



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESCALERA PLEGABLE PARA  
BUS TIPO ESCALERA QUE PERMITA EL ASCENSO Y  
DESCENSO DE USUARIOS DE HASTA 150 KG PARA LA  
EMPRESA “CHIVAS PACHANGUERAS”.

**STEVEN OCTAVIO BERNAL GOMEZ**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Bogotá D.C, Colombia  
2020

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESCALERA PLEGABLE  
PARA BUS TIPO ESCALERA QUE PERMITA EL  
ASCENSO Y DESCENSO DE USUARIOS DE HASTA 150  
KG PARA LA EMPRESA “CHIVAS PACHANGUERAS”.**

**STEVEN OCTAVIO BERNAL GOMEZ**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Mecánico**

Director (a):

Mtro. **JUAN CARLOS MONROY CASTRO**

Codirector (a):

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Bogotá D.C, Colombia  
2020

**Evaluadores**

\_\_\_\_\_ **Jurado 1**

\_\_\_\_\_ **Jurado 2**

*(Dedicatoria o lema)*

*Doy gracias a dios por culminar otra etapa de aprendizaje así como a mi núcleo familiar por el incondicional apoyo, porque con esfuerzo ellos buscaron una motivación día tras día para poder ver cumplir mi objetivo, uno de muchos que aun deseo cumplir, porque esta es una de las muchas etapas que debemos lograr en nuestra carrera de la vida, los cuales con dedicación y amor podemos lograr tan cuales nos proyectemos.*

*En esta etapa tan importante de mi vida, quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron con esta etapa y formación, no solo a nivel profesional sino como persona, en las cuales una de ellas es mi asesor de proyecto Juan Carlos Monroy, por su confianza, apoyo y dedicación durante este proceso por lo cual deseo ser reciproco aportando un granito de los conocimientos adquiridos a la sociedad.*

## **Agradecimientos**

Brindo mi más sincero reconocimiento y agradecimiento a todos los docentes, directivos y administrativos de la Universidad Antonio Nariño, por compartir sus conocimientos, dedicación y paciencia a lo largo del tiempo, de igual forma a muchos de mis compañeros de la facultad y/o demás facultades, por lo cual en cada uno de ellos aprendí infinidad de cosas de modo profesional e individual, al mismo tiempo el trabajar en grupo donde entendí que el trabajo en equipo hace la fuerza, en lo cual en el presente estos conocimientos lo eh venido aplicando gracias a todos ustedes.

## Resumen

Actualmente los usuarios que toman un servicio en un bus escalera o (Chiva Turística) en Bogotá se les dificulta el ascenso y descenso de la Chiva debido a la altura de este tipo de vehículo, por tal razón los propietarios de las Chivas han decidido acondicionar de forma aleatoria sillas, escaleras u otros objetos portátiles de forma insegura por su inestabilidad, su falta de rigidez o deslizamiento de los objetos utilizados que pueden causar accidentes al momento de su uso por parte de los ocupantes toda vez que no están anclados a la estructura del vehículo. Para suplir esta necesidad y en aras de mejorar y asegurar a los usuarios en el momento de acceder a este servicio, se realizara el siguiente proyecto el cual consiste en diseñar y construir un sistema de escalera plegable para el uso seguro en el ascenso y descenso de los ocupantes de un bus escalera, sin importar el tipo de usuario, sus diversas edades ya sean niños, jóvenes, adultos, sin distinción de género, este mecanismo constará de eslabones interconectados donde cada una de ellas contendrá una plataforma logrando dar una forma de escalón al usuario para su apoyo, al estar soportada a la estructura del vehículo dará seguridad, firmeza y confianza al momento de su uso. Adicionalmente este mecanismo no será visible de tal forma que no altere el diseño original de la Chiva Turística, ya que al cerrarse quedara debajo del vehículo, este dispositivo será de fácil acceso para cualquier persona que desee operarlo, siendo más practico al accionarlo de forma manual a conveniencia o petición del usuario.

**PALABRAS CLAVE: Plegable, escalera, mecanismo, escalón.**

## **Abstract**

Currently, users who take a service on a ladder bus or (Chiva Turística) in Bogotá find it difficult to ascend and descend the Chiva due to the height of this type of vehicle, for this reason the owners of the Chivas have decided to condition the randomly shapes chairs, ladders or other portable objects in an unsafe way due to their instability, lack of rigidity or slipping of the objects used that can cause accidents at the time of their use by the occupants since they are not anchored to the structure of the vehicle. To meet this need and in order to improve and ensure users at the time of accessing this service, the following project will be carried out which consists of designing and building a folding ladder system for safe use in the ascent and descent of The occupants of a ladder bus, regardless of the type of user, their different ages, whether they are children, youth, adults, without distinction of gender, this mechanism will consist of interconnected links where each one of them will contain a platform, achieving a step shape to the user for their support, being supported to the structure of the vehicle will give security, firmness and confidence at the time of use. Additionally, this mechanism will not be visible in such a way that it does not alter the original design of the Chiva Turística, since when closed it will remain under the vehicle, this device will be easily accessible for anyone who wishes to operate it, being more practical when operated manually. at the user's convenience or request.

**KEY WORDS: Folding, ladder, mechanism, step.**

# CONTENIDO

Resumen .....	VI
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
Descripción del problema.....	3
Justificación .....	4
Objetivos.....	5
1.1.1    Objetivo General.....	5
1.1.2    Objetivos Específicos.....	5
<b>2. Fundamentos Teóricos .....</b>	<b>6</b>
2.1 Escaleras .....	6
2.1.1 Definición de Escalera .....	6
2.1.2 Peldaño .....	6
2.1.3 Zanca .....	7
2.1.4 Meseta .....	7
2.1.5 Tiro .....	7
2.2 Tipos de Escaleras Plegables .....	7
2.2.1 Estacionaria.....	7
2.2.2 Plegable con Escotilla.....	8
2.2.3 Tijera .....	9
2.2.4 Telescópica .....	9
2.2.5 Reclinable.....	10
2.3 Mecanismos.....	11
2.3.1 Definición de Mecanismo.....	11
2.3.2 Partes de un Mecanismo .....	11
2.3.3 Grados de Movilidad.....	12
2.3.4 Tipos de Movimiento .....	13
2.4 Estructuras desplegadas .....	13
2.5.1 Leyes de Newton.....	14
2.5.2 Unidades .....	14
2.5.3 Momento .....	15
2.5.4 Ecuación de equilibrio.....	16
2.5.5 Reacciones.....	16
2.5.6 Esfuerzos y deformaciones .....	17
2.5.6.1 Esfuerzo medio.....	17
2.5.6.2 Esfuerzo axial .....	18
2.5.6.3 Esfuerzo cortante .....	18
2.5.7 Momento flector.....	19
2.5.8 Conexiones .....	20
2.5.8.1 Cortante simple .....	20
2.5.8.2 Cortante doble .....	21
2.5.9 Esfuerzo de aplastamiento .....	22
2.5.10 Factor de seguridad.....	22
<b>Evaluación de alternativas.....</b>	<b>23</b>

3.1.1 Alternativa 1: (Escalera estacionaria) .....	24
3.1.2 Alternativa 2: (Escalera plegable dos piezas).....	25
3.1.3 Alternativa 3: (Escalera telescópica) .....	26
3.1.4 Alternativa 4: (Rampa plegable) .....	27
3.1.5 Alternativa 5: (Escalera tipo tijera).....	29
<b>4. Análisis Estático.....</b>	<b>35</b>
4.1. Análisis Estructural .....	36
4.1.2 Calculo Estático.....	39
4.2. Cálculo de carga axial y flexión pura.....	42
4.3. Cálculo de conexiones.....	54
4.3.1 APOYO A.....	55
4.3.2 PASADORES .....	56
<b>5. Simulación Ensamble Escalera.....</b>	<b>58</b>
5.1. Propiedades del material .....	59
5.2. Asignaciones de carga de casos estáticos.....	59
5.3. Estructura de resultados .....	60
<b>6. Fabricación .....</b>	<b>62</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>71</b>
<input type="checkbox"/> <b>Physical .....</b>	<b>83</b>
<b>Static Analysis:1.....</b>	<b>83</b>
<input type="checkbox"/> Material(s).....	84
<input type="checkbox"/> Operating conditions <input type="checkbox"/> Force:1 .....	84
1.1.3 <input type="checkbox"/> Force:2 .....	85
1.1.4 <input type="checkbox"/> Pin Constraint:1 .....	85
1.1.5 <input type="checkbox"/> Pin Constraint:2.....	85
<input type="checkbox"/> Results .....	86
1.1.6 <input type="checkbox"/> Reaction Force and Moment on Constraints .....	86
1.1.7 <input type="checkbox"/> Result Summary .....	86
1.1.8 <input type="checkbox"/> Figures .....	87
<input type="checkbox"/> <b>Physical .....</b>	<b>89</b>
<hr/>	
<input type="checkbox"/> <b>Static Analysis:1.....</b>	<b>89</b>
• Material(s).....	89
<input type="checkbox"/> Operating conditions <input type="checkbox"/> Force:2.....	90
1.1.9 <input type="checkbox"/> Force:1 .....	90
1.1.10 <input type="checkbox"/> Pin Constraint:1 .....	91
1.1.11 <input type="checkbox"/> Pin Constraint:3.....	91
<input type="checkbox"/> Results .....	91
1.1.12 <input type="checkbox"/> Reaction Force and Moment on Constraints.....	91

1.1.13	☐ Result Summary .....	92
1.1.14	☐ Figures .....	92

---

☐	<b>Static Analysis:1</b> .....	<b>95</b>
	☐ Material(s).....	96
	☐ Operating conditions.....	96
	☐ Results .....	97

---

☐	<b>Análisis estático: 1</b> .....	<b>101</b>
	☐ Material(s).....	101
	☐ Operating conditions ☐ Force:1 .....	101
	☐ Results .....	102

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Chiva que transportaba a ciudadanos hasta San Vicente en Ecuador .....	IV
Figura 2 Bus International denominado Diablos Rojos .....	2
Figura 3 Bus escalera colombiano.....	2
Figura 4 Bus escalera en la actualidad .....	3
Figura 5 Bus escalera tradicional .....	4
Figura 6 Tipos de escaleras .....	6
Figura 7 Partes de una escalera .....	7
Figura 8 Escalera estacionaria.....	8
Figura 9. Escalera plegable con escotilla .....	8
Figura 10 Escalera plegable de tijera.....	9
Figura 11 Escalera plegable telescópica .....	10
Figura 12 Escalera reclinable .....	10
Figura 13 Mecanismo .....	11
Figura 14 Partes de un mecanismo .....	12
Figura 15 Grados de Movilidad .....	12
Figura.16 Tipos de despliegue Mecanismo de Barras.....	13
Figura 17. Reacciones más utilizadas .....	17
Figura 18. Efecto de las fuerzas cortantes.....	18
Figura 19. Momento flector.....	19
Figura 20. Conexión a cortante simple .....	20
Figura 21. Conexión a cortante doble. ....	21
Figura 22. Apoyo de un eslabón. ....	22
Figura 23. Escalera estacionaria.....	24
Figura 24. Escalera dos piezas (Desplegada) .....	25
Figura 25 Escalera plegable dos piezas .....	25
Figura 26 Escalera plegable dos piezas (Plegada) .....	25
Figura 27 Escalera plegable Telescópica .....	26
Figura 28 Escalera plegable Telescópica .....	26
Figura 29 Escalera plegable Telescópica (plegada).....	26
Figura 30 Rampa Desplegada.....	27
Figura 31 Rampa (Semidesplegada) .....	27
Figura 32 Rampa (Plegada) .....	28
Figura 33 Escalera Plegable Tipo Tijera .....	42
Figura 34 Escalera Plegable Tipo Tijera .....	29
Figura 35 Escalera Plegable Tipo Tijera (Plegada).....	29
Figura 36 Diseño escalera plegable tijera Desplegada.....	34
Figura 37 Diseño escalera plegable tijera Semi-desplegada .....	34
Figura 38 Diseño escalera plegable tijera plegada .....	34
Figura 39. Escalera Plegable Tipo Tijera .....	35
Figura 40. Distribución de Nodos.....	36
Figura 41. Diagrama de cuerpo libre.....	38
Figura 42. Eslabòn Tipo A y Tipo B .....	41
Figura 43. Análisis estático de los elementos .....	41

Figura 44. Carga axial y flexión pura en los puntos LKH .....	43
Figura 45. Diagrama de cuerpo libre del eslabón LKH .....	43
Figura 46. Diagrama de fuerza cortante del eslabón LKH. ....	44
Figura 47. Diagrama de momento flector del eslabón LKH. ....	44
Figura 48. Propiedades de los perfiles .....	46
Figura 49. Propiedades Acero estructural .....	47
Figura 50. Punto A´ZV .....	48
Figura 51. Diagrama de cuerpo libre del eslabón A´ZV.....	49
Figura 52. Diagrama de fuerza cortante del eslabón A´ZV .....	49
Figura 53. Diagrama de momento flector del eslabón A´ZV .....	50
Figura 54. Punto OPQ .....	51
Figura 55 Diagrama de cuerpo libre del eslabón OPQ.....	52
Figura 56 Diagrama de fuerza cortante del eslabón OPQ.....	52
Figura 57 Diagrama momento flector del eslabón OPQ. ....	53
Figura 58. Apoyo de un eslabón. ....	54
Figura 59. Conexión de pasadores .....	56
Figura 60. Modelo de elementos finitos del diseño en 2D de la escalera plegable .....	58
Figura 61. Forma deformada .....	60
Figura 62. Verificación de cálculos en SAP 2000.....	61
Figura 63. Resultados simulación.....	61
Figura 64. .Corte y dobléz .....	63
Figura 65. Ajuste de componentes .....	63
Figura 66. Ensamble del producto .....	63
Figura 67. Posicionamiento de la escalera .....	63
Figura 68. Despliegue del Producto .....	64
Figura 69. Uso del producto.....	64
Figura 70. Pliegue de la escalera.....	64
Figura 71. Instalar seguro del mecanismo.....	64
Figura 72. Disposición de almacenaje .....	65

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Decisiones .....	32
Tabla 2. Fuerza de fricción Cinética o Dinámica .....	38
Tabla 3: asignación de sección de estructura .....	58
Tabla 4: Propiedades del material - Propiedades mecánicas básicas .....	59
Tabla 5: Propiedades del material - Datos del acero .....	59
Tabla 6: calculo estático del elemento LKH.....	59

# 1. Introducción

Desde los inicios del siglo XX los vehículos tipo bus escalera han sido usados en países como Colombia, Ecuador y Panamá. En realidad, “Chiva” es un término adoptado de Colombia. En el Ecuador son conocidas tradicionalmente como Chicheras en la zona costera, su aparición en este país fue meramente práctico, es decir, era un medio de transporte altamente difundido hace un par de décadas en Latinoamérica.

Figura 1. Chiva que transportaba a ciudadanos hasta San Vicente en Ecuador



Fuente: (Patio tuerca) <sup>1</sup>

En Panamá respecto a estos buses se les decía “chiva” debido a que un grupo de conductores hindúes colocaban una imagen de la diosa Shiva<sup>2</sup> en el panel frente al timón y los pasajeros preguntaban que era esa imagen, esto llevó a que la palabra se popularizara tanto al punto que a los minibuses las llamaran chiva, al final de la década de 1990 las pequeñas chivas desaparecieron cuando entraron en servicio los primeros buses de marca International conocidos como los diablos rojos<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Patio tuerca. Obtenido de <https://ecuador.patiotuerca.com/blog/las-chivas-de-donde-vienen/>

<sup>2</sup> En la fé del hinduismo Shiva es uno de los dioses de la trimurti (tres formas la trinidad hinduista) en la que representa el papel Dios que destruye y renueva el Universo. Shiva es considerado un Dios supremo.

<sup>3</sup> Diablos Rojos son un icono, una seña de identidad en Panamá. Hace tiempo que dejaron la vida de transporte escolar en Estados Unidos para convertirse en un fenómeno cultural y social, prestando un servicio de transporte colectivo poco regulado y de estética inconfundible.

Figura 2 Bus Internacional denominado Diablos Rojos



Fuente: (Ellas)<sup>4</sup>

Su origen a nivel mundial surgió en nuestro país en el corregimiento de Antioquia – Colombia como medio de transporte rural para el campesino y sus productos agrícolas, pero esto no impidió su evolución a medida del tiempo gracias a sus características propias en su estructura, en la actualidad también son usadas con otros fines como lo es el turismo y entretenimiento nocturno en las principales ciudades. Más que un medio de transporte autóctono, la chiva o “bus escalera” es un símbolo colombiano.

Figura 3 Bus escalera colombiano



Fuente: (Chivas Pachangueras)<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Ellas. Obtenido de <https://www.ellas.pa/estilo-vida/cultura/historia-del-diablo-rojo-recorre-las-calles-washington/>

<sup>5</sup> Chivas pachangueras. Obtenido de <https://chivasrumberasbogota.com.co/>

## Descripción del problema

En la actualidad en el transporte turístico y/o entretenimiento típico colombiano se encuentran estos vehículos llamados bus escalera o también conocidos como Chivas Turísticas, en la capital de Colombia (Bogotá) especialmente en la compañía “Chivas Pachangueras”, empresa constituida legalmente y que presta diferentes servicios como transporte de usuarios de un lugar a otro, celebración de cumpleaños, matrimonios, fiestas de quince años, despedidas de fin de año para empresas, recorridos navideños, fiestas Halloween para niños, entre otras actividades. Este tipo de eventos se realiza dentro de las chivas de la Empresa por tiempos determinados, recogiendo a las personas en uno o varios lugares que el cliente así disponga.

Los grupos de usuarios pueden llegar a ser de hasta 200 personas, toda vez que el alquiler de las chivas es por tiempo, y en la mayoría de ocasiones se dificulta el ascenso al vehículo, debido a la altura de la chiva o de acuerdo a la estatura de las personas, en ocasiones el tiempo del alquiler se puede afectar por la demora que esto puede generar al no contar con un elemento de apoyo idóneo seguro y de fácil acceso, además las carrocerías de las chivas no cuentan con dimensiones estándar.

En estos eventos se presenta un agravante y es que las personas consumen bebidas alcohólicas y exponen en algunas ocasiones su seguridad al lanzarse desde la parte interna de la chiva a la acera, causándose alguna lesión o lastimadura, en algunas ocasiones las mujeres que van en minifalda (o jean) la rasgan o dañan sus prendas, debido a la manera inadecuada de subir o bajar de este tipo de vehículo.

Figura 4 Bus escalera en la actualidad



Fuente: (Chivas Pachangueras)<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Chivas pachangueras. Obtenido de <https://chivasrumberasbogota.com.co/>

Particularmente esta empresa también destina estos vehículos, ocasionalmente, para el transporte de carga dentro y fuera de la ciudad, con mercancía o bultos que pueden llegar a pesar cada uno hasta 50 kg, los cuales deben subir manualmente a través de una tabla que no está asegurada y puede ser inestable por el peso de la persona, con el riesgo de generarse una caída peligrosa.

Las personas destinadas para el cargue y descargue de la mercancía pesan alrededor de 80- 90 kg, por esta razón el diseño del mecanismo propuesto pretende reducir los riesgos que se puedan presentar en estos casos, y su diseño permitirá el ascenso y descenso de usuarios de hasta 150 kg, al estar anclada a la estructura del bus escalera o “chiva”.

## Justificación

“Tan tradicionales como nuestra gastronomía, pintoresca como nuestro modo de hablar, así son estos vehículos llamados chivas, pues se conocen desde Ecuador hasta México, para nosotros no hay vehículo más útil ya que en él se puede llevar personas, animales, trasteos, productos agrícolas en cualquier terreno o clima. Lo técnico es lo más básico: estructuras de madera montadas sobre un chasis de camión, bancas continuas al estilo iglesia, entradas laterales y parrilla para equipajes en el techo. El bus escalera fue una muestra de ingenio e inventiva criolla que permitió con recursos básicos, adaptar un vehículo motor a las necesidades de movilización de los pueblos”<sup>7</sup>

Figura 5 Bus escalera tradicional



Fuente: (Colombiabus)<sup>8</sup>

Este dispositivo mecánico (escalera plegable) se convierte en un mecanismo necesario toda vez que las personas que usan este servicio realizan prácticas inusuales lo cual

---

<sup>7</sup> “La revista del autobús en Colombia / marzo 2016 ed. 4”

<sup>8</sup> Colombiabus. Obtenido de [https://issuu.com/colombiabus/docs/revista\\_colombiabus\\_marzo\\_completa\\_6419ea655df6cb/9](https://issuu.com/colombiabus/docs/revista_colombiabus_marzo_completa_6419ea655df6cb/9)

pueden provocar una caída de nivel, tanto para el usuario como el operador y lo que se busca al implementar este mecanismo es evitar esos riesgos, sin modificar la funcionalidad ni alterando el diseño original de la carrocería.

Adicionalmente se busca que su estructura sea más segura, duradera y resistente en comparación con la butaca de madera o silla plástica, habituales para los transportistas de estos medios, las cuales no están hechos para realizar dichas prácticas e incluso se suelen extraviar y/o olvidar en el camino generando un gasto adicional para la obtención de un nuevo elemento o accesorio, caso contrario con el mecanismo de escalera plegable, puesto que este modelo es muy útil ya que hará parte de la estructura del vehículo, su accionamiento es manual la cual puede manejar a conveniencia el operador o auxiliar del móvil en el momento que tanto este lo requiera o a petición del usuario.

Actualmente en el servicio de transporte público SITP, algunos móviles cuentan con plataformas para facilitar el ingreso o la salida de las personas en condición de discapacidad (personas en sillas de ruedas). El planteamiento de este proyecto, tiene un foco específico, está dirigido para aquellos que utilizan los buses escalera, incluso como medio de transporte turístico, en el que se evidencia la falencia para acceder o salir de él; por ello esta idea es innovadora o pionera para este tipo de vehículos, los que a través de su historia con su forma original y clásica no se quedan atrás, gracias a sus pequeños cambios de la mano con el desarrollo tecnológico.

## **Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Diseñar y construir una escalera para bus tipo “escalera” que permita el ascenso y descenso de usuarios de hasta 150 kg desde una altura de 1.10 m con accionamiento manual a criterio del operador o a petición de los usuarios para la empresa “Chivas Pachangueras”.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Determinar las dimensiones estándar de acceso al bus escalera y medidas establecidas como la altura en este tipo de vehículos.
- Diseñar el sistema en dimensión estándar, para que pueda ser implementado en diversos vehículos de la empresa “Chivas Pachangueras”
- Seleccionar los materiales adecuados que permitan al mecanismo ser liviano y resistente para soportar el peso del usuario (150 kg).
- Realizar los planos y análisis de esfuerzos en Solidworks para validar el diseño planteado.
- Construir un sistema de enganche a la carrocería, que permita asegurar la escalera y almacenarla luego de su uso.

- Realizar un manual de operación y de mantenimiento de la escalera planteada para el adecuado uso por parte del operador.

## 2. Fundamentos Teóricos

En este apartado se da una visión y descripción de los elementos y principios que rigen el desarrollo del proyecto ya sea de una manera directa o indirecta.

### 2.1 Escaleras

#### 2.1.1 Definición de Escalera

Estructura diseñada para enlazar dos niveles en diferentes alturas por medio de escalones que se pueden disponer por tramos separados por descansos, o mesetas. Las escaleras pueden ser fijas, transportables o móviles, se pueden diseñar de diversos materiales tales como: madera, aluminio, hierro u otros.

Figura 6 Tipos de escaleras



Fuente: (MN del golfo)<sup>9</sup>

#### 2.1.2 Peldaño

Parte de la escalera en la cual se apoya el pie que se encuentra en descenso o ascenso, ver Figura 7, también comúnmente llamado escalón, la proyección horizontal se denomina huella (H) y a la diferencia de altura contrahuella (C), línea de intersección en ambos planos es la arista (A) y tabica constituye al frente del peldaño.

---

<sup>9</sup> MN del golfo. Obtenido de <https://www.mndelgolfo.com/reportaje/tipos-de-escaleras-industriales/>

### 2.1.3 Zanca

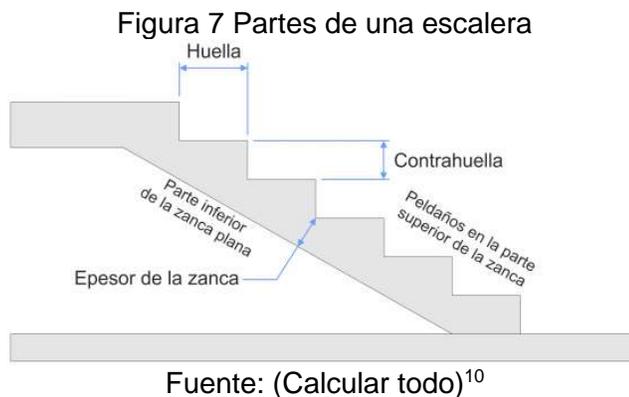
Apoyo mecánico en plano inferior llamado arranque de zanca, en plano superior se denomina desembarque, ver Figura 7.

### 2.1.4 Meseta

Parte del piso horizontal donde arranca y finaliza el tramo de la misma también es la parte donde se realiza cambios de giro y sentido en la escalera.

### 2.1.5 Tiro

Elemento comprendido entre dos plataformas horizontales, su conjunto está compuesto según el número de tramos determinados.



## 2.2 Tipos de Escaleras Plegables

Existen varias opciones en diseños y construcción de escaleras las más usuales las veremos a continuación.

### 2.2.1 Estacionaria

Es diseñada para uso permanente, sus características con barandas fijas a la estructura o empotramiento. Esta característica, justamente las hace ser de un gran uso, confiables y duraderas, sin embargo tienen como desventaja el ocupar gran espacio.

---

<sup>10</sup> Calcular todo. Obtenido de <https://www.calculartodo.com/edificio/volumen-hormigon-escalera.php>

Figura 8 Escalera estacionaria



Fuente: (ensenar)<sup>11</sup>

### 2.2.2 Plegable con Escotilla

Es un diseño el cual la escotilla se libera abriendo lentamente, para luego de abierto el mecanismo se mantenga está en posición evitando que se cierre para así poder desplegar las secciones de la escalera que se encuentran unidas por bisagras estas pueden ser de dos o más secciones.

Figura 9. Escalera plegable con escotilla



---

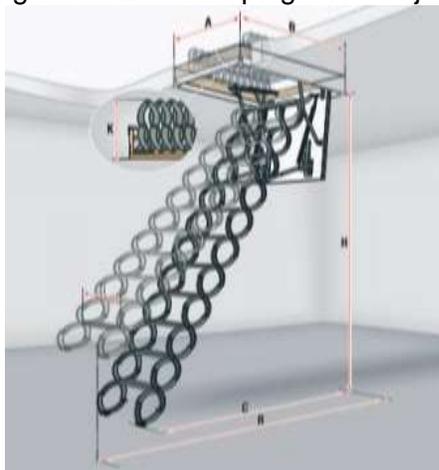
<sup>11</sup> Ensenar. Obtenido de <https://ensenar.es/edificio/casa-y-cabana-construccion-suburbana/escaleras-del-atico-opciones.html>

Fuente: (Las américas)<sup>12</sup>

### 2.2.3 Tijera

Este diseño es construido en su totalidad de forma metálica, posee una similitud en su aspecto a un acordeón, poseen varios tramos tiene la ventaja de ser auto-estable, y ajustable fácilmente a su longitud o altura, de acuerdo a su aplicación. Su funcionamiento de abertura y cierre se asemeja a un acordeón conectado por medio de pasadores en cada eslabón interconectados formando una X o como su nombre indica tijera.

Figura 10 Escalera plegable de tijera



Fuente: (fakro)<sup>13</sup>

### 2.2.4 Telescópica

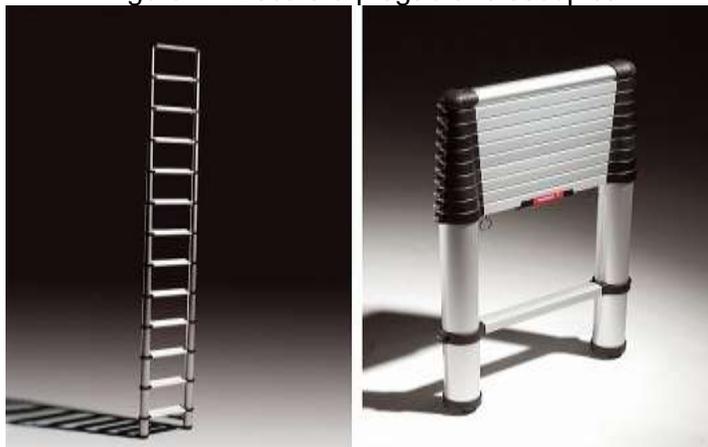
Se suelen construir de material tipo aluminio, son ligeras y resistentes, se abre por peldaños según su aplicación, se debe tener en cuenta el ángulo de apoyo para facilitar su uso seguro.

---

<sup>12</sup> Las américas. Obtenido de <https://www.americas.cl/producto/escalera-abatible-lwk-komfort/>

<sup>13</sup> Fraco. Obtenido de [fakro.ca/att/LOCAL/catalogs/products/Escaleras-plegables-para-atico-2017.pdf](https://www.fakro.ca/att/LOCAL/catalogs/products/Escaleras-plegables-para-atico-2017.pdf)

Figura 11 Escalera plegable telescópica

Fuente: (Interempresas)<sup>14</sup>

### 2.2.5 Reclinable

Son escaleras que se pliega y se fija a la pared su función se montan en una cuerda de arco usando tipo bucle de tarjeta, al plegarse la estructura se fija en la pared, no suele ser popular por su complejidad.

Figura 12 Escalera reclinable

Fuente: (Pinterest)<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Interpresas. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Ferreteria/Productos/Escaleras-telescopicas.html>

<sup>15</sup> Pinterest. Obtenido de <https://www.pinterest.com.mx/pin/620722761114454059/>

## 2.3 Mecanismos

### 2.3.1 Definición de Mecanismo

Es una parte mecánica que conforma una maquina en la cual su función es transferir movimiento y/o fuerza de una energía mecánica hacia una salida o trabajo específico el cual requiera una función. Su agrupación de componentes móviles está vinculados entre sí por múltiples clases de uniones permitiendo dicha transmisión de movimiento.

Figura 13 Mecanismo



Fuente: (Definición)<sup>16</sup>

### 2.3.2 Partes de un Mecanismo

Un mecanismo está conformado por los siguientes elementos, que si bien no están presentes necesariamente en todos los mecanismos, es de gran interés reconocerlos.

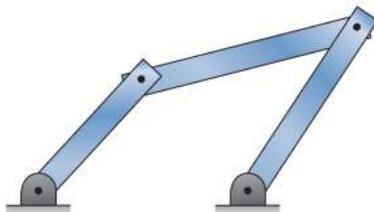
1. *Junta*: Es la conexión entre los eslabones el cual permite movimiento entre ellos.
2. *Nodos*: Punto de unión entre eslabones.
3. *Eslabones*: Son cuerpos rígidos los cuales están conectados para transmitir movimiento y fuerza, pose al menos dos nodos, no se consideran sobre el efecto cinemático del mecanismo, pero si se toman en cuenta en el análisis dinámico.
4. *Enlace*: partes rígidas del mecanismo conectadas formando una cadena.
5. *Marco*: Referencia para el movimiento de las partes del eslabonamiento el cual se encuentra en reposo.
6. *Bisagra*: Rotación lineal pura entre eslabones conectados.
7. *Medias Juntas*: Involucran movimiento complejo tanto rotación como deslizamiento tales como los ejes de levas en los engranajes.

---

<sup>16</sup> Definición. Obtenido de <https://definicion.de/mecanismo/>

8. *Manivela*: Eslabón simple capaz de completar rotación total sobre su centro el cual es fijo.

Figura 14 Partes de un mecanismo



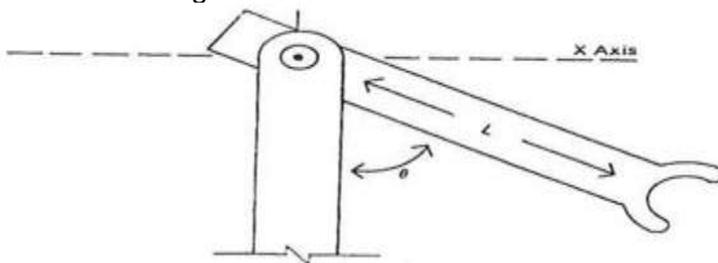
Fuente: (Academia)<sup>17</sup>

### 2.3.3 Grados de Movilidad

Número de coordenadas independientes que se necesita para definir la posición única de un sistema mecánico en cualquier instante de acuerdo al sistema de referencia.

- 1- La articulación en particular actúa como tipo bisagra cambiando sus coordenadas del punto final del elemento.
- 2- Para una posición cualquiera en eje X se obtiene por rotación del brazo en lo cual hay una sola posición en Y para la longitud del elemento (L), el punto final dependerá del ángulo  $\theta$ .

Figura 15 Grados de Movilidad



Fuente: (Inesem)<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> Academia. Obtenido de [https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/72/clase\\_1\\_introduccion\\_a\\_los\\_mecanismos\\_y\\_a\\_la\\_cinematica.pdf](https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/72/clase_1_introduccion_a_los_mecanismos_y_a_la_cinematica.pdf) Pag. 9

<sup>18</sup> Inesem. Obtenido de <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/diferencia-robotica-gradolibertad-movilidad-3/>

### 2.3.4 Tipos de Movimiento

En un cuerpo rígido puede tener la combinación de movimientos de rotación y translación. Para el movimiento en el plano se tiene:

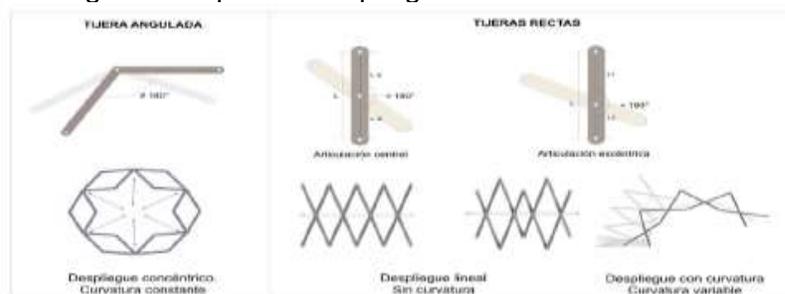
- 1- *Rotación*: El centro del cuerpo no tiene movimiento con respecto a la referencia estacionaria, todos los otros puntos describen movimiento si se toma de referencia dicho centro.
- 2- *Translación*: Los puntos de un cuerpo describen trayectorias paralelas.
- 3- *Movimiento Complejo*: Combinación entre rotación y translación, estos se desplazarán en trayectorias no paralelas por lo cual habrá un centro de rotación el cual cambiara continuamente de posición.

## 2.4 Estructuras desplegadas

Una estructura desplegable es aquella que presenta movimiento de sus partes a partir de mecanismos o barras unidas, las cuales por medio de sus articulaciones pueden darle movimiento a cada componente según su configuración, motivo por el cual su característica fundamental de ser transformable. Estas estructuras son variables, es decir, tendrá un momento en el cual se encuentra reducida y plegada, donde unas dimensiones serán menores a las que alcanza cuando está desplegada. Dichas estructuras se pueden transformar de acuerdo a las necesidades de cada diseño, en lo cual se pueden obtener ventajas como, modulación de elementos, facilidad de ensamble, ligereza de peso, eficiencia estructural y plegabilidad para facilitar su almacenamiento o transporte.

En la (Figura 16.) se observa diferentes configuraciones de despliegue según la posición de las barras del mecanismo, entre ellos está la tijera angulada en el cual se cumple la condición de plegabilidad debido a que tiene poca restricción en sus extremos, esta configuración puede abarcar un gran ángulo de desplazamiento por su conexión central, en comparación con otras configuraciones lo cual dependerá del tipo de aplicación deseada en dicha figura se denotan diferentes ángulos según la posición central que se emplea.

Figura.16 Tipos de despliegue Mecanismo de Barras



Fuente: (Upcommons)<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Upcommons. Obtenido de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/127609/Jornada\\_PDTAEU\\_2018.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/127609/Jornada_PDTAEU_2018.pdf)

## 2.5 Conceptos de estática

Para comenzar debemos tener claros algunos conceptos básicos de estática con el fin de entender algunos fenómenos.

### 2.5.1 Leyes de Newton

1) Se conoce como ley de inercia debido a que las fuerzas que operan sobre la partícula en una velocidad constante son iguales a cero.

2) La suma de las fuerzas que operan sobre una partícula son diferentes de cero estas deben ser semejante al cambio respecto al tiempo, cuando a un cuerpo se le atribuye una fuerza este se produce una aceleración.

$$F = m * a$$

Donde:

*F*: Fuerza

*m*: Masa

*a*: Aceleración

3) Se denomina acción y reacción, donde las fuerzas de dos partículas simétricas en magnitud con la misma dirección pero sentidos opuestos.

### 2.5.2 Unidades

#### Sistema internacional (S.I)

Unidad de fuerza, Se denomina como Newton (N)

$$F = m * a = Kg \left( \frac{m}{s^2} \right) = N$$

Donde:

*Kg*: Kilogramo

*m*: Metro

*s*: segundo

Unidad de esfuerzo.

$$Pa = \frac{N}{m^2}$$

Donde:

*Pa*: Pascal

*N*: Newton  
*m*: Metros

Aceleración de la gravedad se denomina (*g*)

$$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

### Sistema ingles

Unidad de masa, se denomina slug

$$m = \frac{F}{a} = \frac{lb}{ft/s^2} = \frac{lb * s^2}{ft} = slug$$

Donde:

*lb*: libras

*ft*: Pies

*s*: Segundos

$$F = lbf$$

Unidad de esfuerzo

$$psi = \frac{l}{in^2}$$

Donde:

*psi*: Libras por pulgada cuadrada

*l*: Libras

*in*<sup>2</sup>: Pulgadas cuadradas

Aceleración de la gravedad se denomina (*g*)

$$g = 32.2 \frac{ft}{s^2}$$

### 2.5.3 Momento

Es la disposición a virar respecto a un punto como un eje por una fuerza externa.



Se emplea como ley de la mano derecha.

Ley de la mano derecha: también conocido como sacacorchos, cuando se gira en sentido de las agujas del reloj avanza, de la misma forma pero viceversa en sentido contrario a las agujas del reloj retrocede. Se emplea para movimientos vectoriales y direcciones rotacionales.

### 2.5.4 Ecuación de equilibrio

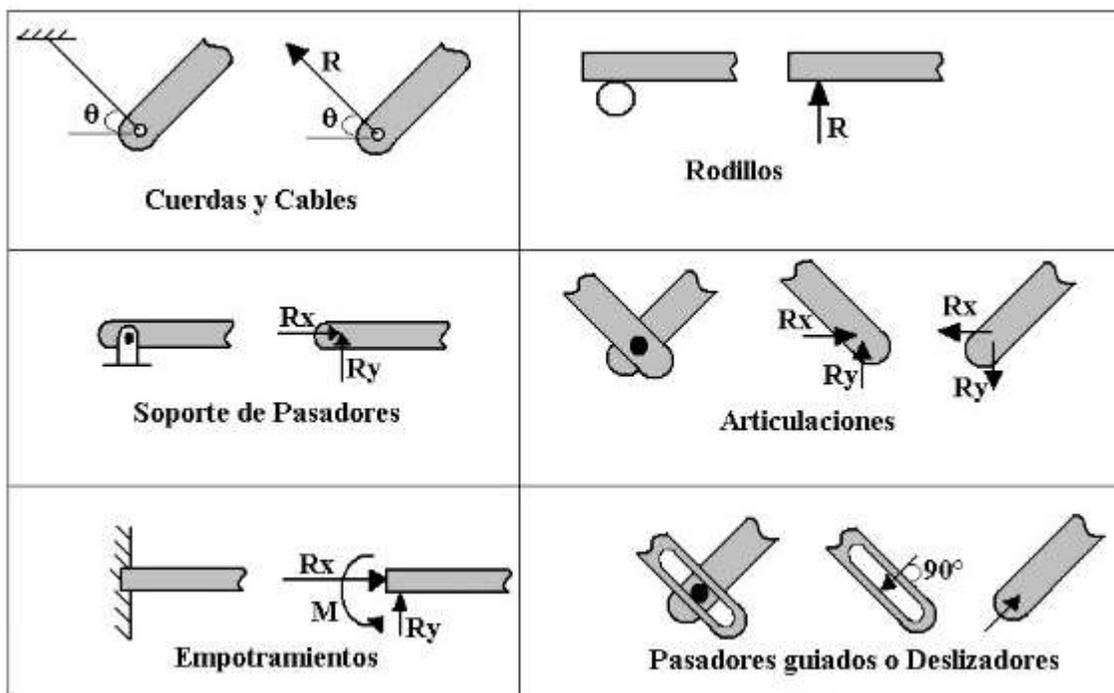
Un cuerpo se encuentra en equilibrio cuando la sumatoria de fuerzas y de momentos sin importar su dirección sea iguales a cero.

$$\sum f_x = 0 ; \sum f_y = 0 ; \sum f_z = 0$$
$$\sum M_x = 0 ; \sum M_y = 0 ; \sum M_z = 0$$

### 2.5.5 Reacciones

Los elementos mecánicos tienen una relación entre cargas externas los cuales son aplicados a un cuerpo lo que hace que este permanezca en equilibrio. Sobre el apoyo se generan los momentos en sentido contrario para así evitar su rotación, de la misma forma su reacción de la dirección pero en sentido contrario para así impedir su movimiento, por lo cual no se deben añadir reacciones y/o momentos que los apoyos no forma para que los cálculos no sean erróneos.

Figura 17. Reacciones más utilizadas



Fuente. Resistencia de materiales 2014 (Oswaldo Pastrán)<sup>20</sup>

## 2.5.6 Esfuerzos y deformaciones

Luego de usar las ecuaciones de equilibrio se procede a resolver el problema, para ello se debe determinar las fuerzas ejercidas sobre el cuerpo a estudiar iniciando por sus apoyos, de la misma forma las cargas de los elementos de unión, tales como los remaches, tornillos entre otros, para luego calcular las cargas internas. Se debe validar el efecto interno que ejerce las fuerzas sobre cada pieza o elemento que compone el mecanismo o estructura.

### 2.5.6.1 Esfuerzo medio

Se define como la relación que tiene una fuerza sobre un área en la cual actúa.

$$\text{esfuerzo } (\sigma) = \frac{\text{Fuerza } (F)}{\text{Área } (A)}$$

<sup>20</sup> Guía para el análisis y solución de problemas de resistencia de materiales (Oswaldo Pastrán Beltrán) Editorial UD 2014

Fuerza: La acción que puede ejercer un cuerpo sobre otro la cual puede darse por contacto a distancia.

### 2.5.6.2 Esfuerzo axial

Se define la fuerza perpendicular al área analizada dividida sobre la misma área, la cual se pueden dar en dos formas, ya sea por tensión o por compresión.

Tensión: En este esfuerzo se tiende a separar el material de la superficie los cuales son perpendiculares a la fuerza.

Compresión: En este esfuerzo se tiende a acercar el material respecto a su plano de referencia.

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

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo

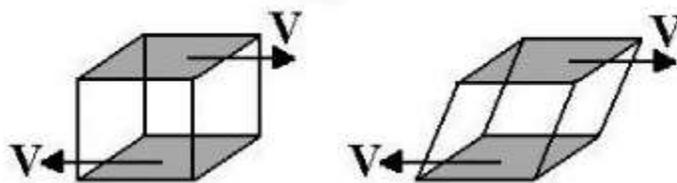
N: Normal

A: Área

### 2.5.6.3 Esfuerzo cortante

Es la relación entre el área y la fuerza cortante contenida en los planos, por lo cual tiende a hacer que se deslice uno sobre otro. Esto produce que cambie la forma del elemento.

Figura 18. Efecto de las fuerzas cortantes



Fuente. Resistencia de materiales 2014 (Oswaldo Pastrán)<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> Guía para el análisis y solución de problemas de resistencia de materiales (Oswaldo Pastrán Beltrán) Editorial UD 2014

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

Donde:

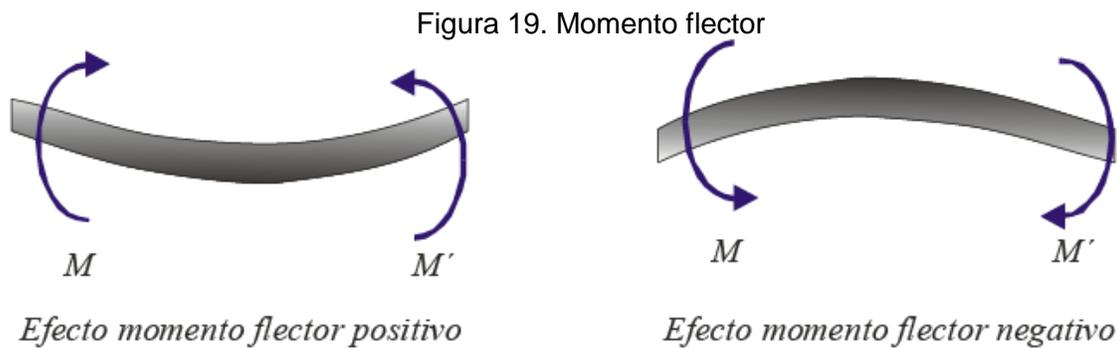
T: Esfuerzo cortante

V: Fuerza contenida

A: Área

### 2.5.7 Momento flector

Cuando se produce flexión todo elemento tiende a tomar la forma de una curva, por lo cual la longitud varía. Esto conduce a que el momento flector realiza un esfuerzo axial.



Fuente: (UMNG)<sup>22</sup>

$$\sigma = \frac{My}{I}$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo

I: Momento de inercia

My: eje arbitrario de momento flector, asociado a la torsión.

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

---

<sup>22</sup> Universidad Militar Nueva Granada  
[http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/ingenieria\\_industrial/mecanica\\_de\\_solidos/unidad\\_6/medios/documentacion/p7h1.php](http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/ingenieria_industrial/mecanica_de_solidos/unidad_6/medios/documentacion/p7h1.php)

$$S = \frac{I}{C}$$

Por lo tanto, el esfuerzo máximo estaría definido por la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S}$$

Donde:

$M$ : Momento flector

$C$ : Distancia del eje neutro a la fibra más alejada en la sección transversal de la viga.

$I$ : Momento de inercia transversal con respecto a su eje neutro.

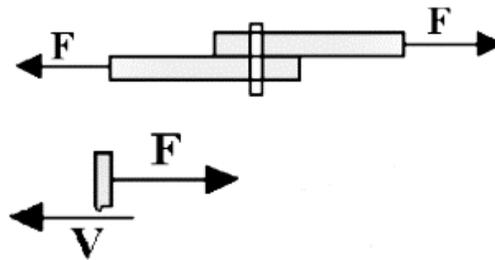
$S$ : Modulo de sección.

## 2.5.8 Conexiones

### 2.5.8.1 Cortante simple

Estas se dan debido a la aplicación de fuerzas perpendiculares al eje del remache, puede tender a cortarlo a través de la sección transversal.

Figura 20. Conexión a cortante simple.



Fuente. Resistencia de materiales 2014 (Oswaldo Pastrán)<sup>23</sup>

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \sum F &= 0 & V &= F \\ \tau &= \frac{V}{A} & \tau &= \frac{F}{A} \end{aligned}$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante

---

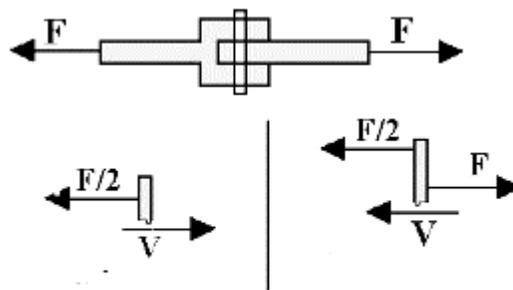
<sup>23</sup> Guía para el análisis y solución de problemas de resistencia de materiales (Oswaldo Pastrán Beltrán) Editorial UD 2014

V: Fuerza contenida  
 A: Área  
 F: Fuerza

### 2.5.8.2 Cortante doble

Estas se dan cuando dos secciones transversales se mantienen resistiendo la fuerza ejercida al remache o perno.

Figura 21. Conexión a cortante doble.



Fuente. Resistencia de materiales 2014 (Oswaldo Pastrán)<sup>24</sup>

$$\vec{\sum} F = 0$$

$$V = \frac{F}{2}$$

$$\text{Luego } \tau = \frac{V}{A} \quad \tau = \frac{F}{2A}$$

Donde:

T: Esfuerzo cortante  
 V: Fuerza contenida  
 A: Área  
 F: Fuerza

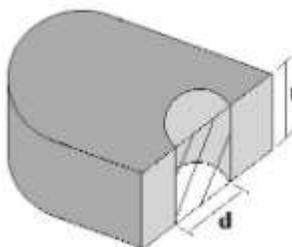
---

<sup>24</sup> Guía para el análisis y solución de problemas de resistencia de materiales (Oswaldo Pastrán Beltrán) Editorial UD 2014

### 2.5.9 Esfuerzo de aplastamiento

Este tipo de esfuerzo suele ocurrir en las zonas de apoyo de dicho elemento por el cual se relaciona la fuerza debido al área perpendicular de la proyección.

Figura 22. Apoyo de un eslabón.



Fuente. Resistencia de materiales 2014 (Oswaldo Pastrán)<sup>25</sup>

$$\sigma_{apoyo} = \frac{F}{(d)(t)}$$

Donde:

$\sigma$  apoyo= Esfuerzo de apoyo

$F$ : Fuerza cortante

$d$ : Diámetro de perno

$t$ : Espesor de la plancha o elemento

### 2.5.10 Factor de seguridad

En los diseños de máquinas y estructuras siempre se desea calcular el punto donde pierdes sus propiedades elásticas antes de ingresar a falla. Por ello el factor de seguridad se considera como un numero adimensional que resulta de la relación entre el esfuerzo de cedencia dado por la curva del material y el esfuerzo calculado por las condiciones a las que está sometido el diseño.

Factor de seguridad

$$F.S = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

---

<sup>25</sup> Guía para el análisis y solución de problemas de resistencia de materiales (Oswaldo Pastrán Beltrán) Editorial UD 2014

Donde:

$FS$ : Factor de seguridad

$\sigma_y$ : Esfuerzo último o de falla

$\sigma$ : Esfuerzo admisible

Esfuerzo de falla: Es la condición donde un elemento o estructura no funciona correctamente.

Esfuerzo admisible: Esfuerzo máximo al que se somete un material.

## Evaluación de alternativas

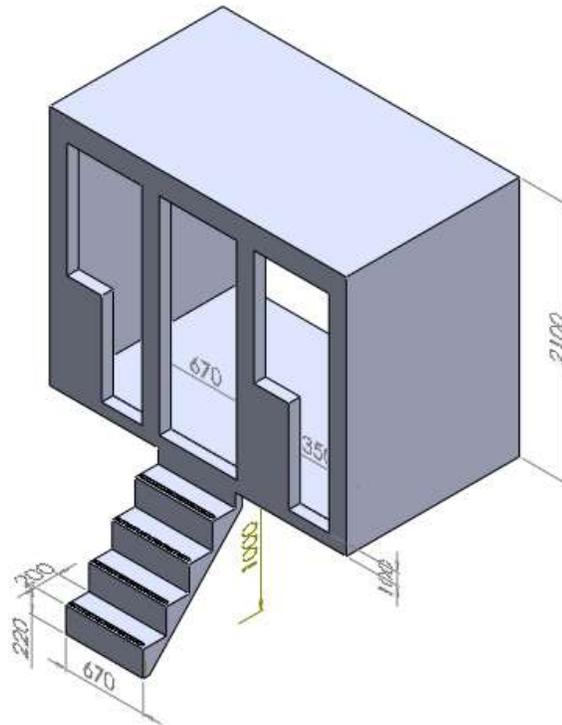
Con el fin de garantizar la accesibilidad al sistema de transporte antes mencionado se plantean diferentes posibles soluciones que sean capaces de cubrir los requerimientos técnicos, normativos y de ergonomía, permitiendo así una posterior evaluación y selección a través de una matriz de decisión.

La normatividad colombiana según la norma NSR- 10 indica que el ancho mínimo de una escalera debe ser de 80 cm, para este caso es necesario aclarar que el espacio disponible para anclaje y entrada es de 67 cm por lo es estaríamos por debajo de lo que establece la norma, sin embargo, la norma NTC-1700 dice que al ser este un módulo de salida la distancia mínima para garantizar una fila de personas será de 60 cm.

A continuación se presentan cinco (5) alternativas, que podrían dar solución al requerimiento del ascenso y descenso de usuarios en los buses tipo escalera, basado en las necesidades de la empresa Chivas Pachangueras.

### 3.1.1 Alternativa 1: (Escalera estacionaria)

Figura 23. Escalera estacionaria



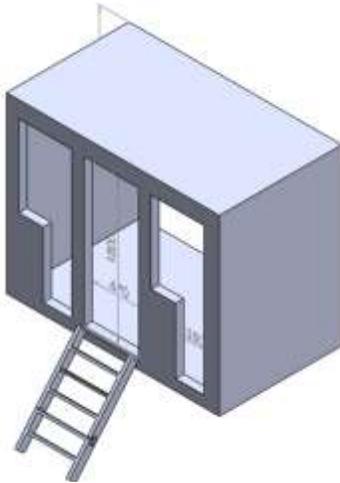
Fuente: Autor

En la figura 23, se representa parte de la carrocería de un bus tipo escalera (chiva) a la cual se acopla una escalera estacionaria, para ascenso y el descenso de los usuarios. Se podría construir con tubo perfil rectangular, su base y sistema de enganche con perfil de acero construido en ángulo y forrado en lámina corrugada. Esta escalera sujeta a la carrocería por medio de dos ganchos en U generando dos orificios sobre la carrocería para que los ganchos encajen.

Su almacenamiento y transporte sería en la parte superior del techo del bus escalera (chiva), para evitar accidentes cuando se ponga en movimiento el vehículo. Por ello si llegara a elegirse esta alternativa, debería ser instalada de forma adecuada, es decir que se logre un buen enganche para que se ajuste y asegure firmemente sobre la carrocería.

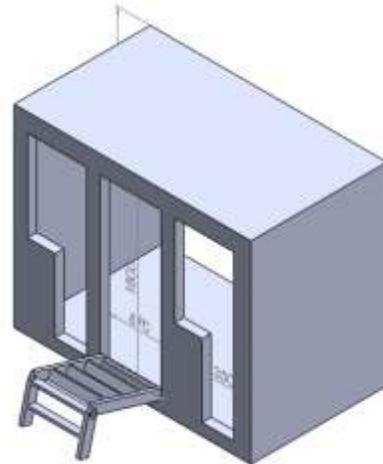
### 3.1.2 Alternativa 2: (Escalera plegable dos piezas)

Figura 24. Escalera dos piezas  
(Desplegada)



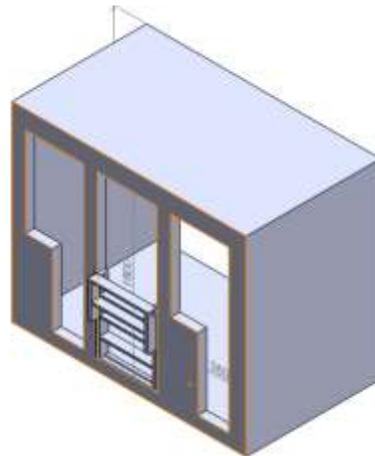
Fuente: Autor

Figura 25 Escalera plegable dos  
piezas  
(Semidesplegada)



Fuente: Autor

Figura 26 Escalera plegable dos  
piezas (Plegada)



Fuente: Autor

En las figuras 24, 25, 26 se representa parte de la carrocería de un bus tipo escalera (chiva) a la cual se ensambla una escalera plegable de dos piezas, para ascenso y descenso de los usuarios.

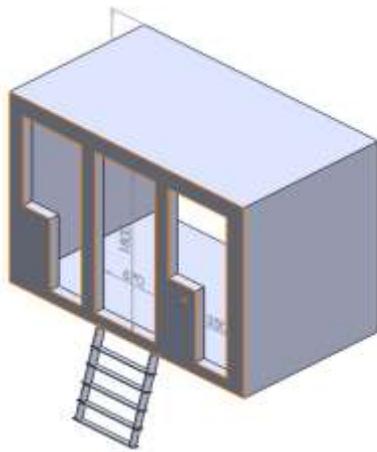
Se podría construir acoplada a la estructura de la carrocería sujeta al piso por medio de bisagras y a la parte superior de la escalera, la segunda sección también se engancharía

por una bisagra conectada, extendiendo el mecanismo, los parales estarían contruidos en tubo rectangular, los peldaños base en perfil de acero en ángulo y en la parte superior del peldaño forrada en lámina ASTM-A36 corrugada calibre 3 mm. Esta escalera cuenta con 5 peldaños divididos así 3 en la primera sección y los dos restantes en la segunda sección, con el fin de facilitar el acceso y descenso de los usuarios.

Su almacenamiento y transporte seria luego de su pliegue, justamente en la entrada y salida de los usuarios, asegurada con gancho – pasador en la segunda sección, el cual evitara que esta se despliegue cuando se ponga en movimiento el vehículo.

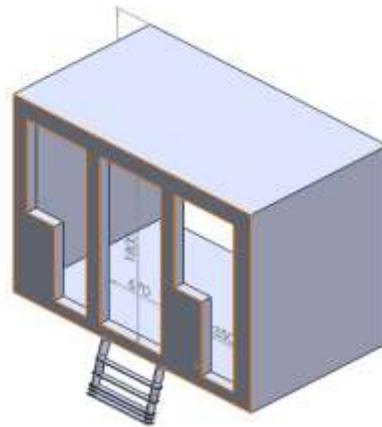
### 3.1.3 Alternativa 3: (Escalera telescópica)

Figura 28 Escalera plegable Telescópica Desplegada



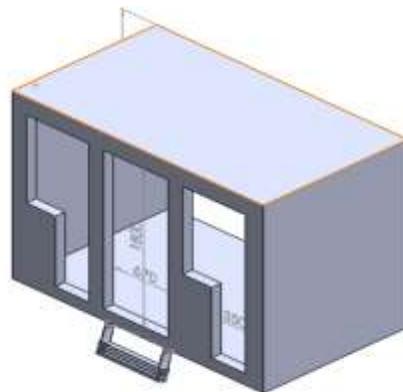
Fuente: Autor

Figura 27 Escalera plegable Telescópica Semidesplegada



Fuente: Autor

Figura 29 Escalera plegable Telescópica (plegada)



Fuente: Autor

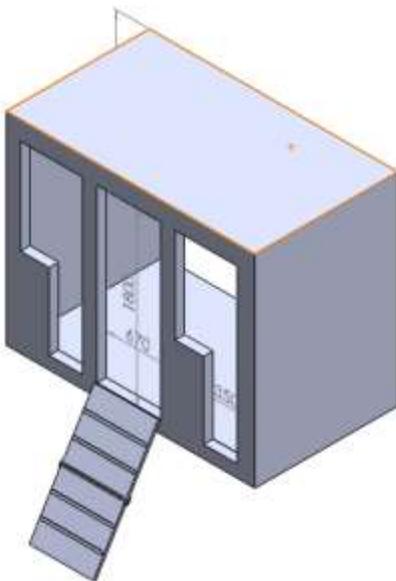
En las figuras 27, 28, 29 se observa parte de la carrocería de un bus tipo escalera (chiva) a la cual se emplea una escalera plegable telescópica para el ascenso y descenso de los usuarios.

Esta escalera plegable se puede extender y retraer en diferentes alturas, este diseño se encuentra ubicado estratégicamente como una alternativa de ingreso y salida de usuarios quienes hacen uso de este servicio adaptada a la estructura de la carrocería, este diseño se podría construir con parales en tubo de acero estructural ( $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , 1,  $1\frac{1}{4}$ ,  $1\frac{1}{2}$ ) pulgadas, acoplados entre sí de acuerdo a su dimensión sujeto por medio de pasadores articulados los cuales al abrir su mecanismo de despliegue se aseguran, manteniendo firmeza al momento de su uso, esta escalera cuenta con 5 escalones.

Para su almacenamiento y transporte se pliega cada sección de los tubos uno sobre otro hasta finalizar la unión de todos los componentes, siendo esta almacenada en bodega.

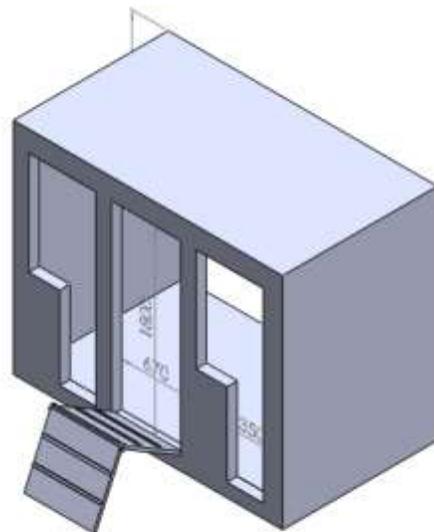
### 3.1.4 Alternativa 4: (Rampa plegable)

Figura 31 Rampa Desplegada



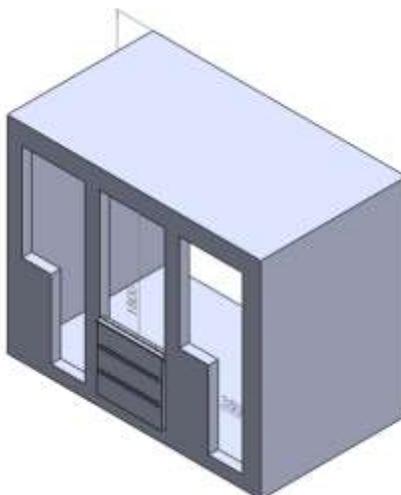
Fuente: Autor

Figura 30 Rampa (Semidesplegada)



Fuente: Autor

Figura 32 Rampa (Plegada)



Fuente: Autor

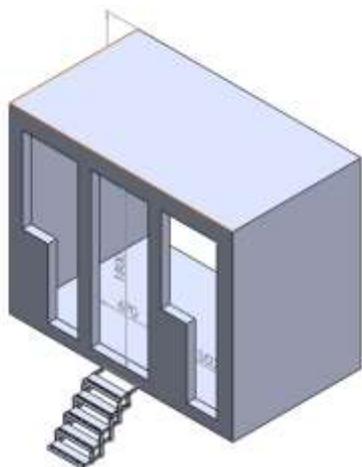
En las figuras 30, 31, 32 se evidencia parte de la carrocería de un bus tipo escalera (chiva) a la cual se adecua una rampa plegable para el ascenso y descenso de los usuarios.

Se podría construir ensamblada a la carrocería, su estructura base está diseñada en perfil de acero en ángulo, la rampa está compuesta por dos secciones cada una diseñada con 3 peldaños, para dar firmeza a este mecanismo en el peldaño medio se utiliza un perfil cuadrado de acero para mayor resistencia al peso, forrada en lámina ASTM-A36 corrugada calibre 3 mm. La parte superior cuenta con una banda antideslizante para brindar más confiabilidad al momento de su uso en tiempos de lluvia.

Su sistema de plegado cuenta con bisagras tanto en el medio como en la junta con el piso del bus escalera, para que este no sea tan notorio e incómodo al momento de su almacenamiento pues este se transporta plegado justo en la entrada y salida de los usuarios asegurados por un pasador, el cual evita accidentes cuando se ponga en movimiento el vehículo.

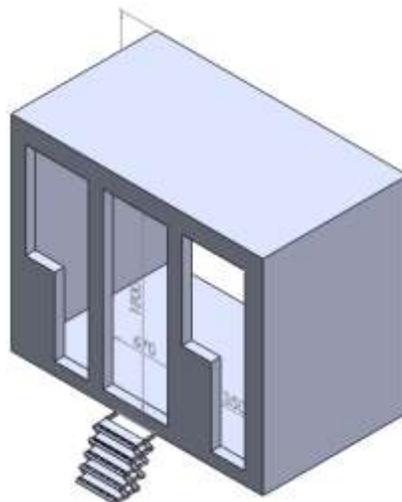
### 3.1.5 Alternativa 5: (Escalera tipo tijera)

Figura 34 Escalera Plegable Tipo



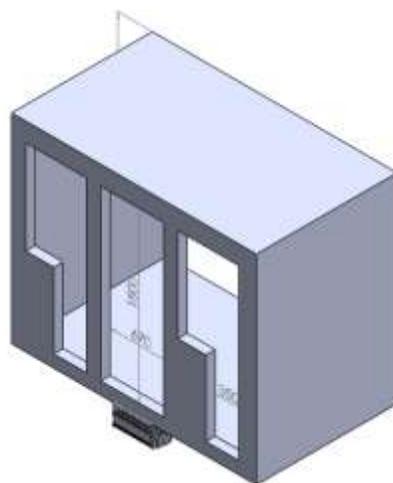
Fuente: Autor

Figura 33 Escalera Plegable Tipo Tijera



Fuente: Autor

Figura 35 Escalera Plegable Tipo Tijera (Plegada)



Fuente: Autor

En las figuras 33, 34, 35 se da a conocer un prototipo de escalera plegable tipo tijera a la cual es adaptada a la carrocería de un bus tipo escalera (chiva) para el ascenso y descenso de los usuarios.

Este mecanismo se podría construir con 5 peldaños o escalones, cada peldaño cuenta con 3 tubos de acero internos distribuidos en los extremos y uno central, cada tubo cuenta con dos bujes y pasador asegurados con pin seeger, en la parte superior de cada escalón está forrada en lámina ASTM-A36 corrugada de calibre 3 mm, para dar mayor firmeza y seguridad al mecanismo.

Cada peldaño está construido con una banda antideslizante para brindar mayor confiabilidad al momento de su uso obedeciendo así a las necesidades de clima tiempo y lugar. Los escalones o peldaños están unidos con eslabones en perfil plano rectangular de acero, estos están interconectados en cruz o tipo tijera con cada peldaño. De los 10 eslabones, 4 de estos cuentan con diferente medida a las demás, toda vez que están ubicados significativamente al inicio y al final del mecanismo, para optimizar la reducción de espacio al momento del almacenamiento. Cabe señalar que su accionamiento será de forma manual a petición del usuario, su plegado se realizará bajo la carrocería, de forma discreta sin obstruir la salida en caso de emergencia.

### 3.2 Matriz de Decisiones

La matriz de decisión es un gráfico que permite identificar y analizar la tasa de importancia de un conjunto de información asociada a diversas opciones sobre una situación o aplicación.

Dicha información permite evaluar la eficacia de un producto, este método también se suele utilizar para planificar la calidad de un elemento, producto o servicio evaluando características en el desarrollo en sus posibles soluciones de las alternativas y en este caso, se utilizará para evaluar las diferentes alternativas (cinco) respecto a la problemática del ascenso y descenso de los usuarios de los buses tipo escalera, donde se tendrán en cuenta escaleras estacionarias, escaleras de dos piezas, escalera telescópica, rampa de dos piezas y escaleras tipo tijera.

Para la matriz de decisión, se tomarán algunos criterios que permita evaluar la eficacia de cada alternativa de escalera como el diseño, resistencia de la carga, durabilidad, seguridad, modelado compacto, peso del diseño, estética, complejidad del diseño y costos y en cada uno de ellos, teniendo en cuenta las siguientes características:

- En el diseño se analiza las dimensiones, los materiales de fabricación, el funcionamiento de pliegue y despliegue, los elementos que la componen.
- En la resistencia de la carga se contempla la aplicación de fuerzas como cargas y esfuerzos como los inducidos en estas, es decir, la capacidad de peso que soporta.
- La durabilidad se expresa en la vida útil de diseño y resistencia a daños causados por el desgaste.
- La seguridad se estudia que al darle utilidad al diseño sean mínimos o nulos los riesgos al momento de su uso, dando así, confiabilidad al usuario.
- En el modelado compacto se valora la eficiencia, estabilidad, pliegue de guardado de la escalera y con viabilidad de portar a otro lugar sin perder su función.
- En el peso del diseño se busca que sea liviano para su fácil accionamiento manual.

- En la estética se busca que el mecanismo elegido no afecte la estructura, forma y diseño original que caracteriza un bus escalera.
- En la complejidad del diseño se tiene en cuenta todos los anteriores criterios para que el mecanismo de plegado sea confiable y seguro al momento de su uso.
- En el costo se examina que la construcción del tipo de mecanismo no sea muy costoso, pero aun así debe tener una relación importante con la seguridad y resistencia de carga.

Teniendo en cuenta cada uno de los anteriores criterios se tiene en cuenta dar un peso de importancia e interés y se da una calificación de 1 a 10, donde 1 es la más baja calificación y 10 es la más alta calificación.

Tabla 1. Matriz de Decisiones  
Fuente: Autor

<b>MATRIZ DE DECISION</b>		<b>Alternativa 1 Escalera Estacionaria</b>		<b>Alternativa 2 Escalera dos Piezas</b>		<b>Alternativa 3 Escalera Telescópica</b>		<b>Alternativo 4 Rampa dos Piezas</b>		<b>Alternativa 5 Escalera Tipo Tijera</b>		
<b>CRITERIOS</b>	<b>Peso</b>	<b>Puntos</b>	<b>Total</b>	<b>Puntos</b>	<b>Total</b>	<b>Puntos</b>	<b>Total</b>	<b>Puntos</b>	<b>Total</b>	<b>Puntos</b>	<b>Total</b>	
Diseño	7	3	21	6	42	8	56	7	49	8	56	
Robustez	9	9	81	7	63	6	54	7	63	7	63	
Durabilidad	7	8	56	8	56	7	49	8	56	8	56	
Seguridad	10	8	80	5	50	3	30	8	80	10	100	
Modelado Compacto	7	2	14	6	42	6	42	5	35	8	56	
Peso de la estructura	6	2	12	8	48	9	54	7	42	7	42	
Estética	10	2	20	7	70	7	70	6	60	10	100	
Facilidad de construcción	6	5	30	6	36	6	36	6	36	5	30	
Bajo costo	6	6	36	6	36	5	30	6	36	4	24	
		<b>Total P.</b>	<b>350</b>	<b>Total</b>	<b>443</b>	<b>Total</b>	<b>421</b>	<b>Total</b>	<b>457</b>	<b>Total</b>	<b>527</b>	
			<b>16%</b>		<b>20%</b>		<b>19%</b>		<b>21%</b>		<b>24%</b>	<b>100%</b>

En la tabla 1 se encuentra la matriz de decisiones en donde se evaluaron las diferentes alternativas de tipos de escaleras plegables y a cada una de estas se les asignó un puntaje de 1 a 10 teniendo en cuenta cada uno de los criterios respecto al mecanismo, y a su vez relacionarlo con el peso de nivel de importancia, para así realizar una puntuación total y comparar la viabilidad tomando una decisión al escoger el producto.

Al verificar la puntuación (Alternativa 5: Escalera Tipo Tijera) donde obtuvo resultados de 527 puntos como resultado total y 24% al comparar sus criterios esta se destacó en su diseño, debido a su funcionamiento de pliegue y despliegue también los aspectos en la seguridad mitigando los riesgos y generando confiabilidad para los usuarios debido a su sistema mecánico, por último se destacó en su modelado compacto por su sistema de plegado al momento de almacenaje junto con su criterio estético donde no afecta y/o modifica la estructura o modelo de fábrica de la carrocería al igual que su estética en lo cual da un confort y/o estilo único al usuario en el momento de su uso.

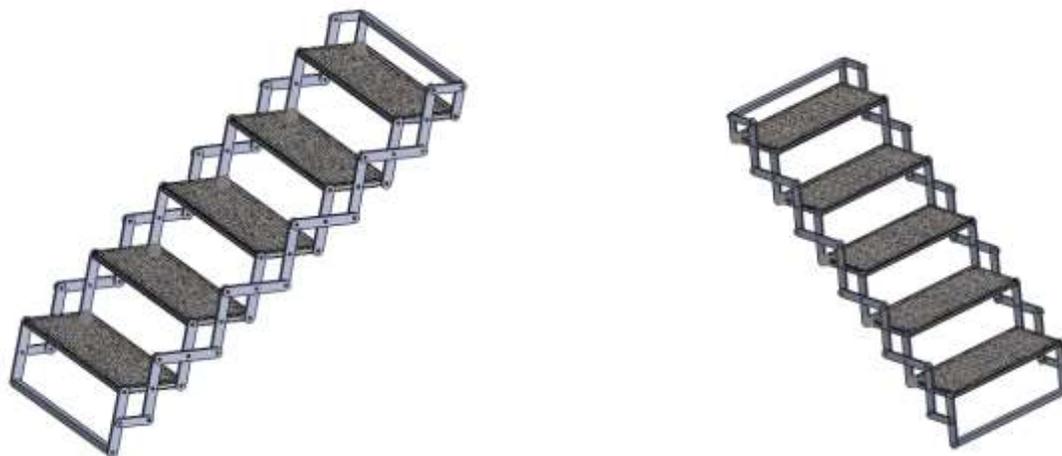
### 3.2.1 Diseño Modelo de Escalera Plegable

Se presenta el modelo prototipo de escalera plegable, donde:

- La seguridad utilidades de gran importancia, pues al darle uso al diseño, deben ser mínimos o nulos los riesgos para el usuario.
- En el modelado compacto se valora la eficiencia, estabilidad, pliegue de guardado de la escalera y con viabilidad de portar a otro lugar sin perder su función.
- En el peso del diseño se busca que sea liviano para su fácil accionamiento manual.
- En la estética se busca que el mecanismo elegido no afecte la estructura, forma y diseño original que caracteriza un bus escalera.
- En la complejidad del diseño se tiene en cuenta todos los anteriores criterios para que el mecanismo de plegado sea confiable y seguro al momento de su uso.
- En el costo se examina que el tipo de mecanismo no sea muy elevado pero aun así debe tener una relación importante con la seguridad y resistencia de carga.

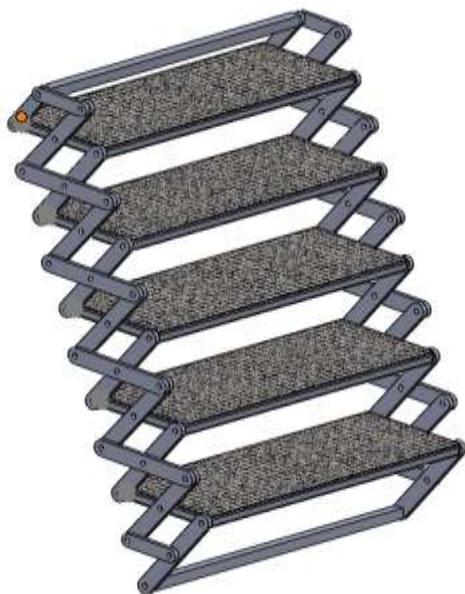
Este mecanismo consta de 5 peldaños o escalones de dimensiones (600 x 160) mm en lamina alfajor de calibre 3 mm ASTM- 36 (punta de diamante) lo cual brindar un mayor grado de confiabilidad al no ser la superficie lisa obedeciendo así a las necesidades de clima lugar y tiempo, cada peldaño cuenta con 2 platinas rectangulares planas de acero (200 x 20) mm distribuidos en los extremos, este a su vez cuenta con dos bujes o pasadores asegurados con pin seger, en la parte superior de cada escalón. Los escalones o peldaños están unidos con eslabones en perfil plano rectangular de acero (200 x 20) mm, estos están interconectados en cruz o tipo tijera con cada peldaño. De los 32 eslabones, 6 de estos cuentan con diferente medida a las demás, toda vez que están ubicados significativamente al inicio y al final del mecanismo.

Figura 36 Diseño escalera plegable tijera Desplegada



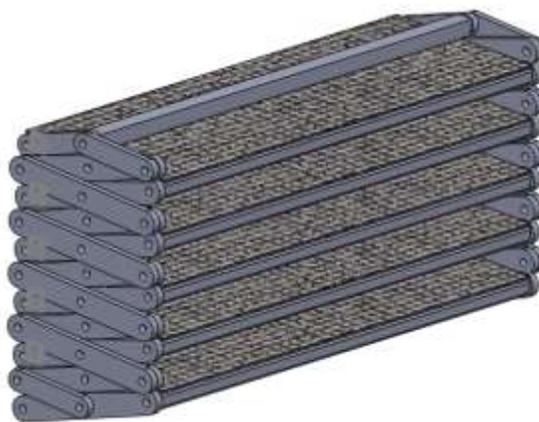
Fuente: Autor

Figura 37 Diseño escalera plegable tijera Semi-desplegada



Fuente: Autor

Figura 38 Diseño escalera plegable tijera plegada



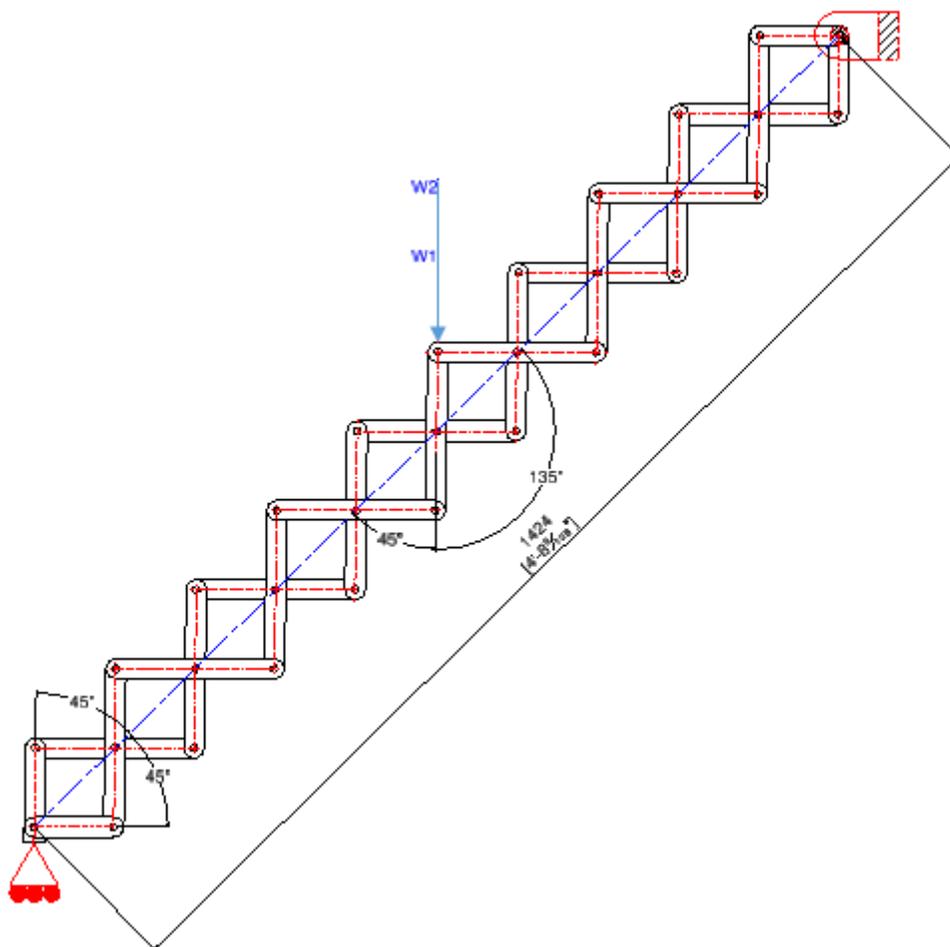
Fuente: Autor

## 4. Análisis Estático

Debido a que la escalera está basada en un mecanismo de cuatro barras que está sometido a dos cargas puntuales, del peso propio de la escalera y del usuario, es necesario desarrollar un análisis estático, de resistencia de materiales y diseño para poder validar que su funcionalidad sea correcta y segura para el cliente final.

Teniendo en cuenta lo anterior procedemos a realizar el análisis estático.

Figura 39. Escalera Plegable Tipo Tijera

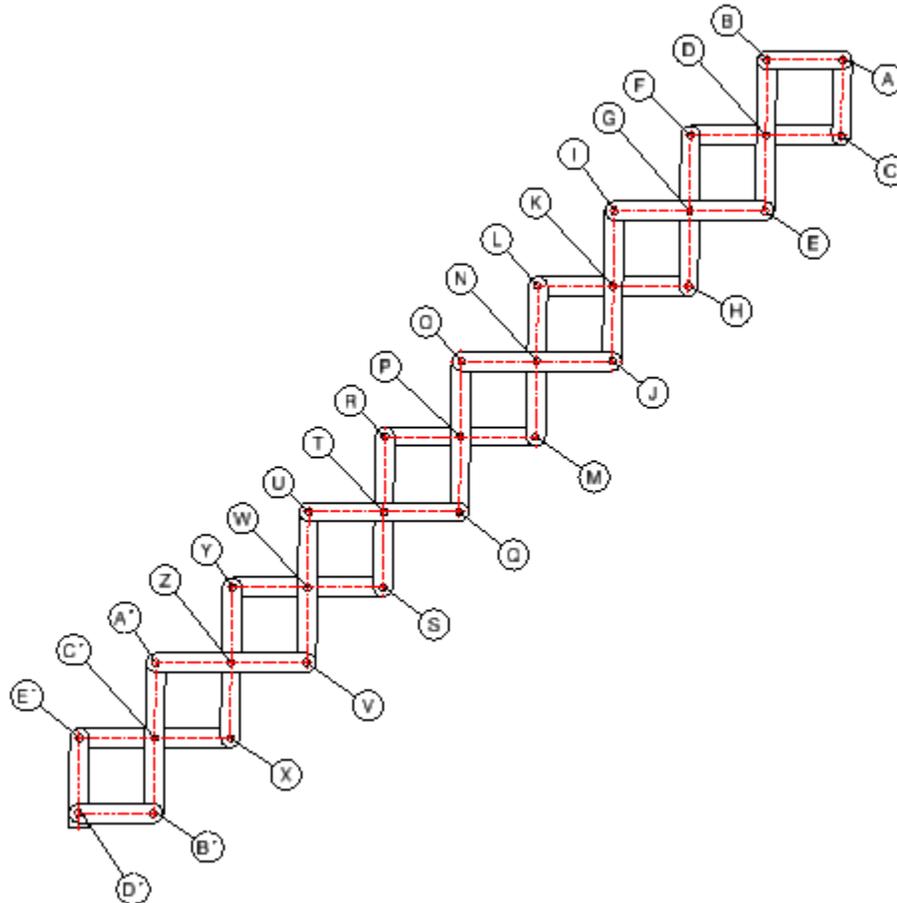


Fuente: Autor

## 4.1. Análisis Estructural

En la figura 34 se encuentran desglosado cada uno de los nodos que componen la escalera plegable en donde encontraremos la sumatoria de fuerzas y sumatoria de momentos en cada peldaño y/o sección de la estructura, así como el análisis en cada uno de los nodos que la componen. Para entender un poco el proceso se realizaron algunos cálculos ilustrativos en la figura 34. Análisis Estructural - Nodos, se muestra el diagrama total de la escalera plegable, donde tendremos los nodos comprendidos con letras de A – Z y A' - E' respectivamente.

Figura 40. Distribución de Nodos



Fuente: Autor

Realizando los cálculos de las fuerzas donde se toma en cuenta los parámetros iniciales de la capacidad en peso de carga viva y muerta. Encontramos dos tipos de apoyos un

patín en la parte inferior de la estructura (Vea la figura 35. Nodo D') que incluye una reacción debido al rozamiento y una articulación en la parte superior (Vea la figura 35. Nodo A) debido a la forma en que la escalera ensambla en la chiva.

### DATOS DE ENTRADA

Debido a que en este punto no hemos podido definir el material asumimos el uso de acero como material base para el diseño, en este sentido utilizamos la densidad del mismo para definir nuestra carga muerta. Densidad media:  $7850 \text{ kg/m}^3$ .

Como la escalera es un sistema tridimensional simétrico en sus caras opuestas, podemos determinar los cálculos estáticos de una de sus dos caras, teniendo en cuenta que las cargas aplicadas serán la mitad de las totales, ya que estas están aplicadas en el centro de gravedad del sistema y por lo tanto cada lado de la escalera estará soportando solo la mitad es decir  $75 \text{ kg}$  por lado para un total de  $150 \text{ kg}$  en su totalidad para carga viva y  $16 \text{ kg}$  por lado es decir  $32 \text{ kg}$  por el conjunto completo de carga muerta.

### CARGAS

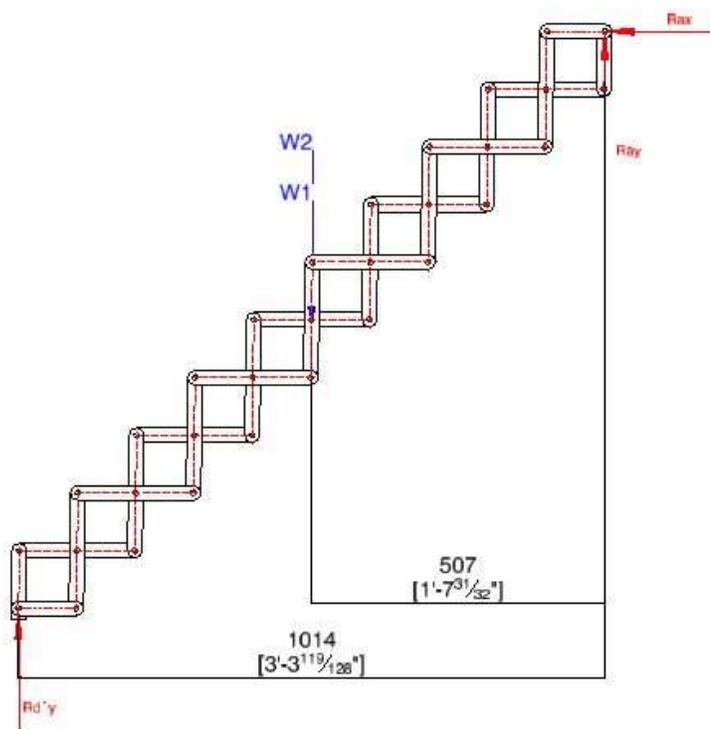
- Carga viva:  $75 \text{ kg}$  ( $W_2 = 741 \text{ N}$ )
- Carga muerta:  $16 \text{ kg}$  ( $W_1 = 158.1 \text{ N}$ )

### COEFICIENTES DE FRICCIÓN ESTÁTICO

- $\mu_1 = 0.9$  *Caucho(concreto)*

Por lo tanto, tendríamos el siguiente diagrama de cuerpo libre.

Figura 41. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Autor

Tabla 2. Fuerza de fricción Cinética o Dinámica

MATERIAL	$\mu_s$	$\mu_k$
Madera sobre madera	0.7	0.4
Acero sobre acero	0.15	0.09
Metal sobre cuero	0.6	0.5
Madera sobre cuero	0.5	0.4
Caucho sobre concreto, seco	0.9	0.7
húmedo	0.7	0.57

DuocUC

Fuente: DuocUC<sup>26</sup>


---

<sup>26</sup> Duocuc (agosto 2017), <https://www.duoc.cl/>

Procedemos con las ecuaciones de equilibrio para el sistema en general para lograr un redimensionamiento básico.

$$\vec{+} \sum F_x = 0$$

$$R_{Ax} = 0 \quad (1)$$

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$R_{D'y} + R_{Ay} - W_1 - W_2 = 0$$

$$R_{D'y} + R_{Ay} = 899.1 \text{ N} \quad (2)$$

$$\curvearrowright + \sum M_A = 0 \quad (3)$$

$$0,507(899.1) - 1,014(R_{D'y}) = 0$$

$$R_{D'y} = \frac{455,84}{1,014}$$

$$R_{D'y} = 449,55 \text{ N}$$

Remplazando en (2)

$$R_{D'y} - R_{Ay} = 899.1 \text{ N}$$

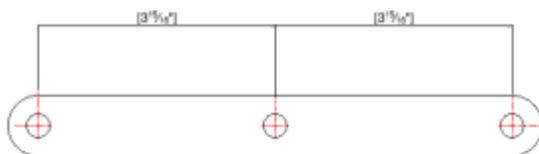
$$R_{Ay} = 449,55 \text{ N}$$

### 4.1.2 Calculo Estático

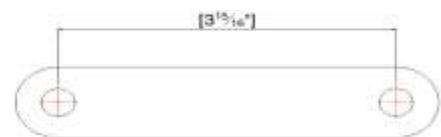
El análisis estático nos permite desarrollar las sollicitaciones globales de un conjunto presumible fijo, dando como resultado las reacciones del sistema, para este caso los nodos A y D'. Con este mismo objetivo es necesario garantizar la estabilidad de cada uno de los elementos y su interconexión entre sí, con lo cual determinaremos la estabilidad de cada pieza.

Para poder interpretar los cálculos es necesario poder determinar las dimensiones generales de cada uno de los elementos, para este caso solo tenemos dos tipos de eslabones.

Figura 42. Eslabón Tipo A



Eslabón Tipo B



Fuente: Autor

Figura 43. Análisis estático de los elementos

CALCULO ESTATICO DE ELEMENTOS INDIVIDUALES		
DESIGNACION ESLABON	DIAGRAMA DE FUERZAS	EXPRESIONES Y RESULTADOS
AC		$R_{cx} = R_{ax}$ $R_{cx} = 0 \text{ N}$ $R_{cy} - R_{ay} = 0$ $R_{cy} = 449,55 \text{ N}$
AB		$R_{bx} = R_{ax}$ $R_{bx} = 0 \text{ N}$ $-R_{by} + R_{ay} = 0$ $R_{by} = 449,55 \text{ N}$
BDE		$R_{bx} - R_{dx} + R_{ex} = 0$ $R_{ex} = 0 \text{ N}$ $-R_{by} + R_{dy} - R_{ey} = 0$ $R_{ey} = 449,55 \text{ N}$ $R_{dx}(0,1) - 0(0,2) = 0$ $R_{dx} = 0 \text{ N}$
CDF		$-R_{fx} + 0 - 0 = 0$ $R_{fx} = 0 \text{ N}$ $-R_{fy} + 899,1 - 449,55 = 0$ $R_{fy} = 449,55 \text{ N}$ $R_{dy}(0,1) - 449,55(0,2) = 0$ $R_{dy} = 899,1 \text{ N}$
FGH		$R_{fx} - R_{gx} + R_{hx} = 0$ $R_{hx} = 0 \text{ N}$ $449,55 - 899,1 + R_{hy} = 0$ $R_{hy} = 449,55 \text{ N}$ $R_{gx}(0,1) - 0(0,2) = 0$ $R_{gx} = 0 \text{ N}$
IGE		$-R_{ix} + 0 - 0 = 0$ $R_{ix} = 0 \text{ N}$ $R_{iy} - 899,1 + 449,55$ $R_{iy} = 449,55 \text{ N}$ $449,55(0,2) - R_{gy}(0,1) = 0$ $R_{gy} = 899,1 \text{ N}$
IKI		$0 - 0 = R_{jx}$ $R_{jx} = 0 \text{ N}$ $-449,55 + 899,1 - R_{jy} = 0$ $R_{jy} = 449,55 \text{ N}$ $R_{kx}(0,1) - 0(0,2) = 0$ $R_{kx} = 0 \text{ N}$

LKH		$-R_{Lx} + 0 - 0 = 0$ $R_{Lx} = 0 \text{ N}$ $R_{Ly} - 899.1 + 449.55 = 0$ $R_{Ly} = 449.55 \text{ N}$ $449.55 (0.2) = R_{Ky}(0.1)$ $R_{Ky} = 899.1 \text{ N}$
LNK		$0 - 0 + R_{mx} = 0$ $R_{mx} = 0 \text{ N}$ $449.55 - R_{ny} + R_{my} = 0$ $R_{my} = 449.55 \text{ N}$ $-0 (0.2) + R_{nx}(0.1) = 0$ $R_{nx} = 0 \text{ N}$
ONJ		$-R_{ox} + 0 - 0 = 0$ $R_{ox} = 0 \text{ N}$ $R_{oy} - 899.1 + 449.55 = 0$ $R_{oy} = 449.55 \text{ N}$ $449.55(0.2) - R_{ny}(0.1) = 0$ $R_{ny} = 899.1 \text{ N}$
OPQ		$0 - 0 + R_{qx} = 0$ $R_{qx} = 0 \text{ N}$ $-449.55 + 899.1 + R_{qy} - 899.1 = 0$ $R_{qy} = 449.55 \text{ N}$ $0(0.2) - R_{px}(0.1) = 0$ $R_{px} = 0 \text{ N}$
RPM		$-R_{rx} + 0 - 0 = 0$ $R_{rx} = 0 \text{ N}$ $R_{ry} - 899.1 + 449.55 = 0$ $R_{ry} = 449.55 \text{ N}$ $-R_{py}(0.1) + 449.55(0.2) = 0$ $R_{py} = 899.1 \text{ N}$
RTS		$0 - 0 + R_{sx} = 0$ $R_{sx} = 0 \text{ N}$ $-449.55 + 899.1 - R_{sy} = 0$ $R_{sy} = 449.55 \text{ N}$ $-0(0.2) + R_{tx}(0.1) = 0$ $R_{tx} = 0 \text{ N}$
UTQ		$-R_{ux} + 0 - 0 = 0$ $R_{ux} = 0 \text{ N}$ $-R_{uy} + 899.1 - 449.55 = 0$ $R_{uy} = 449.55 \text{ N}$ $449.55 (0.2) - R_{ty}(0.1) = 0$ $R_{ty} = 899.1 \text{ N}$
UWV		$0 - 0 + R_{vx} = 0$ $R_{vx} = 0 \text{ N}$ $449.55 - 899.1 + R_{vy} = 0$ $R_{vy} = 449.55 \text{ N}$ $0 (0.2) - R_{wx}(0.1) = 0$ $R_{wx} = 0 \text{ N}$

Fuente: Autor

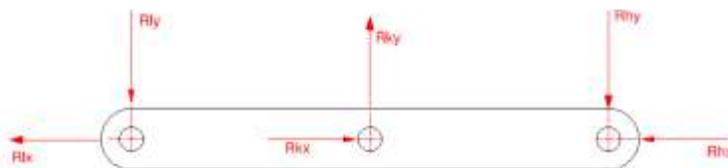
YWS		$-R_{vx} + 0 - 0 = 0$ $R_{yx} = 0 \text{ N}$ $-R_{yy} + 899.1 - 449.55 = 0$ $R_{yy} = 449.55 \text{ N}$ $449.55(0.2) - R_{wy}(0.1) = 0$ $R_{wy} = 899.1 \text{ N}$
YZX		$0 - 0 + R_{xx} = 0$ $R_{xx} = 0 \text{ N}$ $449.55 - 899.1 + R_{xy} = 0$ $R_{xy} = 449.55 \text{ N}$ $-0(0.2) + R_{zx}(0.1) = 0$ $R_{zx} = 0 \text{ N}$
A'ZV		$-R_{a'x} + 0 - 0 = 0$ $R_{a'x} = 0 \text{ N}$ $R_{a'y} - 899.1 + 449.55 = 0$ $R_{a'y} = 449.55 \text{ N}$ $R_{zy}(0.1) - 449.55(0.2) = 0$ $R_{zy} = 899.1 \text{ N}$
A'C'B'		$0 - 0 + R_{b'x} = 0$ $R_{b'x} = 0 \text{ N}$ $449.55 - 899.1 + R_{b'y} = 0$ $R_{b'y} = 449.55 \text{ N}$ $-0(0.2) + R_{c'x}(0.1) = 0$ $R_{c'x} = 0 \text{ N}$
E'C'X'		$-R_{e'x} + 0 - 0 = 0$ $R_{e'x} = 0 \text{ N}$ $R_{e'y} - 899.1 + 449.55 = 0$ $R_{e'y} = 449.55 \text{ N}$ $449.55(0.2) - R_{c'y}(0.1) = 0$ $R_{c'y} = 899.1 \text{ N}$
B'D'		$R_{a'x} - R_{b'x} = 0$ $R_{a'x} = 0 \text{ N}$ $R_{b'y} - R_{a'y} = 0$ $449.55 - 449.55 = 0$

Fuente: Autor

## 4.2. Cálculo de carga axial y flexión pura

El proceso de diseño nos indica que después de los cálculos estáticos anteriormente encontrados, procedemos a realizar el análisis de resistencia de materiales, dado que tenemos elementos iterativos en el sistema seleccionaremos aquellos elementos que tengan las cargas más elevadas y aquellas piezas cuyas cargas sean más repetitivas. Debido a la configuración del sistema, la cual permite la transmisión de cargas de manera directa, encontramos que la mayoría de eslabones cuentan con cargas de igual magnitud, en este sentido es necesario la evaluación de un eslabón que cuente con las cargas medias del sistema es por esto que se realiza la selección del eslabón LKH el cual cuenta con las cargas que presentan la iteración más grande del sistema.

Figura 44. Carga axial y flexión pura en los puntos LKH



Fuente: Autor

$$\vec{\uparrow} \sum F_x = 0$$

$$-R_{Lx} + R_{Kx} - R_{Hx} = 0$$

$$-R_{Lx} + 0 - 0 = 0$$

$$R_{Lx} = 0 \text{ N}$$

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$R_{Ly} - R_{Ky} + R_{Hy} = 0$$

$$R_{Ly} - 899.1 + 449.55 = 0$$

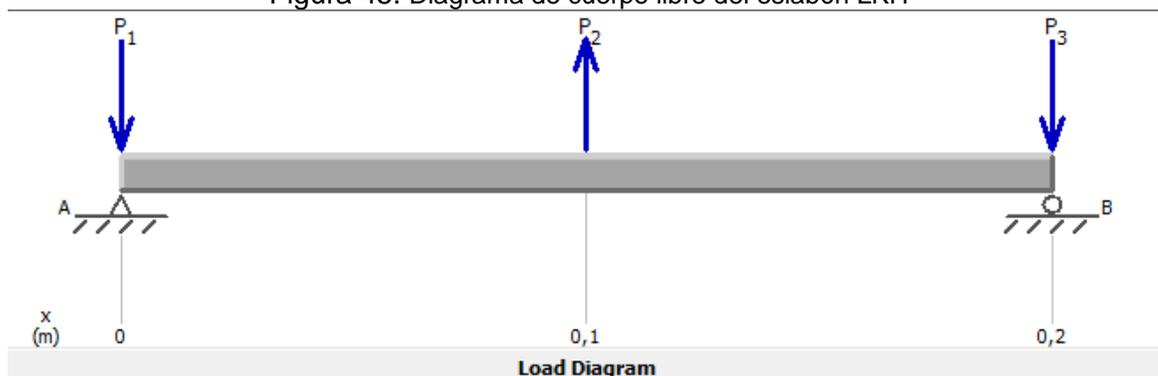
$$R_{Ly} = 449.55 \text{ N}$$

$$P_1 = 449.55 \text{ N}$$

$$P_2 = 899.1 \text{ N}$$

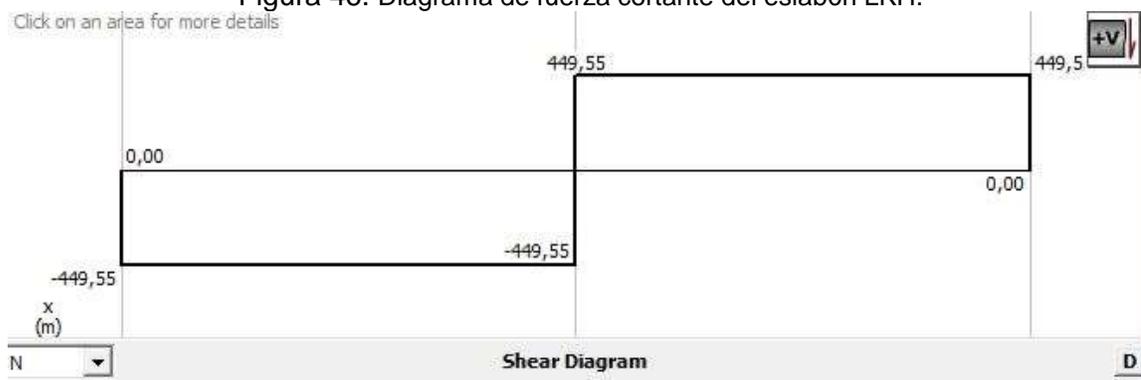
$$P_3 = 449.55 \text{ N}$$

Figura 45. Diagrama de cuerpo libre del eslabón LKH



Load Diagram  
Fuente: Autor

Figura 46. Diagrama de fuerza cortante del eslabón LKH.



Fuente: Autor

$$M_{0-0,1} = P_1(X_1)$$

$$M_{0-0,1} = 449.55(0.1)$$

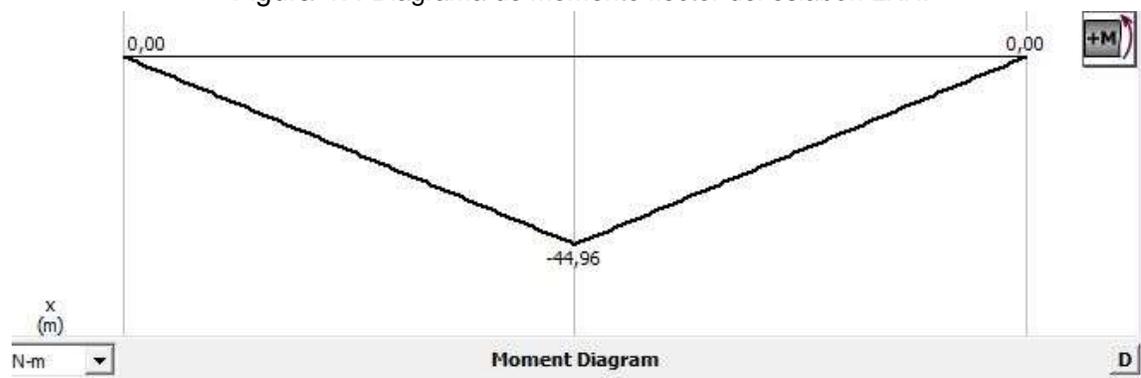
$$M_{0-0,1} = 44.955 \text{ N.m}$$

$$M_{0,1-0,2} = \frac{P_2}{2}(X_2)$$

$$M_{0,1-0,2} = -\frac{899.1}{2}(0.1)$$

$$M_{0,1-0,2} = -44,955 \text{ N.m}$$

Figura 47. Diagrama de momento flector del eslabón LKH.



Fuente: Autor

Como podemos ver estos son los esfuerzos a los que están sometido la viga en flexión pura y carga axial por lo que encontraremos un esfuerzo combinado.

En primer lugar, realizamos los cálculos de esfuerzos por flexión en nuestro elemento.

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

$$S = \frac{I}{C}$$

Por lo tanto, el esfuerzo máximo estaría definido por la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S}$$

Donde:

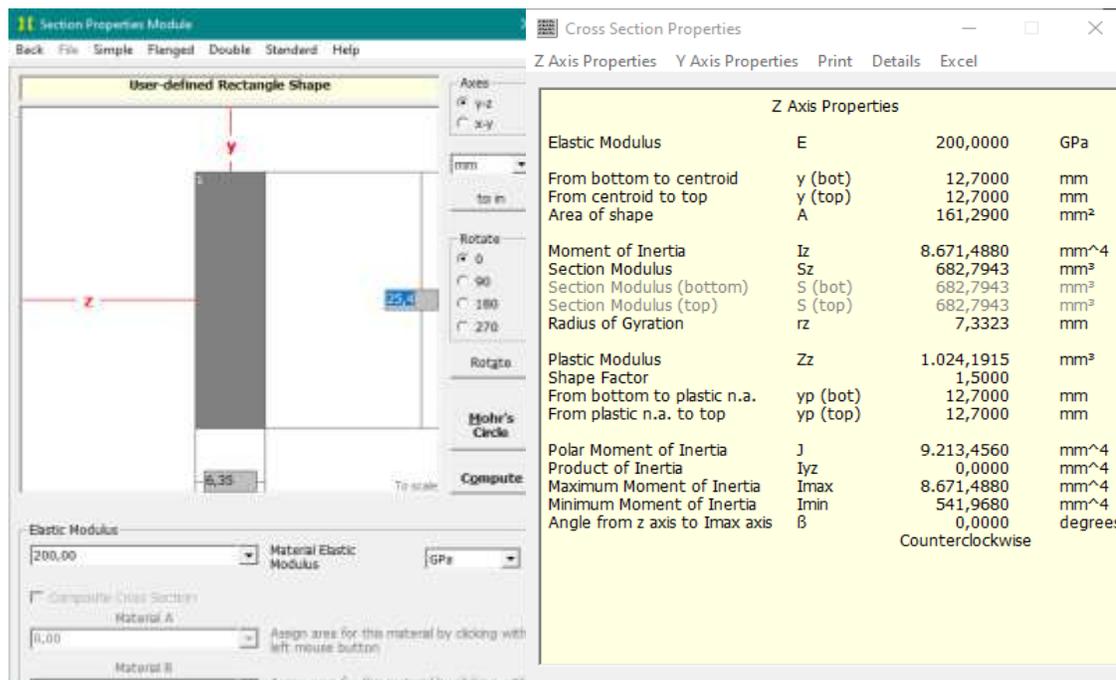
*M*: Momento flector

*C*: Distancia del eje neutro a la fibra más alejada en la sección transversal de la viga.

*I*: Momento de inercia transversal con respecto a su eje neutro.

*S*: Modulo de sección.

Figura 48. Propiedades de los perfiles



Fuente: autor

Con el objetivo de poder dimensionar nuestros elementos correctamente es imperativo poder caracterizar las propiedades geométricas de cada una de estas piezas, para este caso la sección transversal de cada uno de estos elementos está conformada por platina de 1" con espesor  $\frac{1}{4}$ ", este valor, es el valor inicial con el que se plantea poder determinar la sección transversal de cada uno de nuestros peldaños, con esto en mente recurrimos al programa MDSolids para poder obtener algunas propiedades geométricas útiles para dar continuidad a la selección de perfiles, en este punto es válido entender que es necesario determinar el módulo de sección para la platina antes mencionada.  $682,8 \text{ mm}^3$ .

Procedemos con la evaluación del esfuerzo máximo para la platina LKH. Según la información suministrada por MDSolid el módulo de sección es  $682,8 \text{ mm}^3$ .

$$S = 682.8 \text{ mm}^3$$

Realizamos la conversión de unidades para poner nuestro resultado dentro del sistema intencional.

$$S = 0.006827 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{max} = \frac{44.96 \text{ N.m}}{0.006827 \text{ m}^3}$$

$$\sigma_{max} = 6584.15 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{max} = 6.585 \text{ kPa}$$

Procedemos a calcular la carga axial, donde tomaremos el valor  $A$  de la figura 47.

$$Area = 0.001613 \text{ m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{+Fxh}{A}$$

$$\sigma_2 = \frac{0}{0.001613}$$

$$\sigma_2 = 0 \text{ kPa}$$

Dado que ya tenemos los valores de esfuerzo procedemos a hallar el F.S para este elemento, sin embargo, para poder encontrarlo cabe resaltar que es necesario poder determinar el límite de fluencia del material a utilizar, como inicialmente se planteó poder determinar el peso de la estructura en función de la densidad promedio del acero, se pretende verificar el límite de fluencia del acero más cercano a esta densidad, dando así coherencia con el valor de carga muerta inicialmente asumida. Dado el caso que el factor de seguridad para este punto sea inferior a 1,33 se procede a realizar una iteración con un material que permita llegar a ese F.S teniendo en cuenta que esto obligaría a cambiar el valor de carga muerta y una reevaluación de todas las ecuaciones. Para este caso tomamos el material ASTM A-36

Factor de seguridad:

$$F.S = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

Donde:

$FS$ : Factor de seguridad

$\sigma_y$ : Esfuerzo último o de falla

$\sigma$ : Esfuerzo admisible

Figura 49. Propiedades Acero estructural

APÉNDICE 7 PROPIEDADES DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES						
Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21

Fuente: Mott<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Resistencia de materiales aplicada – Tercera edición – Robert L. Mott – 1996

Factor de seguridad debido a esfuerzo cortante.

$$F.S = \frac{145 \text{ Mpa}}{0,6585 \text{ MPa}}$$

$$F.S = 220$$

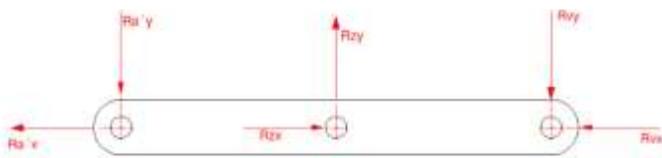
Esfuerzo combinado

$$\sigma_c = \sigma_{max} + \sigma_2$$

$$\sigma_c = 0 + 6.585$$

$$\sigma_c = 6.585 \text{ kPa}$$

Figura 50. Punto A'ZV



Tomamos desde el punto A'ZV

$$\vec{\uparrow} \sum F_x = 0$$

$$-R_{a'x} + R_{zx} - R_{vx} = 0$$

$$-R_{a'x} + 0 - 0 = 0$$

Fuente: Autor

$$-R_{a'x} + 0 - 0 = 0$$

$$R_{a'x} = 0 \text{ N}$$

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$-R_{a'y} + R_{zy} - R_{vy} = 0$$

$$R_{a'y} - 899.1 + 449.55 = 0$$

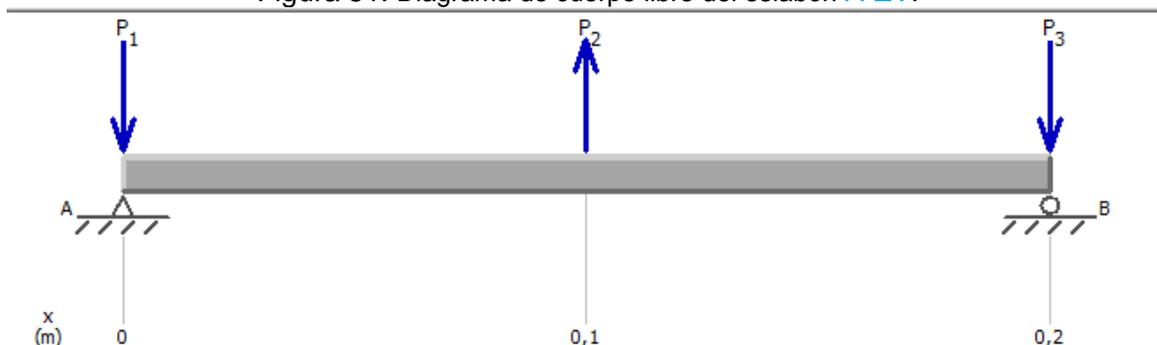
$$R_{a'y} = 449.55 \text{ N}$$

$$P_1 = 449.55 \text{ N}$$

$$P_2 = 899.1 \text{ N}$$

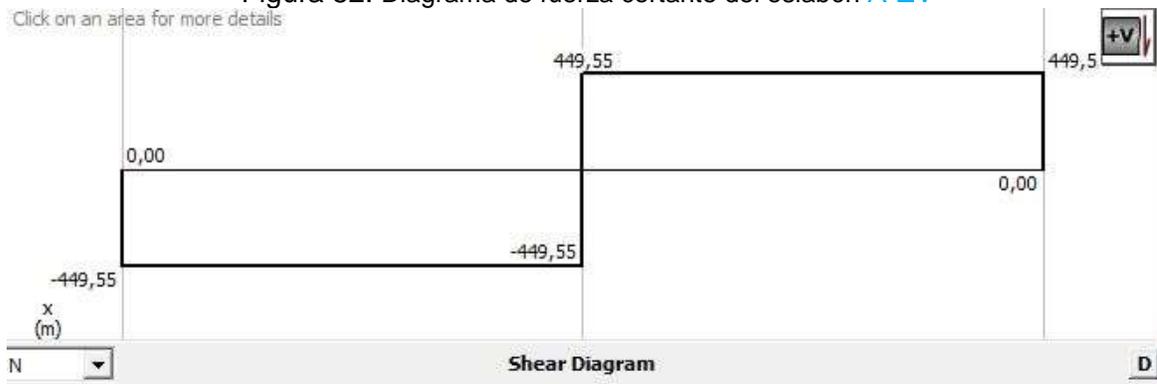
$$P_3 = 449.1 \text{ N}$$

Figura 51. Diagrama de cuerpo libre del eslabón A'ZV.



Fuente: Autor

Figura 52. Diagrama de fuerza cortante del eslabón A'ZV



Fuente: Autor

$$M_{0-0,1} = P_1(X_1)$$

$$M_{0-0,1} = 449,55(0,1)$$

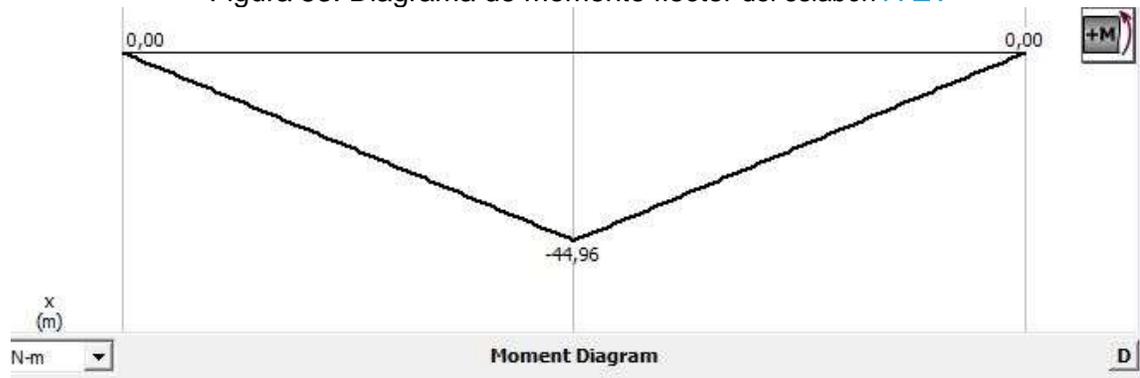
$$M_{0-0,1} = 44,95 \text{ N} - \text{m}$$

$$M_{0,1-0,2} = \frac{P_2}{2}(X_2)$$

$$M_{0,1-0,2} = -\frac{899,10}{2}(0,1)$$

$$M_{0,1-0,2} = -44,95 \text{ N} - \text{m}$$

Figura 53. Diagrama de momento flector del eslabón A'ZV



Fuente: Autor

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S}$$

Donde:

 $\sigma_{max}$ : Esfuerzo maximo $M$ : Momento flector $S$ : Modulo de sección.

$$\sigma_{max} = \frac{44.95}{0.006827443}$$

$$\sigma_{max} = 6,583 \text{ kPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{+Fxh}{A}$$

$$\sigma_2 = \frac{0}{0.0016129}$$

$$\sigma_2 = 0 \text{ kPa}$$

Factor de seguridad debido a carga axial

$$F.S = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

Donde:

FS: Factor de seguridad

 $\sigma_y$ : Esfuerzo último o de falla $\sigma$ : Esfuerzo admisible

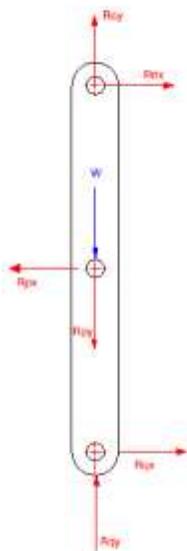
Factor de seguridad debido a esfuerzo cortante.

$$F.S = \frac{145 \text{ Mpa}}{0.6583 \text{ MPa}}$$

$$F.S = 220$$

Continuamos con los eslabones que tienen la mayor carga.

Figura 54. Punto OPQ



Fuente: Autor

Tomamos desde el punto OPQ

$$\vec{\uparrow} + \sum F_x = 0$$

$$R_{Ox} - R_{px} + R_{qx} = 0$$

$$0 - 0 + R_{qx} = 0$$

$$R_{qx} = 0 \text{ N}$$

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$R_{Oy} - R_{py} + R_{qy} - W_1 - W_2 = 0$$

$$-449.55 + 899.1 + R_{qy} - 899.1 = 0$$

$$R_{qy} = 449.55 \text{ N}$$

$$\curvearrowright + \sum M_q = 0$$

$$-R_{Ox}(0.2) + R_{px}(0.1) = 0$$

$$0(0.2) - R_{px}(0.1) = 0$$

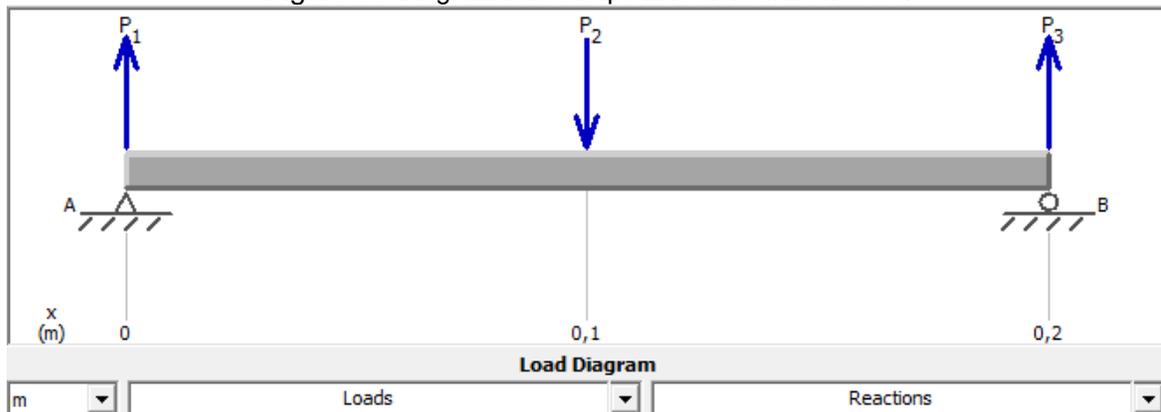
$$R_{px} = 0 \text{ N}$$

$$P_1 = 0 \text{ N}$$

$$P_2 = 0 \text{ N}$$

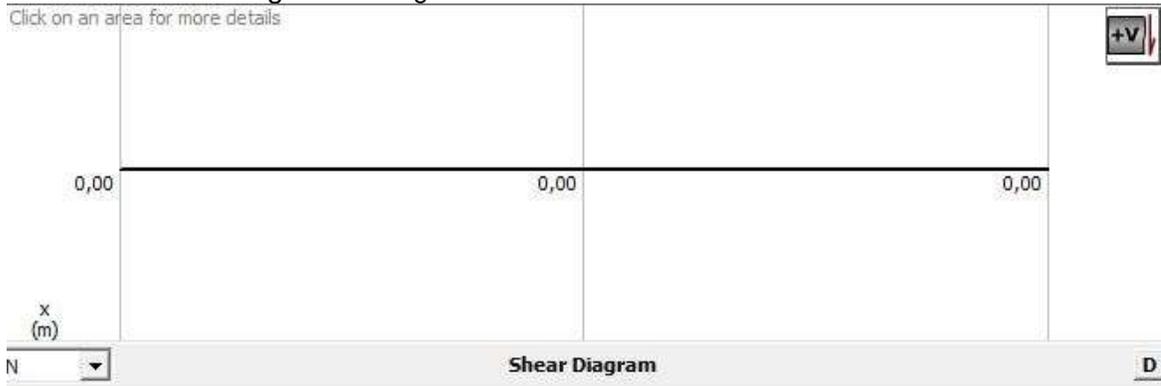
$$P_3 = 0 \text{ N}$$

Figura 55 Diagrama de cuerpo libre del eslabón OPQ



Fuente: Autor

Figura 56 Diagrama de fuerza cortante del eslabón OPQ.



Fuente: Autor

$$M_{0-0,1} = P_1(X_1)$$

$$M_{0-0,1} = 2022.97(0.1)$$

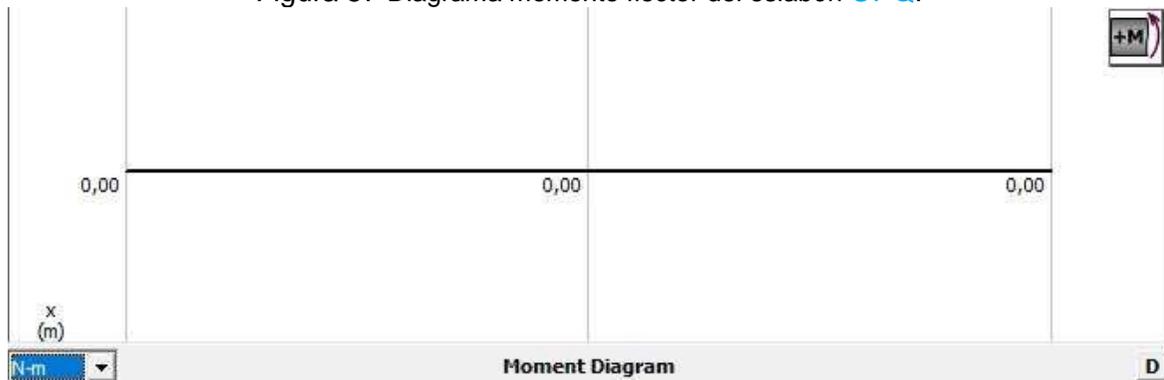
$$M_{0-0,1} = 202.297 \text{ N.m}$$

$$M_{0,1-0,2} = \frac{P_2}{2}(X_2)$$

$$M_{0,1-0,2} = -\frac{4045.95}{2}(0.1)$$

$$M_{0,1-0,2} = 202.297 \text{ N.m}$$

Figura 57 Diagrama momento flector del eslabón OPQ.



Moment Diagram

Fuente: Autor

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S}$$

Donde:

 $\sigma_{max}$ : Esfuerzo maximo $M$ : Momento flector $S$ : Modulo de sección.

$$\sigma_{max} = \frac{0}{0.006827443}$$

$$\sigma_{max} = 0 \text{ kPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{+Fxh}{A}$$

$$\sigma_2 = \frac{899.1}{0.0016129}$$

$$\sigma_2 = 557.443 \text{ kPa}$$

Factor de seguridad debido a carga axial

$$F.S = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

Donde:

 $FS$ : Factor de seguridad $\sigma_y$ : Esfuerzo último o de falla $\sigma$ : Esfuerzo admisible

$$F.S = \frac{250 \text{ Mpa}}{0.5575 \text{ MPa}}$$

$$F.S = 448$$

El alto valor del factor de seguridad debido a la carga axial nos indica que la carga aplicada de manera perpendicular a la zona transversal de nuestro elemento no representa una deformación considerable, por lo que el eslabón se encuentra alejado totalmente de una deformación plástica.

Debido a que tenemos cargas con valor de 0 N para esfuerzo cortante, el factor de seguridad a carga axial, es el único factor que tenemos para este caso, no obstante, este factor de seguridad aún se encuentra alejado totalmente del límite de fluencia de nuestro material, ASTM A-36, teniendo esto en cuenta y que para el caso del cálculo de eslabones, el concentrador de esfuerzos no se hace debido al análisis de elementos finitos arrojado por Solid Works, ya que los datos arrojados por este programa nos indica que existe un factor de seguridad demasiado alto y el concentrador de esfuerzo  $kt$ , para perforaciones nos arroja 2,15 para este caso, por lo que aunque el esfuerzo aumentaría, no es lo suficientemente alto para presentar deformaciones considerables.

El análisis de este elemento se omitió debido a que los cálculos estructurales arrojados por SAP 2000 nos arrojan que debido a que es un punto de apoyo los desplazamientos teóricos serían 0 y el elemento en cuestión de seguridad trabaja al 50% de su capacidad, además que la carga de esta estructura ya tiene consideraciones que extralimitan la carga real.

### 4.3. Cálculo de conexiones

Se procede a realizar el cálculo de los apoyos y pasadores que permiten la unión entre los eslabones, se realizan el cálculo de los apoyos basados en el cálculo de los apoyos, para este tipo de articulaciones.

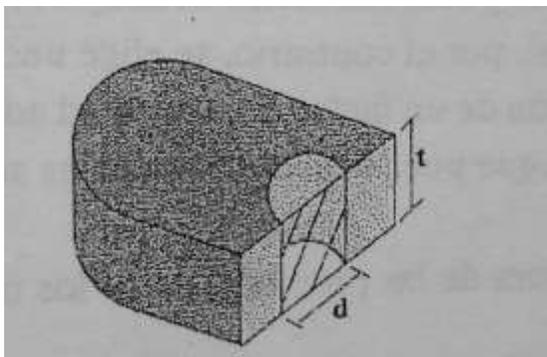


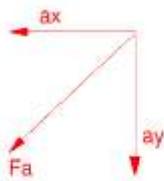
Figura 58. Apoyo de un eslabón

Fuente. Resistencia de materiales 2014 (Oswaldo Pastran)

Esta imagen ilustra que para poder determinar el pasador del apoyo es necesario conocer el espesor de lámina a utilizar denominado como  $t$ , el cual hemos pre dimensionado anteriormente en  $\frac{1}{4}$ " con ayuda de MDSolids, posteriormente nos indica que para poder determinar el diámetro del pasador es necesario poder determinar el valor de  $d$  la cual sería la proyección de la sección transversal de nuestro eslabón, el cual para este caso es nuestra incógnita por encontrar.

### 4.3.1 APOYO A

$$\sigma_{apoyo} = \frac{F}{(d)(t)}$$



$$a_x = 0 \text{ N}$$

$$a_y = 449.55 \text{ N}$$

$$F_a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

$$F_a = \sqrt{0^2 + 449.55^2}$$

$$F_a = 449.55 \text{ N}$$

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

$$F.S = 3$$

$$\sigma_{apoyo} = \frac{\sigma_y}{F.S}$$

Donde:

$\sigma_{apoyo}$ : Esfuerzo de apoyo

$FS$ : Factor de seguridad

$\sigma_y$ : Esfuerzo último o de falla

$$\sigma_{apoyo} = \frac{250}{10}$$

$$\sigma_{apoyo} = 25 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{apoyo} = \frac{F}{(d)(t)}$$

$$(d) = \frac{F}{(\sigma_{apoyo})(t)}$$

Donde:

$F$ : Fuerza

$\sigma_{apoyo}$ : Esfuerzo de apoyo

$t$ : Espesor de la plancha o elemento

$d$ : Diámetro

$$(d) = \frac{449.55}{(25000000)(6.350 e - 03)}$$

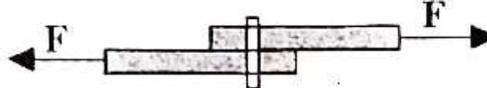
$$d = 0.02831811m = 2.83 \text{ mm}$$

Debido a que el diámetro 2.83 mm no es un diámetro comercial procedemos a seleccionar el diámetro comercial por encima del valor encontrado en este caso 1/8" con el fin de garantizar nuestro factor de seguridad.

$$d = 1/8"$$

### 4.3.2 PASADORES

Figura 59. Conexión de pasadores



Fuente: Resistencia de materiales 2014  
(Oswaldo Pastran)

$$\tau = \frac{F}{(A)}$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante

$A$ : Área

$F$ : Fuerza

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

$$A = \frac{449.55}{25000000}$$

$$A = 1.7982e - 05$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$\frac{\pi}{4} D^2 = 1.7982e - 05$$

$$D = 1.513e - 03 = 1.513 \text{ mm}$$

Debido a que el diámetro 1.513 mm no es un diámetro comercial procedemos a seleccionar el diámetro comercial por encima del valor encontrado en este caso 1/8" con el fin de garantizar nuestro factor de seguridad.

$$D = 1/8''$$

## Sistema de Anclaje

Para el sistema de anclaje se optó por elemento tipo gancho en forma de L que permitiera la instalación rápida de la escalera aprovechando la forma de sujeción que tiene de la chiva.

Con esto se procede a realizar los cálculos por elementos finitos de esta pieza.



Esta pieza está construida en material ASTM A-36 ya que este es un material comercial en Colombia, lo que se busca es comprobar que tanto la forma como el material sean óptimos para el sistema de anclaje.

La parte interior de esta pieza descansara sobre la estructura de la chiva por lo esta cara se considera como fija en el momento de uso de la escalera, por lo tanto el ala mas larga estara sometida a la carga de 899,1 N.

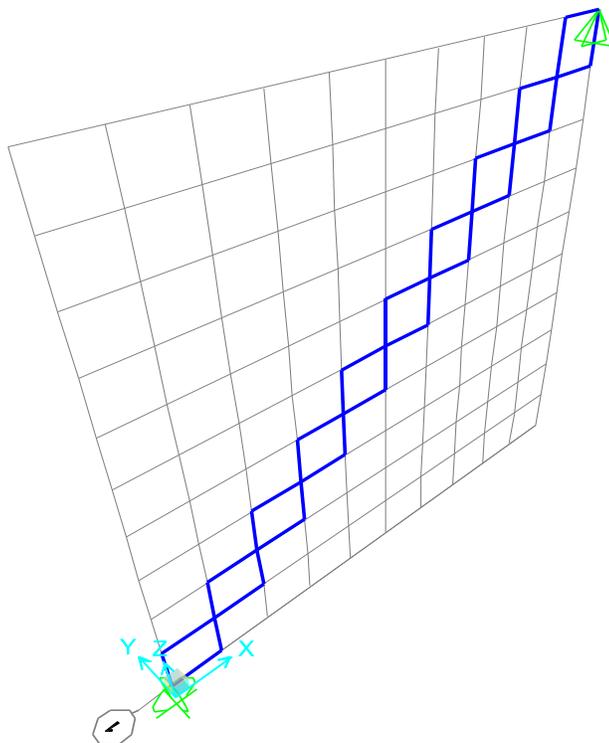
Simulación de elementos finitos



## 5. Simulación Ensamble Escalera

Esta sección proporciona información sobre la geometría del modelo, incluidos elementos como coordenadas de juntas, restricciones de juntas y conectividad de elementos.

Figura 60. Modelo de elementos finitos del diseño en 2D de la escalera plegable



Fuente: Autor

Teniendo en cuenta los cálculos estáticos, de resistencia de materiales y de elementos mecánicos realizados manualmente, asignamos la misma sección para cada uno de los eslabones, la cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3: Asignación de sección de estructura

Marco	Anal Sect	Diseño Secta	MatProp
ALL	LAMINA 1 "X 1/4"	LAMINA 1 "X 1/4"	Defecto

Fuente: Autor

## 5.1. Propiedades del material

Esta sección proporciona información sobre las propiedades del material utilizado en el modelo, el cual asumimos como acero y por lo tanto se busca aquel acero que tenga una densidad promedio de este material, para este caso el acero con la densidad aproximada es el ASTM A-36.

Tabla 4: Propiedades del material - Propiedades mecánicas básicas

Material	Unidad de peso N / mm <sup>3</sup>	Unidad de masa N-s <sup>2</sup> / mm <sup>4</sup>	E1 N / mm <sup>2</sup>	G12 N / mm <sup>2</sup>	U12	A1 1 / C
A36	7,6973E-05	7,8490E-09	199947,98	76903,07	0,3	1,1700E-05

Fuente: Autor

Tabla 5: Propiedades del material - Datos del acero

Material	Fy N / mm <sup>2</sup>	Fu N / mm <sup>2</sup>	FinalSlope
A36	248,21	399,9	-0,1

Debido a que este programa está basado en la norma AISC 360-16 presenta además de las cargas asignadas unas combinaciones de cargas según el Instituto Americano de Construcción del Acero denominado LRFD, por lo que presenta estados máximos según estas combinaciones de carga dando como resultado una extralimitación en los esfuerzos encontrados esto con el fin de garantizar la menor deflexión en los elementos analizados.

## 5.2. Asignaciones de carga de casos estáticos

La siguiente tabla nos muestra las reacciones que encontramos en uno de los eslabones evaluados de manera manual, el eslabón LKH con el objetivo de poder validar la información encontrada, cabe aclarar que, aunque estas reacciones son muy cercanas el programa determina otros resultados en otros dos componentes además de evaluar la reacciones en función de la norma AISC 360-16.

Tabla 6: Calculo estático del elemento LKH

Nombre de restricción	Fuerza de reacción	Componente (X,Y,Z)	Momento de reacción
Restricción 1	2662,75 N	-1971,19 N	0 N.m
		1790,15 N	0 N.m
		0 N	0 N.m
Restricción 2	2662,31 N	1970,79 N	0 N.m
		1789,74 N	0 N.m
		0 N	0 N.m
Restricción 3		0 N	0 N.m
		-3580,14 N	0 N.m
		0 N	0 N.m

3580,14 N

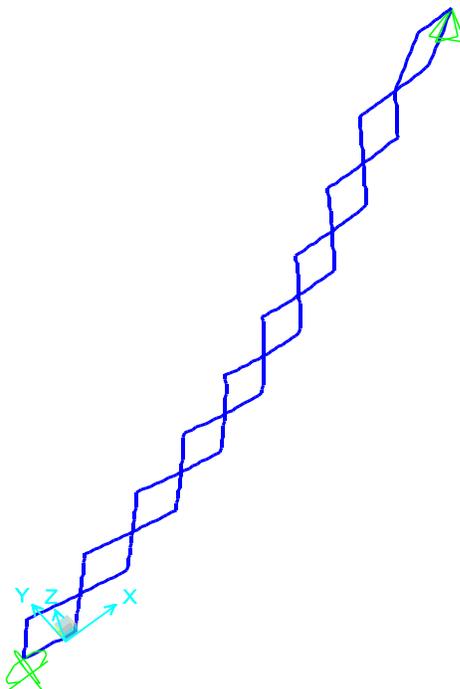
Fuente: Autor

Según las reacciones de los cálculos manuales para la platina LKH de la página 50, donde se obtiene un resultado de  $26,33 \text{ kPa}$  el cuál es el esfuerzo máximo flector coinciden con la simulación de SAP2000. En la tabla 6. Fuerza de reacción y momento en las restricciones.

### 5.3. Estructura de resultados

Esta sección proporciona resultados de estructura, incluidos elementos como períodos estructurales, es decir el comportamiento máximo de deformación en un factor de escala representativo de 10 y los apoyos de la estructura para este caso.

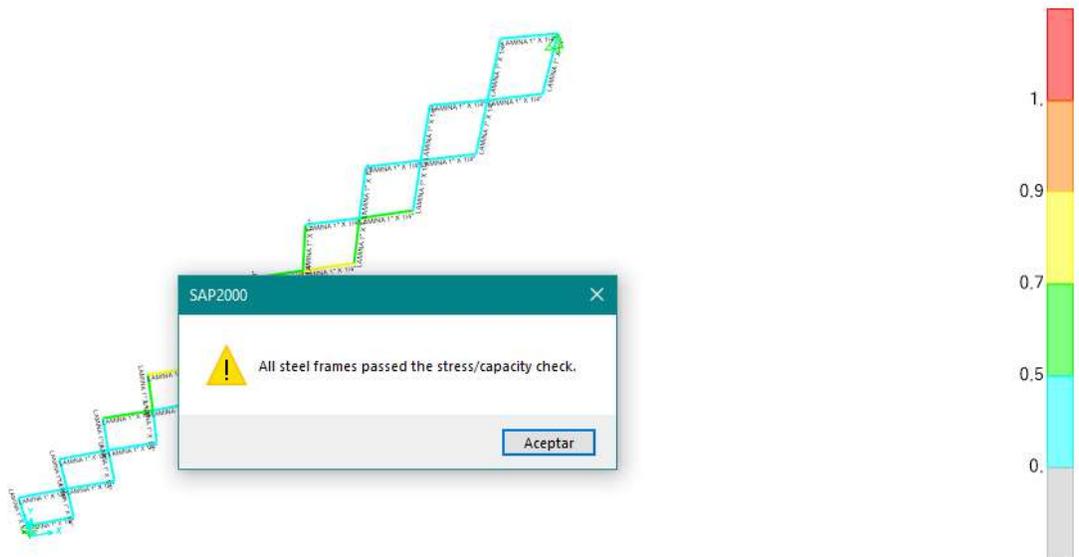
Figura 61. Forma deformada



Fuente: Autor

La figura 70. Muestra como el mecanismo de eslabones deformada debido a las cargas incluidas o simuladas según los datos de los resultados realizados por los cálculos a mano, en los cuales el software lo ha calculado de forma exuberante, pero teniendo en cuenta los parámetros iniciales y límites del material.

Figura 62. Verificación de cálculos en SAP 2000



Fuente: Autor

De acuerdo a la simulación realizada con el software SAP2000 se evidencia que el punto crítico en el mecanismo en donde está sometida la carga viva, es zona central de color amarillo, donde se verifica que todos los elementos acero sean analizados según el control de tensión/ capacidad, según el esfuerzo que designa la norma AISC 360-16

En este sentido el programa realiza una combinación de cargas con el fin de garantizar la seguridad propia de la estructura.

Figura 63. Resultados simulación

Steel Stress Check Information (AISC 360-16)

Frame ID: 45      Analysis Section: LAMINA 1" X 1/4"

Design Code: AISC 360-16      Design Section: LAMINA 1" X 1/4"

CONDO ID	STATION LOC	MOMENT RATIO	INTERACTION CHECK	MAX-SHR RATIO	MIN-SHR RATIO
UDSTL1	0,	0,897(C)	= 0,027 + 0,27 + 0,	0,109	0,
UDSTL1	0,1	0,027(C)	= 0,027 + 0,	0,109	0,
UDSTL1	0,	0,897(C)	= 0,027 + 0,27 + 0,	0,105	0,
DSTL1	0,1	0,027(C)	= 0,027 + 0,	0,109	0,

Buttons: Overwrites, Details, Tabular Data, OK, Cancel, Table Format File

Strength  Deflection

Stylesheet: Default

Fuente: Autor

Como observamos en la figura 76. Está sobrecargando este punto con la siguiente ecuación.

$$DSTL1 = q + 1.6L$$

Esta ecuación determina un factor de 1.2 a la carga permanente y por 1.6 la carga variable del sistema, carga viva para este caso, con el objetivo de determinar el peor de los escenarios para la estructura.

## 6. Fabricación

El resultado de los cálculos se representa de manera concreta en la construcción propia del dispositivo, que se compone de los eslabones pasadores, apoyos y pasos respectivamente.

Con esto en mente se realiza la compra y posterior corte de los eslabones, seguido de esto se realiza la limpieza de estas piezas y verificación de las medidas, luego se realizan las perforaciones correspondientes para pasadores y se procede al montaje parcial el cual consta de la conexión eslabón-pasador-eslabón, conjuntamente se realiza la construcción de los pasos en acero ASTM A-36 en formato alfajor, el cual lleva un proceso de doblado y soldadura para garantizar la rigidez de la pieza, esto permite el ensamble de eslabones y pernos en conjunto con los pasos, finalmente se instalan los apoyos a la estructura a través de soldadura.

**REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA CONSTRUCCION E INSTALACION EN CAMPO**

**CONSTRUCCION DEL PRODUCTO**

Figura 64. .Corte y dobléz



Proceso corte y dobléz de peldaños y eslabones con maquina dobladora.

Figura 65. Ajuste de componentes



Ensamble de los peldaños, soporte de anclaje y eslabones unidos por los remaches.

Figura 66. Ensamble del producto



Fase final de ensamble, secado y verificación funcional del producto (pliegue y despliegue).

Figura 67. Posicionamiento de la escalera



Instalación de mecanismo escalera plegable en el soporte de enganche del vehículo.

Figura 68. Despliegue del Producto



Despliegue del mecanismo desde el punto de anclaje a la superficie plana del suelo.

Figura 69. Uso del producto



Asenso y descenso de los usuarios por medio del mecanismo escalera plegable.

Figura 70. Pliegue de la escalera



Pliegue del mecanismo escalera plegable y desinstalación del soporte de enganche del vehículo.

Figura 71. Instalar seguro del mecanismo



Ubicar seguro del mecanismo escalera plegable para evitar su accionamiento de forma accidental.

Figura 72. Disposicion de almacenaje



Punto de almacenamiento del mecanismo escalera plegable para su transporte luego de su uso.

Debido a que el diseño de la escalera en su mayoría este fabricado en ASTM A-36 y este por sus propiedades tiende a corroerse en función de la exposición a la humedad es necesario evitar el contacto de este ensamble en condiciones lluviosas, estas sugerencias son ampliadas en el manual de mantenimiento y operación del equipo. (Ver Anexo C).

## CONCLUSIONES

- El diseño de la escalera plegable tipo tijera fue seleccionado bajo los criterios de una matriz de selección y las dimensiones de los vehículos donde se instalará el mecanismo, el espacio con el que dispone el vehículo para la instalación de la escalera está determinado por 730 mm de ancho por una altura de 1100 mm de alto desde el suelo hasta el pasillo, las dimensiones finales de la escalera son 628 mm de ancho por 1100 mm de alto.
- El diseño de la estructura los diferentes componentes y/o elementos del mecanismo se utilizó el programa de SOLIDWORKS, el cual es un software para diseño industrial, este fue base en el diseño de la estructura obteniendo los planos de fabricación los cuales soportan el proceso del diseño.
- El análisis estructural estático se evaluó y simuló en el programa SAP2000, el cual es un programa de análisis de estructuras lineal y de segundo orden, usando el método de los elementos finitos el cual nos indica que existe elementos críticos como el eslabón RPM debido a la combinación de cargas según Load Resistance Factor design, este elemento tiene un esfuerzo de 180 Mpa debido a carga axial.
- El material seleccionado para los eslabones fue determinado por estático y de resistencia de materiales, las cuales arrojaron que el material a utilizar es ASTM A-36.
- El perfil seleccionado para los eslabones PL 1" X ¼" de espesor en ASTM A-36.
- El esfuerzo máximo al que estará sometida la escalera es  $\sigma_{max} = 6.585 \text{ kPa}$ , el cual corresponde a un esfuerzo axial encontrado en el eslabón A'ZV ubicado en la parte inferior de la escalera.
- El diámetro mínimo de los pasadores es  $D = 1/8"$  en ASTM A-36
- Las dimensiones generales de los eslabones son de 225 mm x 25.6 mm x 6.350 mm
- Con el diseño y construcción de la escalera plegable se obtuvo el resultado esperado llegando a soportar los 150 kg.
- Se realizaron la validación de los cálculos manuales a través del módulo de elementos de SolidWorks, el cual nos arroja esfuerzos máximos de 6.5 Mpa para el elemento intermedio de la escalera LKH, 6.5 Mpa para el elemento A'ZV
- Se aterrizaron los cálculos a través de la elaboración de los elementos y el sistema de escalera, apoyados en los planos de fabricación, los cuales presentaron variaciones

de fabricación de 1 mm a 1,2 mm debido a que la lámina no es uniforme esto, se presenta por variaciones en el conformado de la chapa.

- Se elaboraron manuales de operación y mantenimiento, con textos ligeros e imágenes ilustrativas los cuales permiten interpretar fácilmente el funcionamiento y cuidado del mecanismo, teniendo en cuenta que se debe realizar un chequeo preoperacional del equipo y evitando su uso en condiciones húmedas.
- El gancho del sistema es tipo L y está fabricado en material ASTM A-36 y cuenta con un esfuerzo máximo combinado de 14.47 Mpa.
- Se elaboró el diseño y construcción de la escalera plegable con su sistema de enganche tipo L el cual está ubicado en el nodo superior de la escalera, además el almacenamiento de la misma en la bodega del vehículo.

## Bibliografía

- Academia. PPT elaborado por Arturo Arosemena Junio 2020 Obtenido de [https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/72/clase\\_1\\_introduccion\\_a\\_los\\_mecanismos\\_y\\_a\\_la\\_cinematica.pdf](https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/72/clase_1_introduccion_a_los_mecanismos_y_a_la_cinematica.pdf) Pagina 9
- Aceros Mapa - Evolucionamos Juntos (2018) Obtenido de <https://acerosmapa.com.co/productos/laminas-acero-hr-hot-rolled/>
- Análisis estructural R.C. Hibbeler Tercera Edición - Pearson Prentice Hall 1997 Plaza de edición: MEXICO Fecha de lanzamiento: 25/11/1997-páginas 729
- Autodesk, Inc. . (2018). Propiedades de tipo de componente de escalera. (15 de Julio de 2019), de autodesk: Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ESP/Revit-Model/files/GUID-E36AE889-D507-4288-90BE-FCE2F120C2B6-htm.html>
- Calcular todo. (Septiembre 2020) Obtenido de <https://www.calculartodo.com/edificio/volumen-hormigon-escalera.php>
- Chivas pachangueras. (2019) Obtenido de <https://chivasrumberasbogota.com.co/>
- Colombiabus. (marzo 2019) Obtenido de [https://issuu.com/colombiabus/docs/revista\\_colombiabus\\_marzo\\_completa\\_6419ea655df6cb/9](https://issuu.com/colombiabus/docs/revista_colombiabus_marzo_completa_6419ea655df6cb/9)
- Definición. (enero 2020) Obtenido de <https://definicion.de/mecanismo/>
- Dipac Productos de Acero (2020) Obtenido de <http://www.dipacmanta.com/tubo-estructural-rectangular-negro>
- Dipac Productos de Acero (2020) Obtenido de <http://www.dipacmanta.com/tubo-mecanico-cuadrado>
- DoucUC (2018). <https://es.scribd.com/document/406864410/Cinetica-Dinamica-a-Me-5101>
- Ellas. ( 29 de agosto, 2018) Obtenido de <https://www.ellas.pa/estilo-vida/cultura/historia-del-diablo-rojo-recorre-las-calles-washington/>
- Ensenar. (marzo 2020) obtenido de <https://ensenar.es/edificio/casa-y-cabana-construccion-suburbana/escaleras-del-atico-opciones.html>
- Estática Bedford - Problemas resueltos de análisis de estructuras por el método de los nudos - Erving Quintero Gil Tecnólogo electromecánico - UTS Ing. Electromecánico - UAN Especialista en Ingeniería del gas - UIS Bucaramanga – Colombia 201. Obtenido de

<https://lauravromanv.weebly.com/uploads/2/2/6/3/22636044/problemas-resueltos-analisis-estructuras-metodo-nudos.pdf>

Fraco. (Catálogo de productos 2017) Obtenido de <https://www.fakro.ca/att/LOCAL/catalogs/products/Escaleras-plegables-para-atico-2017.pdf>

Herramienta Balconeria Soldadura septiembre 2020. Obtenido de <https://herreriabalconeriaysoldadura.com/manual-de-escaleras-metalicas/>

Inesem. (julio 2015) Obtenido de <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/diferencia-robotica-grados-libertad-movilidad-3/>

Informes de la Construcción, Vol. 42 n ° 409, (septiembre/octubre, 1990) Consejo Superior de Investigaciones Científicas Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc). Obtenido de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/1442/1602>

Interempresas. (noviembre 2018) Obtenido de <http://www.interempresas.net/Equipos-Construccion/FeriaVirtual/Producto-Escalera-telescopica-Telesteps-35724.html>

Jdevm (octubre 15, 2019) por jean manzo. Obtenido de <https://jdevm.com/matriz-de-decision-excel/>

Las amélicas. (2017) Obtenido de <https://www.americas.cl/producto/escalera-abatible-lwk-komfort/>

Matriz de decisiones. (marzo 2020) Obtenido de [http://fcaenlinea1.unam.mx/anexos/1624/1624\\_u9\\_Matriz\\_de\\_decisiones.pdf](http://fcaenlinea1.unam.mx/anexos/1624/1624_u9_Matriz_de_decisiones.pdf)

MN del golfo (2019). Obtenido de <https://www.mndelgolfo.com/reportaje/tipos-de-escaleras-industriales/>

Patio tuerca (2014) <https://ecuador.patiotuerca.com/blog/las-chivas-de-donde-vienen/>

Pinterest. (junio 2019) Obtenido de <https://www.pinterest.com.mx/pin/620722761114454059/>

Pobeda Construcción. Reforma y acabados. Decoración. Patio y jardín. Techo. Escaleras Pasillo (enero 2019) paginas 52. Obtenido de <https://pobeda-mf.ru/es/prihozhaya/kak-sdelat-lestnicu-na-cherdak-razdvizhnuyu-osobennosti-raskladnoi-lestnicy-na/>.

Pobeda Construcción. Reforma y acabados. Decoración. Patio y jardín. Techo. Escaleras Pasillo (enero 2019) paginas 52. Obtenido de <https://pobeda-mf.ru/es/lestnicy/otkidnaya-lestnica-na-cherdak-delaem-cherdachnuyu-lestnicu-s-lyukom-svoimi-rukami/>

Recursos en Project Management (Agosto de 2020). Obtenido de <https://www.recursosenprojectmanagement.com/matriz-de-decision/>

Sap2000 (2021) Obtenido de <https://www.csiespana.com/event/89/sap2000-universitario-ist#>

SolidWorks 2014 - 2016. Obtenido de

<https://login.solidworks.com/nidp/idff/sso?id=cpenglsh&sid=0&option=credential&sid=0&target=https%3A%2F%2Fcustomerportal.solidworks.com>

Soluciones tubulares (2020). Obtenido de

<https://www.solucionestubulares.com/linea/acero/categoria/estructural> UN Plan de negocios (17 febrero, 2020). Obtenido de <https://unplandenegocios.com/matriz-decisiones-la-toma-decisiones/>

Upcommons.(2018) Obtenido de

[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/127609/Jornada\\_PDTEAU\\_2018.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/127609/Jornada_PDTEAU_2018.pdf)

## **ANEXOS**

### **ANEXO A**

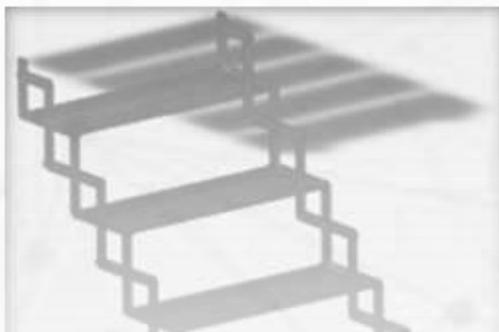
# MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MECANISMO ESCALERA PLEGABLE PARA BUS TIPO ESCALERA



FICHA TÉCNICA ESCALERA PLEGABLE							
Realizado por :		Steven Bernal		Fecha :		28/03/2021	
Mecanismo :		Escalera Plegable		Ubicación :		Empresa de Turismo Chivas	
Fabricante:		Steven Bernal		Sección		Taller	
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Escalera Plegada							
Peso :	32 Kg	Altura :	0.45 m	Ancho :	0.619 m	Largo :	1.05m
Escalera Desplegada							
Peso :	32 Kg	Altura :	1.10 m	Ancho :	0.619 m	Largo :	1.05m
Montaje							
Tipo :	Manual	Cantidad de Operarios :		1	Accionamiento		Manual



# MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



## ⚠ PRECAUCIÓN ⚠

Realice una inspección antes de cada uso.

Asegúrese cuando use esta escalera, antes de levantarla y ubicarla en el soporte de anclaje verifique que este se encuentre con el mecanismo bloqueado.

Verifique antes de su uso que la escalera no este quebrada, doblada o dañada.

Antes de su uso, asegúrese que los remaches, uniones y demás partes móviles estén en buen estado.

**Por precaución no bajar o subir las escaleras corriendo.**

## ⚠ ADVERTENCIA ⚠

Conserve la escalera libre de grasa, aceites, pinturas y otros materiales deslizantes.

Para evitar lesiones asegúrese de poner la escalera en una superficie plana y libre de lodo.

No deje la escalera a exposición del agua o fluidos corrosivos, esto puede deteriorar su pintura y disminuir su vida útil.

Se recomienda no usar la escalera en condiciones climáticas de lluvia o tormenta.

CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Escalera Plegada							
Peso :	32 Kg	Altura :	0.45 m	Ancho :	0.619 m	Largo :	1.05m
Escalera Desplegada							
Peso :	32 Kg	Altura :	1.10 m	Ancho :	0.619 m	Largo :	1.05m
Montaje							
Tipo :	Manual	Cantidad de Operarios :	1	Accionamiento	Manual		

# MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

UAN		Sistema		Escalera Plegable Tijera			Sistema No			1						
Fecha		26/04/2021			Hoja No			1 de 1								
AMEF										Evaluación de mejora						
Parte	Descripción	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Causal potencial	Ocurrencia	Controles actuales de	Deteccion	NPR	Acciones recomienda	Responsable	Accion tomada	Severidad	Ocurrencia	Deteccion	NPR
Peldaños	Dar apoyo a los pies y así poder ascender o descender.	Ruptura o fisura del peldaño.	Puede causar inestabilidad o caída de usuario	9	Sobre carga	4	No exceder el peso máximo del diseño	9	324	Cambiar el peldaño afectado	Steven Bernal	Se toma la acción recomendada	9	2	2	36
		Corrosion	Desgaste del material	4	Humedad Alta o Derrame de líquidos corrosivos	3	Realizar limpieza de escalera luego de su aplicacion	5	60	Lubricar, limpiar y validar el estado	Steven Bernal	Se toma la acción recomendada	5	2	2	20
Eslabones	Conexión entre peldaños para plegar o desplegar mecanismo	Ruptura o fisura del peldaño.	Puede causar inestabilidad o caída de usuario	9	Sobre carga	4	No exceder el peso máximo del diseño	9	324	Cambiar el peldaño afectado	Steven Bernal	Se toma la acción recomendada	9	2	2	36
		Estiramiento o daño físico en remache.	Puede causar inestabilidad o caída de usuario	9	Sobre carga	4	No exceder el peso máximo del diseño	8	288	Realizar cambio de remaches afectados	Steven Bernal	Se toma la acción recomendada	9	1	2	18
Anclaje	Soporte de montaje que permite sostener el mecanismo firme sobre el vehículo	Ruptura o fisura del gancho o soporte de anclaje.	Puede causar lesiones al usuario	9	Sobre carga, humedad alta o derrame de líquidos corrosivos	8	No exceder el peso máximo del diseño. Realizar limpieza de escalera luego de su aplicación	9	648	Lubricar, limpiar y validar el estado, realizar el camnio de soporte de anclaje	Steven Bernal	Se toma la acción recomendada	8	2	2	32

## INSTRUCCIONES DE MONTAJE

### PASO A PASO.

1. Acople la escalera en el vehículo asegurado su enganche.



2. Abra la escalera a la longitud que optimice la posición nivelada de los peldaños o escalones.



3. Ubique la escalera en posición frontal al vehículo para mejorar el acceso.



4. Extienda la escalera hasta que llegue a los toques de los eslabones inferiores.



5. Bloquee la escalera en el lugar deseado.

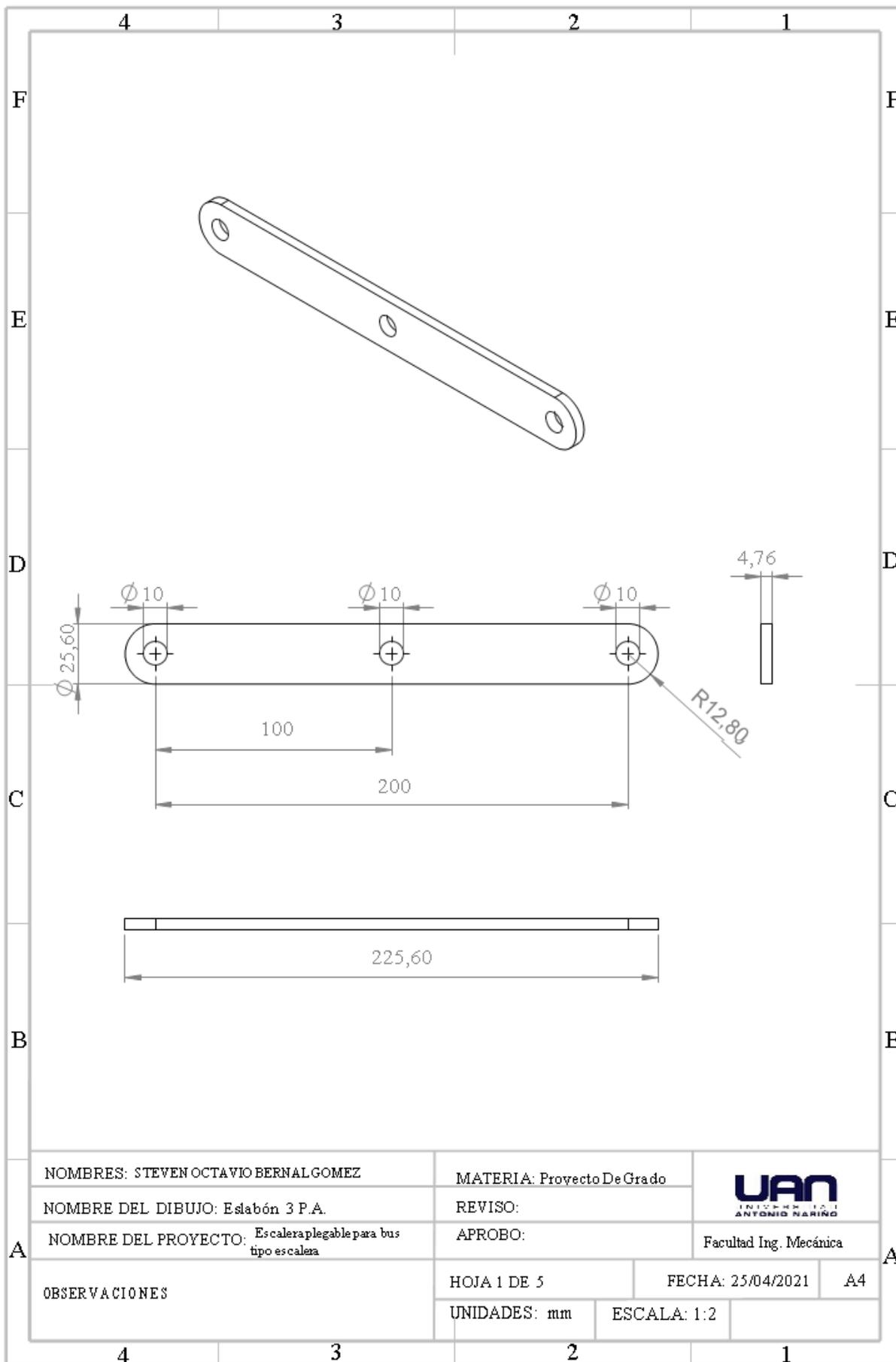
#### NOTA:

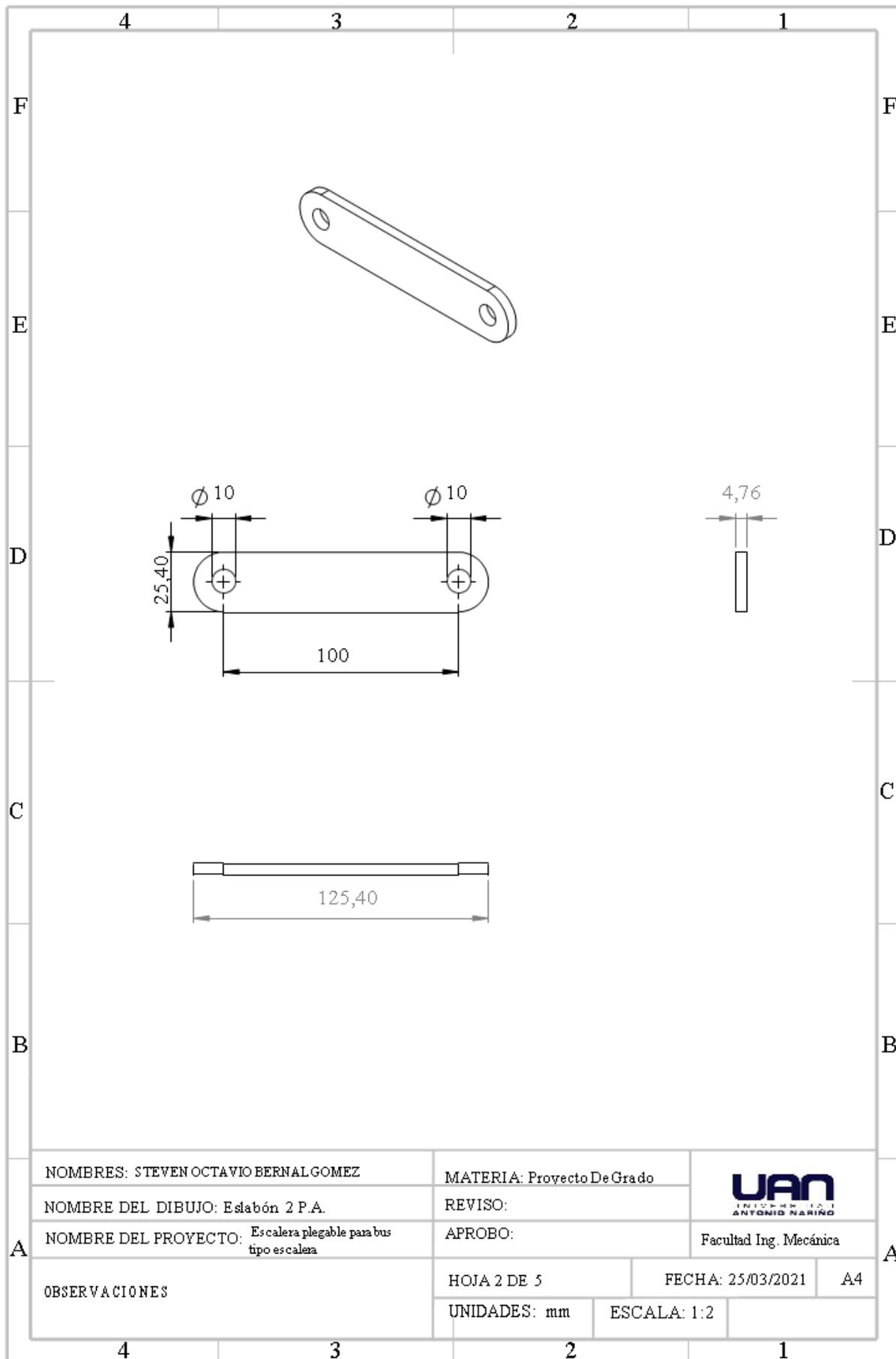
- 1- Este paso a paso se debe realizar con el vehículo detenido.
- 2- Retire el mecanismo antes del viaje o movimiento del vehículo, puede producir lesiones y daños severos.

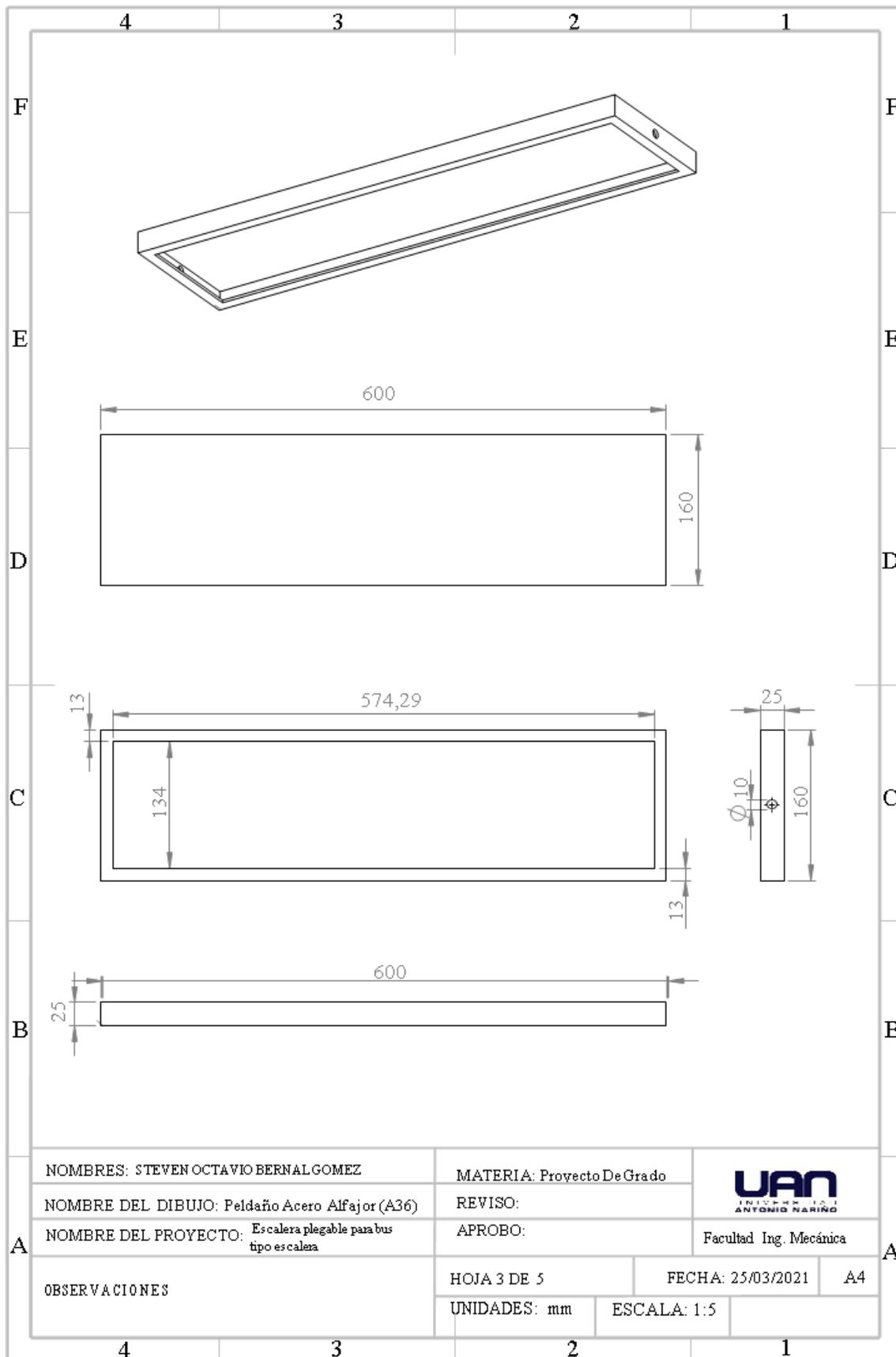
Tenga en cuenta:

El funcionamiento de esta escalera plegable es muy seguro, su pliegue no se podrá dar accidentalmente debido a que el peso del usuario impide que esta cierre espontáneamente.

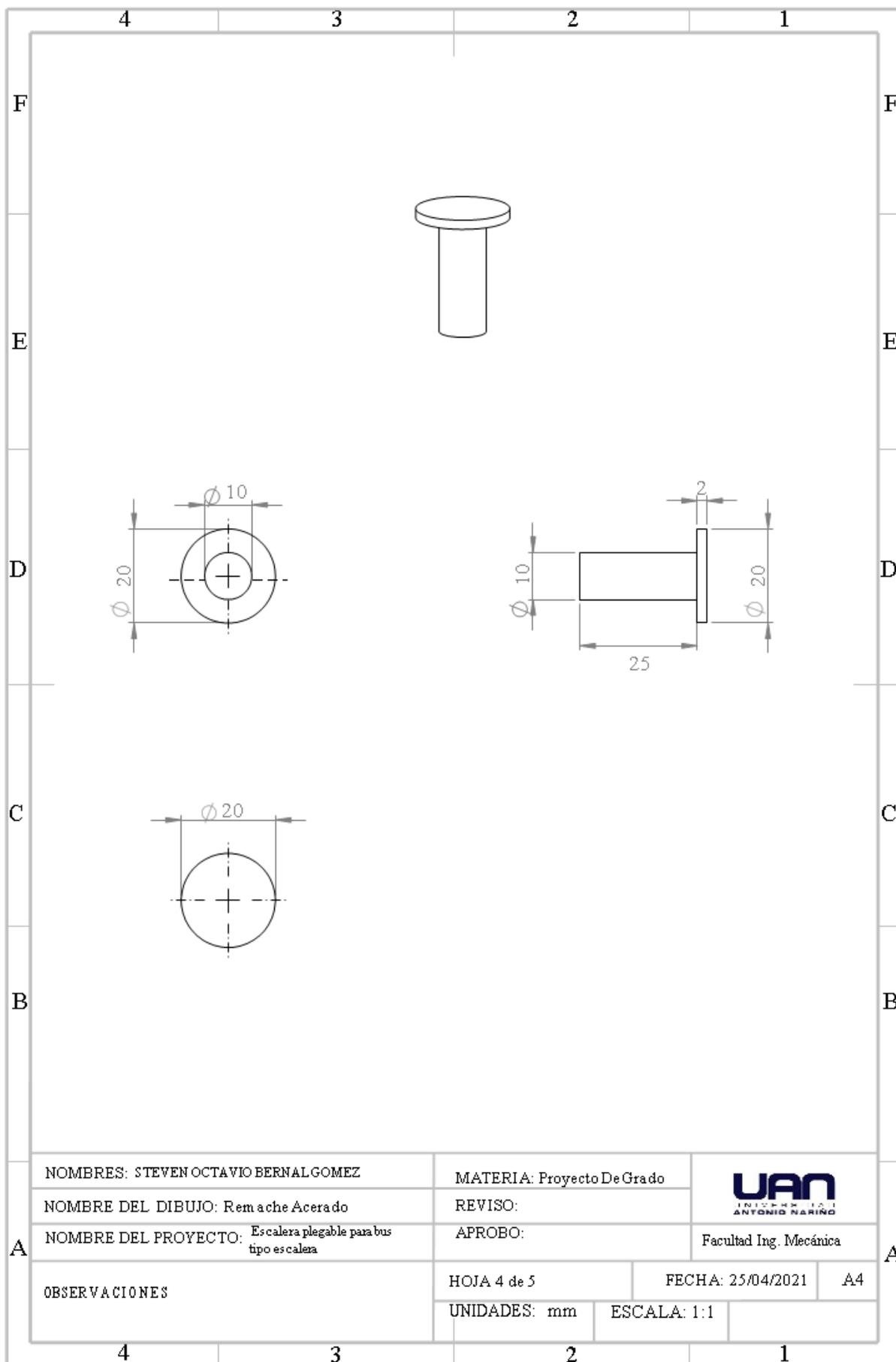
## **ANEXO B**

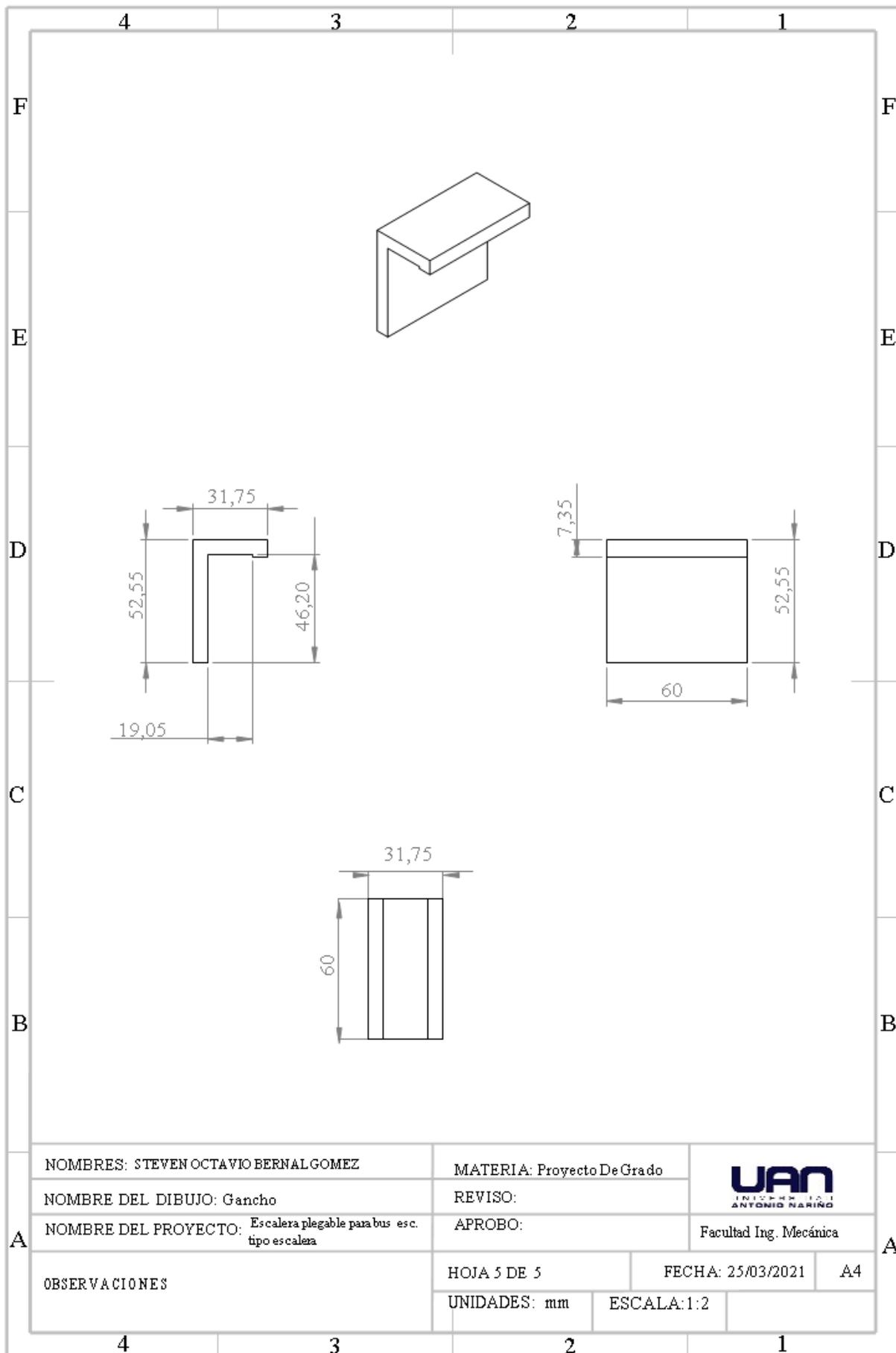






A	NOMBRES: STEVEN OCTAVIO BERNALGOMEZ	MATERIA: Proyecto De Grado	 UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
	NOMBRE DEL DIBUJO: Peldaño Acero Alfajor (A36)	REVISO:	
	NOMBRE DEL PROYECTO: Escalera plegable para bus tipo escalera	APROBO:	Facultad Ing. Mecánica
OBSERVACIONES	HOJA 3 DE 5	FECHA: 25/03/2021	A4
	UNIDADES: mm	ESCALA: 1:5	





## **ANEXO C**

## ANALISIS AB



Analyzed File:	eslabon corto escalera # 2.ipt
Autodesk Inventor Version:	2021 (Build 250183000, 183)
Creation Date:	8/04/2021, 6:17 p. m.
Study Author:	S.G
Summary:	

### ▣ Project Info (iProperties)

Part Number	eslabon corto escalera # 2
Designer	S.B
Cost	\$ 0
Date Created	11/03/2021

### ▣ Physical

Material	ASTM A-36
Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
Mass	0,107974 kg
Area	7410,17 mm <sup>2</sup>
Volume	13754,6 mm <sup>3</sup>
Center of Gravity	x=50 mm y=0 mm z=2,38 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

## Static Analysis:1

### General objective and settings:

Design Objective	Single Point
------------------	--------------

Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	2/04/2021, 5:52 p. m.
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

**Mesh settings:**

**Material(s)**

Name	ASTM A-36	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	248,225 MPa
	Ultimate Tensile Strength	399,9 MPa
Stress	Young's Modulus	199,959 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	76,9073 GPa
Part Name(s)	eslabon corto escalera # 2.ipt	

**Operating conditions**  Force:1

Load Type	Force
Magnitude	1798,200 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-1798,200 N
Vector Z	0,000 N

**Selected Face(s)**



### 1.1.3 Force:2

Load Type	Force
Magnitude	1798,200 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	1798,200 N
Vector Z	0,000 N

### 1.1.4 Pin Constraint:1

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

**Selected Face(s)**



### 1.1.5 Pin Constraint:2

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

## ▣ Results

### 1.1.6 ▣ Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:1	1798,12 N	0 N	0 N m	0 N m
		1798,12 N		0 N m
		0 N		0 N m
Pin Constraint:2	1798,18 N	0 N	0 N m	0 N m
		-1798,18 N		0 N m
		0 N		0 N m

### 1.1.7 ▣ Result Summary

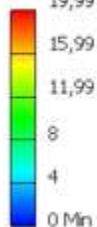
Name	Minimum	Maximum
Volume	13754,6 mm <sup>3</sup>	
Mass	0,107974 kg	
Von Mises Stress	0,000485636 MPa	19,9897 MPa
1st Principal Stress	-0,375049 MPa	13,6449 MPa
3rd Principal Stress	-14,216 MPa	0,347976 MPa
Displacement	0,00000959782 mm	0,000513091 mm
Safety Factor	12,4176 ul	15 ul
Stress XX	-11,2692 MPa	11,1661 MPa
Stress XY	-10,9872 MPa	9,69089 MPa
Stress XZ	-2,17768 MPa	1,71342 MPa
Stress YY	-11,7934 MPa	11,789 MPa
Stress YZ	-1,42173 MPa	1,40283 MPa
Stress ZZ	-2,88793 MPa	2,71433 MPa
X Displacement	-0,000259315 mm	0,000257413 mm
Y Displacement	-0,000513077 mm	0,000511776 mm
Z Displacement	-0,0000255631 mm	0,000022137 mm
Equivalent Strain	0,00000000220254 ul	0,0000866993 ul
1st Principal Strain	0,00000000219793 ul	0,0000746769 ul
3rd Principal Strain	-0,0000784591 ul	-0,00000000143762 ul
Strain XX	-0,0000698844 ul	0,0000690149 ul
Strain XY	-0,0000714311 ul	0,0000630037 ul
Strain XZ	-0,0000141578 ul	0,0000111395 ul
Strain YY	-0,0000649317 ul	0,0000653771 ul

Strain YZ	-0,00000924314 ul	0,00000912026 ul
Strain ZZ	-0,00000594509 ul	0,00000578542 ul

## 1.1.8 Figures

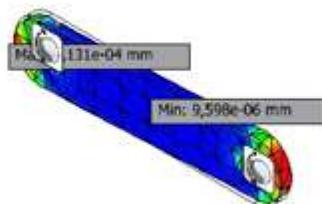
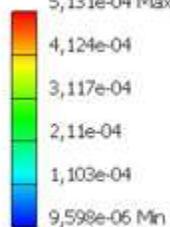
### Von Mises Stress

Nodes:752  
Elements:333  
Type: Von Mises Stress  
Unit: MPa  
8/04/2021, 6:17:07 p. m.  
19,99 Max



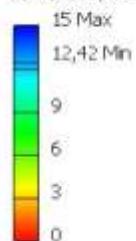
### Displacement

Nodes:752  
Elements:333  
Type: Displacement  
Unit: mm  
8/04/2021, 6:17:11 p. m.  
5,131e-04 Max



### Safety Factor

Nodes:752  
Elements:333  
Type: Safety Factor  
Unit: ul  
8/04/2021, 6:17:10 p. m.  
15 Max



## ANALISIS A'ZV



### Physical

Material	ASTM A-36
Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
Mass	0,269026 kg
Area	14445,9 mm <sup>2</sup>
Volume	34270,8 mm <sup>3</sup>
Center of Gravity	x=100 mm y=0 mm z=2,38 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.



## Static Analysis:1

### General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	2/04/2021, 4:29 p. m.
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

### Mesh settings:

#### Material(s)

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	deg

Name	ASTM A-36	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	248,225 MPa
	Ultimate Tensile Strength	399,9 MPa
Stress	Young's Modulus	199,959 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	76,9073 GPa
Part Name(s)	eslabon escalera 2.ipt	

## Operating conditions Force:2

Load Type	Force
Magnitude	8991,000 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	8991,000 N
Vector Z	0,000 N

### Selected Face(s)



## 1.1.9 Force:1

Load Type	Force
Magnitude	4495,500 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-4495,500 N
Vector Z	0,000 N

## ☐ Selected Face(s)



### 1.1.10 ☐ Pin Constraint:1

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

### 1.1.11 ☐ Pin Constraint:3

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

## ☐ Results

### 1.1.12 ☐ Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:1	4475,05 N	0 N	0 N m	0 N m
		4475,05 N		0 N m

		0 N		0 N m
Pin Constraint:2	4475,04 N	0 N	0,0154495 N m	-0,0154495 N m
		4475,04 N		0 N m
		0 N		0 N m
Pin Constraint:3	8949,85 N	0 N	0 N m	0 N m
		-8949,85 N		0 N m
		0 N		0 N m

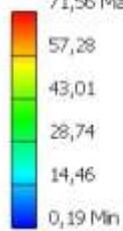
### 1.1.13 Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	34270,8 mm <sup>3</sup>	
Mass	0,269026 kg	
Von Mises Stress	0,188859 MPa	71,5588 MPa
1st Principal Stress	-1,35257 MPa	53,9824 MPa
3rd Principal Stress	-49,8187 MPa	0,893793 MPa
Displacement	0,00000176917 mm	0,00153227 mm
Safety Factor	3,46882 ul	15 ul
Stress XX	-44,6215 MPa	41,9607 MPa
Stress XY	-32,3853 MPa	30,404 MPa
Stress XZ	-5,22477 MPa	8,81533 MPa
Stress YY	-42,6431 MPa	42,8119 MPa
Stress YZ	-5,53701 MPa	4,51801 MPa
Stress ZZ	-11,5612 MPa	9,79331 MPa
X Displacement	-0,000762493 mm	0,000727025 mm
Y Displacement	-0,00120186 mm	0,00153227 mm
Z Displacement	-0,0000737554 mm	0,0000761289 mm
Equivalent Strain	0,000000851719 ul	0,000310161 ul
1st Principal Strain	0,000000443489 ul	0,000292536 ul
3rd Principal Strain	-0,000269373 ul	-0,00000055869 ul
Strain XX	-0,00026935 ul	0,00026907 ul
Strain XY	-0,000210547 ul	0,000197667 ul
Strain XZ	-0,000033968 ul	0,0000573114 ul
Strain YY	-0,000268949 ul	0,000242865 ul
Strain YZ	-0,000035998 ul	0,0000293731 ul
Strain ZZ	-0,0000137445 ul	0,0000142038 ul

### 1.1.14 Figures

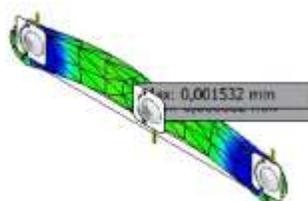
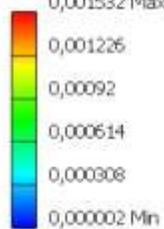
#### Von Mises Stress

Nodes:854  
Elements:368  
Type: Von Mises Stress  
Unit: MPa  
8/04/2021, 6:14:28 p. m.  
71,56 Max



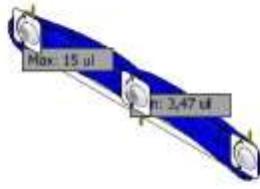
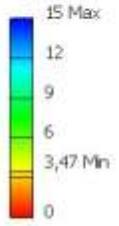
## ▣ Displacement

Nodes:854  
Elements:368  
Type: Displacement  
Unit: mm  
8/04/2021, 6:14:33 p. m.  
0,001532 Max



## Safety Factor

Nodes:854  
Elements:368  
Type: Safety Factor  
Unit: ul  
8/04/2021, 6:14:32 p. m.



# ANALISIS PASO ALAFAJOR



Analyzed File:	
Autodesk Inventor Version:	2021 (Build 250183000, 183)
Creation Date:	8/04/2021, 6:35 p. m.
Study Author:	S.B
Summary:	

## Project Info (iProperties)

### Project

Description	LAMINA 3/16" x 193 mm
Designer	S.G
Cost	\$ 0
Date Created	8/04/2021

### Physical

Material	ASTM A-36
Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
Mass	4,50345 kg
Area	249203 mm <sup>2</sup>
Volume	573687 mm <sup>3</sup>
Center of Gravity	x=0 mm y=-3,09203 mm z=0 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.



## Static Analysis:1

### General objective and settings:

#### Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
--	-----

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis

Last Modification Date	8/04/2021, 6:34 p. m.
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

## Material(s)

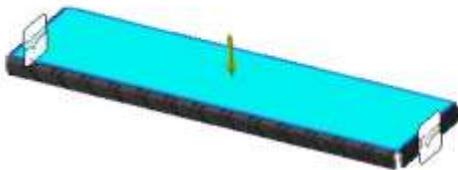
Name	ASTM A-36	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	248,225 MPa
	Ultimate Tensile Strength	399,9 MPa
Stress	Young's Modulus	199,959 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	76,9073 GPa
Part Name(s)	Part1	

## Operating conditions

### Force:1

Load Type	Force
Magnitude	899,100 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-899,100 N
Vector Z	0,000 N

### Selected Face(s)



## ☐ Results

### ☐ Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:1	449,627 N	0 N	0 N m	0 N m
		449,627 N		0 N m
		0 N		0 N m
Fixed Constraint:1	449,627 N	0 N	0 N m	0 N m
		449,627 N		0 N m
		0 N		0 N m

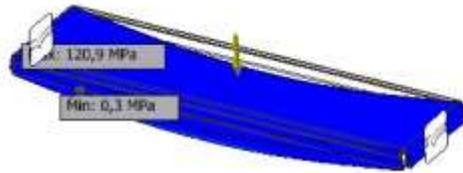
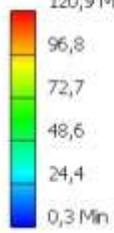
### ☐ Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	573687 mm <sup>3</sup>	
Mass	4,50345 kg	
Von Mises Stress	0,300722 MPa	120,938 MPa
1st Principal Stress	-44,355 MPa	189,117 MPa
3rd Principal Stress	-139,01 MPa	62,0901 MPa
Displacement	0 mm	0,35992 mm
Safety Factor	2,05249 ul	15 ul
Stress XX	-66,0039 MPa	122,458 MPa
Stress XY	-27,814 MPa	45,4153 MPa
Stress XZ	-41,2194 MPa	19,6262 MPa
Stress YY	-81,2681 MPa	113,643 MPa
Stress YZ	-35,9088 MPa	37,4403 MPa
Stress ZZ	-124,284 MPa	90,4684 MPa
X Displacement	-0,0325527 mm	0,0325789 mm
Y Displacement	-0,35992 mm	0,000878171 mm
Z Displacement	-0,0090015 mm	0,0089261 mm
Equivalent Strain	0,00000133543 ul	0,000607943 ul
1st Principal Strain	0,000000515853 ul	0,000739558 ul
3rd Principal Strain	-0,000564599 ul	0,00000117989 ul
Strain XX	-0,000188197 ul	0,000306184 ul
Strain XY	-0,000180828 ul	0,00029526 ul
Strain XZ	-0,000267981 ul	0,000127597 ul
Strain YY	-0,000332146 ul	0,000321558 ul
Strain YZ	-0,000233455 ul	0,000243412 ul
Strain ZZ	-0,000456809 ul	0,000272579 ul

### ☐ Figures

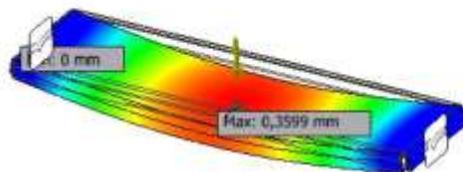
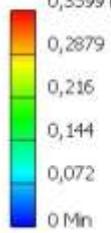
#### ☐ Von Mises Stress

Type: Von Mises Stress  
Unit: MPa  
8/04/2021, 6:35:36 p. m.  
120,9 Max



## Displacement

Type: Displacement  
Unit: mm  
8/04/2021, 6:35:40 p. m.  
0,3599 Max

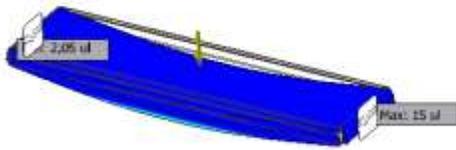
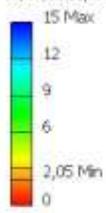


## Safety Factor

Type: Safety Factor

Unit: ul

8/04/2021, 6:35:39 p. m.



## Informe de análisis de estrés



Archivo analizado:	Gancho escalera plegable.ipt
Versión de Autodesk Inventor:	2021 (compilación 250183000, 183)
Fecha de creación:	05/09/2021, 2:49 pm
Autor del estudio:	SB
Resumen:	

### ☐ Información del proyecto (iProperties)

#### ☐ Resumen

#### ☐ Proyecto

Número de pieza	Gancho escalera plegable
Número de revisión	ALGUNA
Diseñador	SG
Costo	\$ 0
fecha de creacion	24/04/2021

#### ☐ Estado

Estado de diseño	Trabajo en progreso
------------------	---------------------

#### ☐ Físico

Material	Acero ASTM A36
Densidad	0,283599 lbmass / in ^ 3
Masa	0,520572 libras de masa
Área	11238,7 mm ^ 2
Volumen	30079,9 mm ^ 3
Centro de gravedad	x = -25,3102 mm y = -27,5628 mm z = 30 mm

Nota: Los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por FEA que se indican a continuación.



## Análisis estático: 1

 **Material(s)**

Name	Steel ASTM A36	
General	Mass Density	0,283599 lbmass/in <sup>3</sup>
	Yield Strength	36001,9 psi
	Ultimate Tensile Strength	58000,6 psi
Stress	Young's Modulus	29001,6 ksi
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	11154,5 ksi
Part Name(s)	Gancho escalera plegable.ipt	

 **Operating conditions**  Force:1

Load Type	Force
Magnitude	1216,958 lbforce
Vector X	909,566 lbforce
Vector Y	808,503 lbforce
Vector Z	0,000 lbforce

 **Selected Face(s)**


## ▣ Results

### ▣ Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	1216,96 lbf	-909,566 lbf	53,0748 lbf ft	0 lbf ft
		-808,503 lbf		0 lbf ft
		0 lbf		53,0748 lbf ft

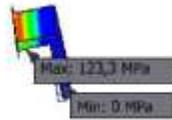
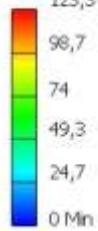
### ▣ Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	30080 mm <sup>3</sup>	
Mass	0,520572 lbf	
Von Mises Stress	0,00478681 MPa	123,318 MPa
1st Principal Stress	-39,0052 MPa	149,182 MPa
3rd Principal Stress	-142,718 MPa	40,2264 MPa
Displacement	0 mm	0,136457 mm
Safety Factor	2,01289 ul	15 ul
Stress XX	-141,29 MPa	136,723 MPa
Stress XY	-63,451 MPa	13,0089 MPa
Stress XZ	-22,9173 MPa	24,7179 MPa
Stress YY	-40,4044 MPa	64,0469 MPa
Stress YZ	-12,7755 MPa	22,4117 MPa
Stress ZZ	-54,5083 MPa	53,4511 MPa
X Displacement	-0,123533 mm	0,00934865 mm
Y Displacement	0 mm	0,0580761 mm
Z Displacement	-0,0011699 mm	0,00116367 mm
Equivalent Strain	0,000000211548 ul	0,000550302 ul
1st Principal Strain	0,000000138114 ul	0,000642485 ul
3rd Principal Strain	-0,000620817 ul	-0,0000000924092 ul
Strain XX	-0,00059784 ul	0,000555227 ul
Strain XY	-0,000412516 ul	0,0000845752 ul
Strain XZ	-0,000148993 ul	0,000160699 ul
Strain YY	-0,000221918 ul	0,000244762 ul
Strain YZ	-0,0000830577 ul	0,000145706 ul
Strain ZZ	-0,000146692 ul	0,000164354 ul

### ▣ Figures

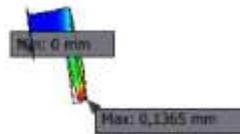
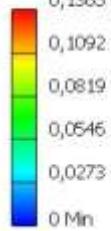
## ☐ Von Mises Stress

Type: Von Mises Stress  
Unit: MPa  
9/05/2021, 2:49:40 p. m.  
123,3 Max



## ☐ Displacement

Type: Displacement  
Unit: mm  
9/05/2021, 2:49:44 p. m.  
0,1365 Max



## Safety Fa

Type: Safety Factor

Unit: ul

9/05/2021, 2:49:43 p. m.

