#)

ANEXO K.  
CATALOGO ALUMINIO



## ALUMINIOS Aleaciones Aluminio - Zinc 7075

### Composición química

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos
Mínimo			1,2		2,1	0,18	5,1		Zr+Ti total
Máximo	0,40	0,50	2,0	0,30	2,9	0,28	6,1	0,20	0,25 0,15

### Equivalencias internacionales

Europa	USA	España	Francia	Alemania	G.B	Italia	Suecia	Suiza	Japón
E.N 573	A.A.	U.N.E.	AFNOR	D.I.N.	B.S.	U.N.I.	S.I.S.	V.S.M.	JIS
En AW 7075	7075	38.371 L-3710	A-ZSGU	AlZnMgCu1.5 3.4365		3735 9007 / 2		AlnZn6MgCu1.5	A7075

### Propiedades mecánicas de chapas Norma: EN 485-2 Aluminio EN AW-7075 [Al Zn5,5MgCu]

Estado de tratamiento	Espesor nominal mm		R <sub>m</sub> MPa		R <sub>p0,2</sub> Mpa		Alargamiento mín. %		Radio de doblado		Dureza HBS
	Mayor que	hasta	mín.	máx.	mín.	máx.	A <sub>50mm</sub>	A	180°	90°	
O	≥0,4	0,8		275		145	10		1,0 t	0,5 t	55
	0,8	1,5		275		145	10		2,0 t	1,0 t	55
	1,5	3,0		275		145	10		3,0 t	1,0 t	55
	3,0	6,0		275		145	10			2,5 t	55
	6,0	12,5		275		145	10			4,0 t	55
T6, T651, T62	≥0,4	0,8	525		460		6			4,5 t	157
	0,8	1,5	540		460		6			5,5 t	160
	1,5	3,0	540		470		7			6,5 t	161
	3,0	6,0	545		475		8			8,0 t	163
	6,0	12,5	540		460		8			12 t	160
T651, T62	12,5	25,0	540		470			6			161
	25,0	50,0	530		460			5			158
	50,0	60,0	525		440			4			155
	60,0	80,0	495		420			4			147
	80,0	90,0	490		390			4			144
	90,0	100,0	460		360			3			135
	100,0	120,0	410		300			2			119
	120,0	150,0	360		260			2			104



ANEXO L.  
MATRIZ EVALUACION AMBIENTAL

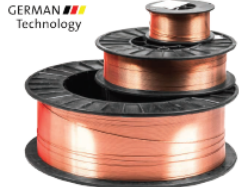
	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Criterios de evaluación					Total	Calificación
			P	Ln	R	Lm	M		
Operación	Generación de emisiones	Calentamiento global	2	2	10	5	2	13	No Significativo
Operación	Consumo de energía	Racionamiento de energía	2	2	5	2	2	13	No Significativo
Operación	Generación de ruido ambiental	Contaminación auditiva	2	2	10	5	2	13	No Significativo
Operación	Generación de residuos sólidos	Contaminación de suelos	2	2	5	5	2	16	No Significativo
Operación	Generación de fragmentos de vidrio	Contaminación de suelos	2	2	10	5	2	13	No Significativo

ANEXO M.  
CATALOGO DE MATERIAL DE APORTE DE SOLDADURA MIG



## Rollos de alambre para soldadura MIG/MAG (GMAW)

### ER 70S-6 ROLLOS DE ALAMBRE SÓLIDO PARA SOLDADURA MIG/MAG EN ACERO AL CARBÓN



Parámetros de aplicación  
Corriente directa electrodos al positivo

Díametro alambre	Amperaje	Voltaje
.023"	40 - 90	14 - 16
.030"	60 - 140	14 - 16
.035"	70 - 180	15 - 21
.045"	110 - 230	18 - 30

Código	Díametro	Peso del rollo
B202	.023" (0.6 mm)	1 kg
B198	.023" (0.6 mm)	5 kg
B203	.030" (0.8 mm)	1 kg
B199	.030" (0.8 mm)	5 kg
B195	.030" (0.8 mm)	15 kg
B199.02	.035" (0.9 mm)	5 kg
B0H046	.035" (0.9 mm)	15 kg
B196	.035" (0.9 mm)	15 kg
B200	.040" (1.0 mm)	5 kg
B204	.040" (1.0 mm)	1 kg
B201	.045" (1.2 mm)	5 kg
B0H047	.045" (1.2 mm)	15 kg
B197	.045" (1.2 mm)	15 kg
B213.03	1/16" (1.6 mm)	15 kg

Los rollos B0H son marca Bohler.  
Los rollos B son marca Carbone Professional welding

Propiedades mecánicas típicas del metal depositado

Resistencia a la tensión	Límite elástico	Elasticidad
580 MPa	445 MPa	28.5%

#### CLASE Y TIPO ER70S-6 AWS/SFA A5.18

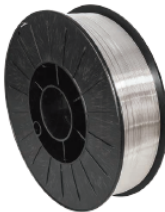
Es un alambre diseñado para unir todos los tipos comerciales de aceros estructurales no aleados, como son: aceros de construcción para calderas, tuberías, placas, perfiles, aceros para construcción naval, aceros fundidos; así como aceros de grano fino, con contenidos de carbono hasta 0.6%. Para uniones en placa: ASTM A36, A285 Gr C, A 515 Gr. 70, etc. Las aplicaciones pueden incluir tuberías, estructuras, astilleros y fabricaciones de equipos de acero al carbono en general. Fabricado con la más moderna y avanzada tecnología, durante la limpieza se asegura de eliminar completamente los óxidos superficiales y los lubricantes normales del treflado, en el proceso de encañado se pone estricta atención para lograr uniformidad en las capas, se controla el cast y el helix, para alcanzar niveles óptimos de alimentación, tanto en equipos automáticos como semi automáticos y el análisis químico es siempre uniforme cumpliendo con los estrictos requerimientos AWS. Es un alambre diseñado para la aplicación con protección gaseosa CO<sub>2</sub> al 100%, presentando excelentes características de soldabilidad con un mínimo de salpicaduras y buena soldabilidad con mezcla Ar/CO<sub>2</sub> 75/25%. Debido a su embobinado capa a capa favorece las aplicaciones a velocidades más altas. Por su contenido controlado de Mn y Si, posee una alta capacidad de desoxidación. Se suelda perfectamente en pase simple o multipase con todos los tipos de transferencia de arco (corto circuito, globular, spray o arco pulsado), usando los gases adecuados y ajustando los parámetros correctamente.

#### Análisis químico típico

Si	C	Mn	P	S	Fe
1.48	0.07	0.89	0.012	0.01	Balanco



### E 71T-1C ROLLOS DE ALAMBRE TUBULAR RUTILICO CON FUNDENTE PARA MIG/MAG EN ACERO AL CARBÓN



GERMAN Technology

Código	Díametro	Peso del rollo
B0H048	.045" (1.2 mm)	15 kg
B0H049	1/16" (1.6 mm)	15 kg

#### CLASE Y TIPO E 71T-1C -/ AWS A5.20

Se recomienda para trabajos de soldadura en aceros estructurales, de construcción, aceros para caldera y tuberías, aceros de grano fino, aceros para construcción naval, aceros fundidos, así como para aceros con un contenido de carbono hasta 0.6%. Bohler E71T-1C, se recomienda entre otros para los siguientes materiales: ASTM A27 a A36 Gr. all; A106 Gr. A, B A214; A 242 Gr. 1-5; A266 Gr. 1, 2, 4; A283 Gr. A, B, C, D; A285 Gr. A, B, C; A299 Gr. A, B; A328; A366; A515 Gr. 60, 65, 70; A516 Gr. 55; A556 Gr. B2; A570 Gr. 30, 33, 36, 40, 45; A572 Gr. 42, 50; A606 G907 Gr. 30, 33, 36, 40; Gr. all; A607 Gr. 45; A656 Gr. 50, 60; A668 Gr. A, B; AA841; A851 Gr. 1, 2; A935 Gr. 45; A936 Gr. 50; API SL X42 - X56. Puede soldarse en todas posiciones, tiene un arco estable, resistente al envejecimiento y no es afectado por las impurezas de los aceros. Los depósitos son de calidad radiográfica y se aplica satisfactoriamente con la técnica de multipases. Las bobinas deben ser guardadas en un lugar seco para evitar que la superficie se oxide, se recomienda guardarlas en su empaque para evitar la humedad en el alambre. Para soldar con Corriente Directa / Electrodo Positivo (DC/EP) (= +) Gas de protección CO<sub>2</sub> 100%, Mezcla Ar/CO<sub>2</sub> 75/25%.

Parámetros recomendados, para el alambre			
Díametro mm (in)	1.2 mm (0.045")	1.6 mm (0.052")	
Amperaje	Posición plana, horizontal y filete	180 - 340	200 - 400
	Vertical ascendente	120 - 220	160 - 260
	Vertical descendente	120 - 240	160 - 280
Voltaje	Sobrecabeza	120 - 220	160 - 260
		24 - 32	24 - 32

Propiedades mecánicas del depósito		
Resistencia a la tracción	Límite de cedencia (0.2%)	Alargamiento (l=4d)
MPa	MPa	%
574	517	29



### E 71T-GS ROLLOS DE ALAMBRE TUBULAR AUTO PROTEGIDO (SIN GAS) MIG/MAG EN ACERO AL CARBÓN



Viene empacado al vacío



#### CLASE Y TIPO AWS A 5.20: E71T-GS

Descripción: Hilo tubular auto-prottegido para soldadura de chapa fina de aceros al carbono en todas las posiciones. Adecuado para soldar placas zincadas. Totalmente libre de sales de bario. Escoria fácilmente extraíble. Para ser utilizado con corriente DC - (operación corriente continúa, electrodo de polaridad negativa).

Código	Díametro	Peso del rollo
B205	.030" (0.8 mm)	1 kg
B206	.030" (0.8 mm)	5 kg

Parámetros de soldadura				Embalaje
Díametro (mm)	Voltaje	Intensidad	Tipo corriente (polo)	Peso paq. (kg)
0.8	12/24	50/200	DC	15
0.9	13/27	70/220	DC	15
1.0	14/30	80/240	DC	15
1.2	16/35	90/310	DC	15

GAS	Metal depositado	Límite Elástico (N/mm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación 5d (%)
		430	520	22



ANEXO N.  
COTIZACION DE TORNILLOS



# TORNILLOS CARDONA S.A.S

REMISIÓN  
 COTIZACIÓN

Cra. 30 No. 6 - 98 Esquina • Barrio Ricaurte  
Tel 375 2038 - 201 0786 • Cel. 320 212 0518  
E-mail: tornilloscardona@hotmail.com

No 0408

Señores: Juan David Peña Fecha: 23 MES 18

Dirección:

Nit:

Teléfono:

3115975248

Cantidad	Descripción	Vr. Unitario	Vr. Total
10	Tornillo hex 8x120 BR6	2.200	22.000
5	Tornillo hex 5/16x1 1/2 449	1.300	6.500
10	Tuerca 8mm	120	12.000
5	TCA 5/16 INOX449	300	1.500
XIVA			
Melissa R		ACEPTADA	
FIRMA VENDEDOR		C.C. ó NIT - SELLO	
		SUBTOTAL \$	
		TOTAL \$	

TORNILLOS G.2, G.5, G.8 - VARILLA - TORNILLOS CATERPILAR - TUERCAS  
TORNILLO INOXIDABLE - TURBO DE COBRE - TORNILLO A325 - RESORTES  
GALVANIZADO EN CALIENTE - TORNILLO DRYWALL - CHAZOS

ANEXO O.  
NORMA FMVSS 212

49 CFR 571.212 - Standard No. 212; Windshield mounting.

**§ 571.212 Standard No. 212; Windshield mounting.**

S1. *Scope.* This standard establishes windshield retention requirements for motor vehicles during crashes.

S2. *Purpose.* The purpose of this standard is to reduce crash injuries and fatalities by providing for retention of the vehicle windshield during a crash, thereby utilizing fully the penetration-resistance and injury-avoidance properties of the windshield glazing material and preventing the ejection of occupants from the vehicle.

S3. *Application.* This standard applies to passenger cars, and to multipurpose passenger vehicles, trucks, and buses having a gross vehicle weight rating of 4536 kilograms or less. However, it does not apply to forward control vehicles, walk-in van-type vehicles, or to open-body type vehicles with fold-down or removable windshields.

S4. *Definition.* *Passive restraint system* means a system meeting the occupant crash protection requirements of S5. of Standard No. 208 by means that require no action by vehicle occupants.

S5. *Requirements.* When the vehicle travelling longitudinally forward at any speed up to and including 48 kilometers per hour impacts a fixed collision barrier that is perpendicular to the line of travel of the vehicle, under the conditions of S6, the windshield mounting of the vehicle shall retain not less than the minimum portion of the windshield periphery specified in S5.1 and S5.2.

S5.1 *Vehicles equipped with passive restraints.* Vehicles equipped with passive restraint systems shall retain not less than 50 percent of the portion of the windshield periphery on each side of the vehicle longitudinal centerline.

S5.2 *Vehicles not equipped with passive restraints.* Vehicles not equipped with passive restraint systems shall retain not less than 75 percent of the windshield periphery.

S6. *Test conditions.* The requirements of S5. shall be met under the following conditions:

S6.1 The vehicle, including test devices and instrumentation, is loaded as follows:

(a) Except as specified in S6.2, a passenger car is loaded to its unloaded vehicle weight plus its cargo and luggage capacity weight, secured in the luggage area, plus a 50th-percentile test dummy as specified in part 572 of this chapter at each front outboard designated seating position and at any other position whose protection system is required to be tested by a dummy under the provisions of Standard No. 208. Each dummy is restrained only by means that are installed for protection at its seating position.

(b) Except as specified in S6.2, a multipurpose passenger vehicle, truck or bus is loaded to its unloaded vehicle weight, plus 136 kilograms or its rated cargo and luggage capacity, whichever is less, secured to the vehicle, plus a 50th-percentile test dummy as specified in part 572 of this chapter at each front outboard designated seating position and at any other position whose protection system is required to be tested by a dummy under the provisions of Standard No. 208. Each dummy is restrained only by means that are installed for protection at its seating position. The load is distributed so that the weight on each axle as measured at the tire-ground interface is in proportion to its GAWR. If the weight on any axle when the vehicle is loaded to its unloaded vehicle weight plus dummy weight exceeds the axle's proportional share of the test weight, the remaining weight is placed so that the weight on that axle remains the same. For the purposes of this section, unloaded vehicle weight does not include the weight of work-performing accessories. Vehicles are tested to a maximum unloaded vehicle weight of 2,495 kilograms.

S6.2 The fuel tank is filled to any level from 90 to 95 percent of capacity.

S6.3 The parking brake is disengaged and the transmission is in neutral.

S6.4 Tires are inflated to the vehicle manufacturer's specifications.

S6.5 The windshield mounting material and all vehicle components in direct contact with the mounting material are at any temperature between -9 degrees Celsius and 43 degrees Celsius.

[ 41 FR 36494, Aug. 30, 1976, as amended at 42 FR 34289, July 5, 1977; 45 FR 22046, Apr. 3, 1980; 60 FR 13647, Mar. 14, 1995]



ANEXO P.  
PLANOS