



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE MECÁNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN REMOLQUE TIPO PLATAFORMA CAMA
ALTA DE TRES EJES CON CAPACIDAD DE 24 TONELADAS ACOPLABLE A
UN TRACTO CAMIÓN PARA LA COMPAÑÍA DE CARGA PESADA
“ROJASCOM S.A.”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingenieros Mecánico

AUTORES: NARDI JORDAN ROJAS VALLEJO

JUAN ANDRÉS IZA OÑA

TUTOR: ING. WILLIAM DÍAZ DÁVILA

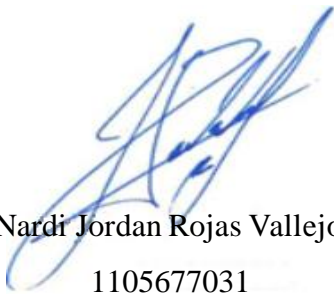
QUITO-ECUADOR 2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Nardi Jordan Rojas Vallejo con documento de identificación N° 1105677031 y Juan Andrés Iza Oña, con documento de identificación N°1722813175; manifestamos que:
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 05 de marzo de 2024

Atentamente,



Nardi Jordan Rojas Vallejo
1105677031



Juan Andrés Iza Oña
1722813175

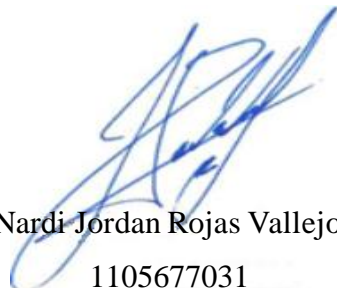
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Nardi Jordan Rojas Vallejo con documento de identificación N° 1105677031 y Juan Andrés Iza Oña, con documento de identificación N°1722813175, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN REMOLQUE TIPO PLATAFORMA CAMA ALTA DE TRES EJES CON CAPACIDAD DE 24 TONELADAS ACOPLABLE A UN TRACTO CAMIÓN PARA LA COMPAÑÍA DE CARGA PESADA “ROJASCOM S.A.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 05 de marzo de 2024

Atentamente,



Nardi Jordan Rojas Vallejo
1105677031



Juan Andrés Iza Oña
1722813175

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, William Gustavo Díaz Dávila con documento de identificación N°0400926184, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN REMOLQUE TIPO PLATAFORMA CAMA ALTA DE TRES EJES CON CAPACIDAD DE 24 TONELADAS ACOPLABLE A UN TRACTO CAMIÓN PARA LA COMPAÑÍA DE CARGA PESADA “ROJASCOM S.A.”, realizado por Nardi Jordan Rojas Vallejo con documento de identificación N°1105677031 y Juan Andrés Iza Oña con documento de identificación N°1722813175, obtenido como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuesta Tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 05 de marzo de 2024

Atentamente,



Ing. William Gustavo Díaz Dávila

0400926184

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Nardi y Shesi, que han sabido apoyarme y guiarme para seguir adelante, a mis hermanas Andrea y Karen que siempre me han brindado su cariño y confianza incondicionalmente, a mis sobrinas Kiara y Skyler que son el futuro de nuestra familia y que este trabajo sirva de ejemplo para ellas y sepan seguir por el camino del bien. A Diana Gisselle que ha sabido estar conmigo en los momentos más difíciles y siempre me ha apoyado en las decisiones que he tomado a lo largo de este recorrido. También dedicar este trabajo a quienes conformamos la Compañía de Carga Pesada ROJASCOM S.A. que de alguna manera han ayudado en la elaboración de este trabajo y han sido parte de este camino tan hermoso y complicado. También dedicar este trabajo especialmente a mí, que gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo de la vida se ha podido concluir y a pesar de los difíciles momentos nunca rendirse y siempre estar con la frente en alto.

A todos ustedes dedico este trabajo.

Nardi Jordan Rojas Vallejo

En este emotivo capítulo de mi trayectoria académica, deseo expresar y dedicar este esfuerzo a las mujeres excepcionales que han dejado una huella imborrable en mi viaje.

A mi amada madre, faro de amor y sabiduría; a mi hermana, cómplice y confidente; y a mi pequeña sobrina, fuente constante de alegría e inspiración. A mi valioso padre, cuya sabiduría, paciencia y apoyo constante han sido mi roca. Este logro, dedicado con amor, es también su legado en mi trayectoria académica y a mis queridos amigos de esta travesía académica, su amistad ha sido un bálsamo en los momentos desafiantes y ha hecho que este camino sea más significativo. Sus palabras de aliento y risas compartidas han convertido los desafíos en logros compartidos.

Esta culminación es dedicada con profundo cariño A mi amada familia y con gratitud, dedico este logro a quienes han iluminado mi camino amigos y docentes.

Juan Andrés Iza Oña

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme vivir y continuar con los propósitos establecidos, agradezco a mi papa Nardi por enseñarme a trabajar, por todos sus consejos y por darme la confianza que se necesita para triunfar en esta vida, a mi mama Shesi agradezco por enseñarme los valores que debe tener una persona correcta, a mis hermanas Karen y Andrea les agradezco por siempre ayudarme y preocuparse por mi durante todo este proceso. Agradezco a Diana Gisselle por su cariño y apoyo en estos largos años, por siempre estar en los buenos y malos momentos. También agradecer a mis amigos que durante toda la carrera han sido de gran apoyo para lograr este tan anhelado sueño, quiero agradecer a mi persona, por levantarse cada día a pesar de que hubo días en los que ya no se podía más, especialmente agradecer cuando teníamos todo en contra y no nos rendimos.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por formar parte de mi vida y contribuir a este logro.

Nardi Jordan Rojas Vallejo

En este emotivo capítulo de mi trayectoria académica, deseo expresar y dedicar este esfuerzo a las mujeres excepcionales que han dejado una huella imborrable en mi viaje.

A mi amada madre, faro de amor y sabiduría; a mi hermana, cómplice y confidente; y a mi pequeña sobrina, fuente constante de alegría e inspiración. A mi valioso padre, cuya sabiduría, paciencia y apoyo constante han sido mi roca. Este logro, dedicado con amor, es también su legado en mi trayectoria académica y a mis queridos amigos de esta travesía académica, su amistad ha sido un bálsamo en los momentos desafiantes y ha hecho que este camino sea más significativo. Sus palabras de aliento y risas compartidas han convertido los desafíos en logros compartidos.

Esta culminación es dedicada con profundo cariño A mi amada familia y con gratitud, dedico este logro a quienes han iluminado mi camino amigos y docentes.

Juan Andrés Iza Oña

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	3
Antecedentes	3
Planteamiento del problema.....	3
Grupo objetivo	4
Justificación	4
Objetivos.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos	5
Metodología	5
Descripción breve del contenido de los capítulos.....	6
1. CAPÍTULO I	8
MARCO TEÓRICO.....	8
1.1. Estado del arte	8
1.2. Transporte.....	8
1.2.1. Transporte y logística en la industria de carga pesada.....	9
1.2.2. Importancia de la logística en el transporte de carga pesada	10
1.3. Tractocamión.....	10
1.4. Remolque	11
1.4.1. Semirremolque.....	11
1.5. Tipos de semirremolques	12
1.5.1. Semirremolque plataforma cama alta	12
1.5.2. Semirremolque plataforma baranda.....	12
1.5.3. Semirremolque plataforma plana postes	13

1.5.4.	Semirremolque plataforma extensible	13
1.5.5.	Semirremolque cortinas doble plataforma	13
1.5.6.	Semirremolque refrigerado	14
1.5.7.	Semirremolque plataforma baja.....	14
1.5.8.	Semirremolque portacontenedores.....	15
1.6.	Límites de peso por eje.....	15
1.7.	Requisitos y regulaciones para remolques de carga pesada.....	16
1.8.	Determinación de cargas	16
1.8.1.	Cargas muertas o estáticas	17
1.8.2.	Cargas vivas o dinámicas.....	17
1.8.3.	Cargas accidentales	17
1.9.	Elementos del semirremolque cama alta.....	18
1.9.1.	Bastidor	18
1.9.2.	Suspensión	19
1.9.3.	Sistema de frenos	20
1.9.4.	Frenos neumáticos	20
1.9.5.	Elementos de frenado: frenos de tambor	21
1.9.6.	Neumáticos	22
1.9.7.	Rines o aros.....	22
1.9.8.	King pin	23
1.9.9.	Patines (tren de aterrizaje)	23
1.9.10.	Ejes.....	24
1.9.11.	Tipos de ejes.....	25
1.9.12.	Quinta rueda	26
1.9.13.	Pulmones de freno	27
1.9.14.	Sistema de luces	27
2.	CAPÍTULO II.....	29

2.1.	Selección del tipo de plataforma cama alta.....	29
2.2.	Especificaciones de la plataforma.....	29
2.2.1.	Parámetros funcionales.....	30
2.2.2.	Capacidad de carga.....	30
2.2.3.	Pesos y medidas.....	31
2.3.	Estudio de alternativas.....	31
2.4.	Tabla de alternativas.....	32
2.4.1.	Alternativa 1.....	32
2.4.2.	Alternativa 2.....	33
2.4.3.	Alternativa 3.....	34
2.5.	Método de selección.....	35
2.5.3.	Seguridad.....	36
2.5.4.	Funcionalidad.....	37
2.5.5.	Versatilidad.....	37
2.5.6.	Costo de fabricación.....	38
2.5.7.	Facilidad de fabricación.....	38
2.5.8.	Costos de mantenimiento.....	39
2.5.9.	Facilidad de operación.....	40
2.6.	Ponderación de parámetros.....	41
2.7.	Evaluación de resultados.....	41
3.	CAPÍTULO III.....	43
3.1.	Determinación de cargas.....	43
3.1.1.	Carga muerta.....	43
3.1.2.	Carga transportada.....	44
3.1.3.	Carga viva.....	45
3.1.4.	Cargas accidentales.....	45
3.1.5.	Cargas según el punto de aplicación.....	47

3.2.	Condiciones de trabajo	48
3.2.1.	Apreciación de las condiciones de trabajo	48
3.3.	Diseño de base de giro y enganche king pin – quinta rueda	50
3.3.1.	Diseño estático de la base de giro	52
3.3.2.	Diseño dinámico de la base de giro	53
3.4.	Diseño de soportes para la base de giro	56
3.5.	Diseño de travesaños	57
3.6.	Representación gráfica de resultados en los escenarios para la viga principal	60
3.6.1.	Escenario 1	60
3.6.2.	Escenario 2	63
3.6.3.	Escenario 3	65
3.6.4.	Escenario 4	67
3.7.	Simulación de la estructura	69
3.7.2.	Escenario 1	70
3.7.3.	Escenario 2	73
3.7.4.	Escenario 3	75
3.7.5.	Escenario 4	77
4.	CAPÍTULO IV	79
4.1.	Costos directos	79
4.1.1.	Material estructural	79
4.1.1.	Elementos del semirremolque	80
4.1.2.	Mano de obra directa	80
4.1.3.	Costo directo total	81
4.2.	Costos indirectos	81
4.2.1.	Materiales indirectos	81
4.2.2.	Mano de obra indirecta	82
4.2.3.	Costo indirecto total	82

4.3. Costos totales.....	83
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES.....	86
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	94
Pesos y dimensiones	94
Proforma referencial	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Transporte de carga pesada ROJASCOM S.A.....	9
Figura 2. Tractocamión Actros 3353 S Mercedes Benz	10
Figura 3. Imagen de un semirremolque y un remolque	12
Figura 4. Plataforma cama alta	12
Figura 5. Semirremolque plataforma baranda	13
Figura 6. Semirremolque plataforma plana postes	13
Figura 7. Semirremolque plataforma extensible.....	13
Figura 8. Semirremolque cortinas doble plataforma	14
Figura 9. Semirremolque refrigerado	14
Figura 10. Semirremolque plataforma baja	14
Figura 11. Semirremolque portacontenedores	15
Figura 12. Bastidor	18
Figura 13. Sistemas de suspensión mecánica SAF VB con suspensión parabólica de 3 capas para aplicaciones estándar	19
Figura 14. Suspensión neumática	20
Figura 15. Sistema de frenos neumáticos de un vehículo de carga pesada [34].....	21
Figura 16. Freno de tambor.....	21
Figura 17. Neumáticos modelo Vigorous TD700	22
Figura 18. Aros COSMO-BETTER	23
Figura 19. King pin	23
Figura 20. Patines o tren de aterrizaje.....	24
Figura 21. Ejes	24

Figura 22. Peso máximo del eje simple	25
Figura 23. Peso de un eje de 12 neumáticos	25
Figura 24. Eje retráctil	26
Figura 25. Quinta rueda del tractocamión	27
Figura 26. Pulmones de freno	27
Figura 27. Plataforma fija simple	33
Figura 28. Plataforma con mampara desacoplable	34
Figura 29. Plataforma con barandas laterales abatibles desmontables	35
Figura 30. Plataforma con parantes laterales para el transporte de tubería	35
Figura 31. Cargas puntuales aplicadas al semirremolque.....	47
Figura 32. Cargas distribuidas aplicadas al semirremolque	48
Figura 33. Carga distribuida en escenario 1	49
Figura 34. Carga distribuida en escenario 2	49
Figura 35. Carga distribuida en escenario 3	49
Figura 36. Carga distribuida en escenario 4	50
Figura 37. Dimensiones de la base de giro	50
Figura 38. distribución de las cargas horizontales y verticales.....	51
Figura 39. Línea de Goodman modificada	54
Figura 40. Soportes para la base de giro	56
Figura 41. Análisis estático de la tensión de Von Mises	57
Figura 42. Esquema de travesaños.....	57
Figura 43. Factor de seguridad del travesaño en la sección entre la viga principal.....	59
Figura 44. Factor de seguridad para el travesaño en voladizo.....	60
Figura 45. Esquema de la viga principal.....	60
Figura 46. Tensión	61
Figura 47. Desplazamiento	62
Figura 48. Factor de seguridad	63
Figura 49. Tensión	63
Figura 50. Desplazamiento	64
Figura 51. Factor de seguridad	65
Figura 52. Tensión	65
Figura 53. Desplazamiento	66
Figura 54. Factor de seguridad	67
Figura 55. Tensión	67

Figura 56. Desplazamiento	68
Figura 57. Factor de seguridad	69
Figura 58. Tensión	70
Figura 59. Desplazamiento	71
Figura 60. Factor de seguridad	72
Figura 61. Tensión	73
Figura 62. Desplazamiento	74
Figura 63. Factor de seguridad	74
Figura 64. Tensión	75
Figura 65. Desplazamientos.....	76
Figura 66. Factor de seguridad	76
Figura 67. Tensión	77
Figura 68. Desplazamiento	78
Figura 69. Factor de seguridad	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de peso por eje	15
Tabla 2. Categoría y subcategoría de tracto camión y plataforma	16
Tabla 3. Iluminación en el semirremolque	28
Tabla 4. Pesos y medidas	31
Tabla 5. Alternativas	32
Tabla 6. Métodos de selección.....	36
Tabla 7. Evaluación de la seguridad	36
Tabla 8. Evaluación de la funcionalidad.....	37
Tabla 9. Evaluación de la versatilidad	37
Tabla 10. Evaluación del costo de fabricación	38
Tabla 11. Facilidad de fabricación.....	39
Tabla 12. Evaluación de costos de mantenimiento.....	40
Tabla 13. Evaluación de facilidad de operación	40
Tabla 14. Ponderación de parámetros	41
Tabla 15. Evaluación de resultados.....	41
Tabla 16. Pesos de la estructura	43
Tabla 17. Pesos de los componentes de la plataforma.....	44
Tabla 18. Precios de los materiales estructurales.....	79

Tabla 19. Elementos del semirremolque.....	80
Tabla 20. Costo mano de obra directa.....	80
Tabla 21. Desagregación de los costos directos.....	81
Tabla 22. Costo de materiales indirectos	82
Tabla 23. Costos de elaboración	82
Tabla 24. Desagregación de los costos indirectos.....	82
Tabla 25. Costos totales	83

RESUMEN

En el marco del presente trabajo de titulación, se realizaron actividades de diseño y simulación de un remolque tipo plataforma cama alta, concebido para acoplarse a un tractocamión, mediante el empleo de software especializado. El objetivo de esta iniciativa fue optimizar el transporte en la empresa ROJASCOM S.A. Cabe destacar que el diseño de la plataforma se ejecutó con rigor según las normativas definidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB).

La estructura fue conceptualizada para soportar una carga de 24 000 [kg] y en función de este requisito se determinaron las dimensiones específicas. La longitud de la estructura se fijó en 12.20 [m], el ancho en 2.54 [m] y la altura se calculó considerando el acoplamiento al tractocamión, alcanzando los 3.17 [m]. Estas dimensiones fueron seleccionadas cuidadosamente para cumplir con las normativas preestablecidas.

En el proceso de diseño, se optó por emplear acero estructural ASTM A-36 y se llevaron a cabo investigaciones en el mercado local con el objetivo de obtener costos competitivos para los materiales necesarios. Tras un análisis, se estimó que el costo total de fabricación se sitúa en aproximadamente 22 475.20 dólares. Este enfoque integral, desde el diseño hasta la estimación de costos, refleja la meticulosidad y la conformidad con las normativas aplicables en la concepción de esta solución para la optimización del transporte.

Palabras clave: tractocamión, estructura, transporte, plataforma, diseño, simulación.

ABSTRACT

Within the framework of this degree project, design and simulation activities were carried out for a high-bed trailer, designed to be coupled to a tractor-trailer, using specialized software. The objective of this initiative was to optimize transportation in the company ROJASCOM S.A. It should be noted that the design of the platform was rigorously executed according to the standards defined by the Ministerio de Transporte y Obras Publicas (MTOPE).

The structure was conceptualized to support a load of 24,000 [kg], and the specific dimensions were determined based on this requirement. The length of the structure was set at 12.20 [m], the width at 2.54 [m], and the height was calculated considering the coupling to the tractor-trailer, reaching 3.17 [m]. These dimensions were carefully selected to comply with the pre-established standards.

In the design process, ASTM A-36 structural steel was chosen, and extensive research was carried out in the local market in order to obtain competitive costs for the required materials. After detailed analysis, the total fabrication cost was estimated at about \$22,475.20. This comprehensive approach, from design to cost estimation, reflects the meticulousness and compliance with applicable regulations in the design of this transportation optimization solution.

Keywords: tractor-trailer, structure, transportation, platform, design, simulation.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En Ecuador el transporte de carga en semirremolques carece de estudios técnicos previos para el diseño y construcción, ya que se realizan de forma empírica, es decir, los diseños se basan en la experiencia y conocimiento del fabricante, sin la aplicación de ingeniería, por tal motivo esta ausencia de estudios técnicos puede comprometer la seguridad del conductor, así como también al resto de personas que transitan por las calles y carreteras.

En la industria del transporte pesado uno de los tipos de movilización de bienes es por medio de semirremolques de plataforma de tipo cama alta, ya que estas permiten transportar una gran variedad de mercancías, incluyendo tuberías, pellets, contenedores y otros. Estos semirremolques pueden transportar cargas de hasta 24 toneladas, lo que los hace ideales para el transporte de grandes volúmenes, además de que por su diseño permite la carga y descarga de la mercancía, lo que reduce los tiempos de operación. Además, en la industria petrolera este tipo de vehículos sirve para la movilización de equipos para los pozos de perforación.

El diseño y simulación permite tener una idea clara y un prototipo en el cual basarse para la construcción de plataformas tipo cama alta, además, es posible optimizar las dimensiones, la estructura y los materiales del semirremolque para garantizar su resistencia, durabilidad y seguridad, incluso permite identificar y corregir errores en el diseño antes de la construcción, finalmente, la simulación permite evaluar el comportamiento del semirremolque en diferentes escenarios de trabajo, lo que ayuda a mejorar su calidad y rendimiento.

Planteamiento del problema

ROJASCOM S.A. una compañía líder en el transporte de cargas voluminosas, enfrenta un desafío para optimizar sus operaciones logísticas. Para ello, han decidido desarrollar un remolque tipo plataforma cama alta de tres ejes con capacidad de 24 toneladas. Este proyecto de diseño y simulación busca mejorar la eficiencia de ROJASCOM S.A. El remolque estará diseñado para transportar cargas altas y voluminosas, manteniendo la estabilidad y seguridad durante el transporte. Se realizarán simulaciones para evaluar su comportamiento en diferentes condiciones, como terrenos irregulares o curvas pronunciadas. Este es un trabajo importante que requiere atención a los detalles y conocimientos técnicos en ingeniería, debido a que la simulación es una herramienta importante para prever y evaluar diferentes escenarios y optimizar el diseño del remolque antes de su construcción.

En primer lugar, es importante destacar que el traslado de mercancías de gran peso es una labor que demanda una atención y precaución considerable, dado que cualquier equivocación podría acarrear consecuencias serias, tanto para la empresa de transporte como para la seguridad del conductor.

Grupo objetivo

El principal beneficiario es la compañía de carga pesada "ROJASCOM S.A." debido a que poseerán una ventaja significativa en cuanto a eficacia operativa y cumplimiento de las normativas, debido a que se ampliará su capacidad de transporte, lo que se traducirá en un aumento de la rentabilidad.

Justificación

El proyecto de diseño y simulación de un remolque tipo plataforma cama alta de tres ejes con capacidad de 24 toneladas para la compañía de carga pesada "ROJASCOM S.A." es de gran importancia para la empresa y para la industria en general. Por esta razón, el uso de la simulación en el proceso de diseño del remolque es fundamental, ya que permite identificar y resolver posibles problemas antes de la construcción del prototipo, lo que reduce los costos y los tiempos de producción, así como los riesgos de fallas en la operación del remolque.

Además, el diseño del remolque debe cumplir con las leyes y normativas de transporte vigentes, así como con los estándares de seguridad y calidad, lo que garantiza la protección de la carga, la protección de los conductores y otros usuarios de las carreteras.

En cuanto a la importancia para la compañía "ROJASCOM S.A.", la adquisición de un remolque de estas características le permitirá ampliar su amplitud de transporte y mejorar su competitividad en la industria de cargas de gran peso, lo que se traducirá en un aumento de la rentabilidad y la sostenibilidad del negocio.

El trabajo de diseño y simulación de un remolque tipo plataforma cama alta de tres ejes con capacidad de 24 toneladas para la compañía de carga pesada "ROJASCOM S.A." es importante tanto a nivel corporativo como en la industria en general, ya que permitirá optimizar la seguridad, la eficiencia y la competitividad en el transporte de cargas pesadas.

Con este proyecto, ROJASCOM S.A. pretende consolidar su presencia en el mercado de carga pesada, ofreciendo soluciones logísticas eficientes y confiables. Se espera que este remolque innovador mejore la eficiencia y disminuya los gastos operativos de la compañía.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar y simular un remolque tipo plataforma cama alta de tres ejes con capacidad de 24 toneladas acoplable a un tracto camión para la compañía de carga pesada “ROJASCOM S.A.”

Objetivos específicos

- Establecer la situación actual del comportamiento de los remolques tipo plataforma cama alta para el transporte de carga pesada en el país.
- Determinar los parámetros de diseño del remolque que cumpla con las normativas nacionales.
- Identificar una alternativa viable de diseño para el remolque tipo plataforma cama alta de tres ejes con 24 toneladas de capacidad.
- Diseñar el remolque tipo plataforma cama alta de tres ejes con 24 toneladas de capacidad.
- Validar el desempeño de funcionamiento del remolque mediante un software especializado.
- Analizar la factibilidad financiera del diseño, aplicado al remolque tipo plataforma cama alta mediante un estudio técnico económico.

Metodología

1. Revisión de la literatura:

- Explorar la literatura relevante acerca de remolques tipo plataforma cama alta y su diseño, normativas viales, cargas permitidas y seguridad en el transporte de carga pesada.
- Identificar estudios previos relacionados con el diseño y simulación de remolques de características similares.

2. Investigación de campo:

- Recopilar información y datos actuales sobre el comportamiento y las necesidades de la compañía de carga pesada "ROJASCOM S.A." en cuanto a remolques y transporte de carga pesada.

3. Establecimiento de especificaciones del diseño:

- Definir las especificaciones técnicas y funcionales requeridas para el remolque, incluyendo dimensiones, capacidad de carga, requisitos de seguridad y cumplimiento de normativas.

4. Selección de alternativas de diseño:

- Identificar diferentes alternativas de diseño para el remolque de plataforma cama alta de tres ejes con capacidad de 24 toneladas.
- Evaluar cada alternativa en función de las especificaciones establecidas y las necesidades de "ROJASCOM S.A. "

5. Diseño y simulación:

- Utilizar software especializado para llevar a cabo el diseño detallado del remolque, incluyendo aspectos estructurales y mecánicos.
- Realizar simulaciones para evaluar el desempeño del remolque en diferentes condiciones de carga y escenarios de uso.

6. Validación del diseño:

- Realizar análisis y simulación estructural para validar el diseño del remolque.
- Asegurarse de que cumple con las normativas viales y de seguridad.

7. Estudio técnico-económico:

- Evaluar la factibilidad financiera del diseño del remolque, considerando los gastos asociados a manufactura, mantenimiento y operación.
- Realizar un estudio de costo-efectividad para evaluar la factibilidad financiera del proyecto.

Descripción breve del contenido de los capítulos

Capítulo I

En esta sección se desglosan conceptos fundamentales para la aprehensión del proyecto de titulación en cuestión. Se presentan precisiones acerca de remolques y semirremolques, así como detalladas descripciones de los elementos constitutivos de un semirremolque. Asimismo, se abordan las diversas cargas a las cuales esta estructura estará expuesta.

Capítulo II

En el Capítulo II, se procederá a la elección de la alternativa más idónea, considerando las restricciones y limitaciones inherentes al proceso de diseño. Con la principal finalidad de satisfacer los requerimientos particulares de la empresa ROJASCOM S.A. se expondrán tres alternativas de diseño. A través de un proceso de evaluación y clasificación, se seleccionará la

opción que mejor se ajuste a las condiciones de diseño estipuladas por la referida empresa, asegurando así la consonancia óptima con sus requisitos y objetivos.

Capítulo III

El tercer capítulo se enfoca en una exposición de las cargas que impactarán en la estructura, proporcionando una visión detallada de los cuatro escenarios operativos a los cuales la plataforma podría verse sometida. Adicionalmente, se realiza un análisis matemático de ciertos componentes que conforman la estructura, respaldado por simulaciones efectuadas mediante software CAD. Estas simulaciones abarcan todos los escenarios operativos previamente delineados y arrojan resultados detallados sobre tensiones, desplazamientos y el factor de seguridad asociado. Este proceso tiene como finalidad validar el diseño propuesto para la propuesta tecnológica, asegurando la robustez y confiabilidad de la estructura ante las diversas condiciones de carga contempladas.

Capítulo IV

La cuarta sección del estudio se enfoca en examinar costos asociados a la propuesta tecnológica en cuestión. Se presenta una descomposición detallada de los costos directos, abarcando tanto los precios específicos del material estructural como de los elementos constituyentes del semirremolque. Paralelamente, se contemplan los costos indirectos, incorporando factores como las horas dedicadas a la concepción y elaboración de la propuesta tecnológica. Esta metodología integral y técnica ofrece una evaluación de la sostenibilidad económica de la propuesta, brindando información esencial para la formulación de decisiones estratégicas vinculadas a la ejecución del proyecto.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1.Estado del arte

En este capítulo actual se detallará el ámbito relacionado a la ingeniería mecánica, el diseño y simulación de un remolque tipo plataforma cama alta de tres ejes, con una capacidad de carga de 24 toneladas, el cual representa un desafío crucial para potenciar la eficacia y salvaguardar la seguridad en el transporte de mercancías pesadas. Este proyecto se concentra principalmente en el diseño y desarrollo de un remolque que satisfaga las normativas de calidad y seguridad predefinidas por "ROJASCOM S.A."

Utilizando técnicas avanzadas de simulación, se buscará optimizar la distribución de peso, el rendimiento aerodinámico y la estabilidad del remolque durante el transporte de cargas voluminosas. Además, se considerarán aspectos claves como la resistencia estructural.

La combinación de análisis teóricos y simulaciones detalladas permitirá garantizar que el diseño sea eficiente en términos energéticos y al mismo tiempo, brinde seguridad al conductor. Este enfoque innovador en el diseño de remolques pesados busca no solo satisfacer las necesidades de "ROJASCOM S.A.", sino también contribuir a la sostenibilidad y eficiencia en el transporte de carga pesada en general.

1.2.Transporte

El transporte es un concepto fundamental en la vida moderna y la economía global. El término "transporte" alude a la totalidad de acciones destinadas a cubrir las necesidades asociadas con el intercambio de bienes o el desplazamiento de personas.

La palabra transporte, derivada de "trans" (al otro lado) y "portare" (llevar), puede entenderse como la acción de llevar algo de un lugar a otro, tales como pasajeros o materiales [1]. Es decir, la palabra "transporte" se utiliza de manera equivalente para describir el proceso, los métodos y los sistemas que facilitan el movimiento de los objetos que tienen importancia en el ámbito social [2].

Uno de los componentes necesarios de la sociedad es el transporte, debido a que contribuye al funcionamiento del comercio, la movilidad de las personas y la distribución eficiente de recursos [3].

A lo largo de la historia, el transporte ha evolucionado considerablemente y los tractocamiones han sido un pilar clave en esta evolución. Desde la antigüedad, cuando las personas utilizaban la tracción animal para mover objetos grandes, hasta hoy en día cuando las unidades de

transporte de mercancías de gran tonelaje desempeñan esta tarea, el progreso del transporte ha presenciado diversos avances tecnológicos.

La Revolución Industrial transformó el transporte al introducir el motor de combustión interna en el siglo XIX. Esto impulsó la creación de camiones de vapor y posteriormente, camiones propulsados por motores de combustión interna en el inicio del siglo XX [4].

En la actualidad, los tractocamiones, también llamados camiones semirremolque o cabezales, se encuentran equipados con motores potentes y tecnología avanzada, los cuales desempeñan un rol vital a nivel mundial en el movimiento de las mercancías y la economía [5].

1.2.1. Transporte y logística en la industria de carga pesada

Moral [6] manifiesta que “la movilización de mercancías representa un elemento esencial en la estructura industrial de cualquier país.”.

El transporte y la logística desempeñan un rol fundamental en la industria de carga pesada, asegurando un flujo eficiente y seguro de bienes en todo el mundo [7] . La eficacia de la cadena de suministro se basa principalmente en la habilidad para administrar de manera efectiva el desplazamiento de mercancías de gran tonelaje, minimizando los tiempos de movilización y optimizando los recursos [8]. En la figura 1 se observa un tractocamión con su semirremolque, una configuración de equipo comúnmente utilizada para el transporte de carga pesada.



Figura 1. Transporte de carga pesada ROJASCOM S.A.

1.2.2. Importancia de la logística en el transporte de carga pesada

La relevancia de la logística en el traslado de cargas de gran tonelaje reside en aumentar la eficiencia operativa y la rentabilidad en estas operaciones. En otras palabras, la logística abarca las acciones y operaciones que posibilitan la movilización y la distribución de insumos. Es importante señalar que no abarca los procesos de fabricación del producto [9].

La logística eficaz no solo implica la supervisión eficiente de la mercadería, sino también la coordinación precisa de los trayectos, la planificación de horarios y la minimización de costos de transporte, de tal manera que se destaca la necesidad de contar con proveedores que posean los equipos requeridos para realizar las actividades de las empresas contratantes [10].

1.3. Tractocamión

Un tractocamión, conocido también como camión tractor o cabezal, es un vehículo que moviliza carga pesada por una gran distancia [11].

Los tractocamiones son de gran importancia en el transporte, debido a que ofrecen versatilidad para movilizar diversos tipos de productos, desde alimentos y productos químicos hasta maquinaria y materiales de construcción.

Estos vehículos están diseñados para brindar potencia y rendimiento, con motores de gran fuerza y sistemas de suspensión avanzados que les permiten lidiar con cargas pesadas y viajar a largas distancias. Dada su importancia en la logística y el comercio, los tractocamiones son una parte fundamental de la economía global, permitiendo el flujo eficiente de bienes en todo el mundo [12]. La figura 2 representa gráficamente un tractocamión.



Figura 2. Tractocamión Actros 3353 S Mercedes Benz [13]

1.4.Remolque

El remolque es un vehículo sin motor que sirve para movilizar cargas livianas o pesadas, el cual es arrastrado por otro vehículo. Estos son utilizados para transportar una variedad de cargas, por tal motivo su versatilidad le permite cumplir diversos propósitos.

La Ley de Transporte Terrestre de Tránsito y Seguridad Vial manifiesta que el remolque es “un vehículo sin propulsión propia con ejes delanteros y posteriores, en el que su peso total, con carga incorporada del vehículo es movilizad por un cabezal.” [13].

1.4.1. Semirremolque

Un semirremolque es un vehículo de carga pesada que se utiliza para transportar diversas mercancías en carreteras y autopistas. A diferencia de los remolques tradicionales, los semirremolques, que pueden ser furgón, plataforma, tanque fijo son vehículos sin propulsión propia con ejes posteriores, en los que su carga y peso son respaldados (transmitiéndose parcialmente) en el vehículo que lo moviliza [14].

Estos vehículos están compuestos por una plataforma de carga montada sobre un conjunto de ejes y ruedas y se acoplan a la quinta rueda del camión tractor a través de su parte frontal.

Los semirremolques se caracterizan por su estructura de chasis independiente y ruedas propias, lo que les permite ser remolcados sin requerir un eje delantero, a diferencia de otros tipos de remolques, como los de plataforma fija o caja cerrada.

De acuerdo al uso que se le dé al remolque varía su diseño y la capacidad de carga del mismo. Es decir, para un semirremolque tipo plataforma cama alta de tres ejes con capacidad de 24 toneladas acoplable a un tracto camión, se pretende optimizar la capacidad de carga, así como también la estabilidad del remolque.

Es importante resaltar que los semirremolques deben cumplir con las regulaciones y estándares determinados por el MTOP, mismos que abarcan aspectos como la iluminación, señalización, frenado y estabilidad, con el fin de garantizar la seguridad tanto del conductor como de otros usuarios de la carretera. Por ejemplo, en la figura 3 se muestra un remolque y un semirremolque, donde se evidencia claramente sus diferencias.



Figura 3. Imagen de un semirremolque y un remolque [65].

1.5. Tipos de semirremolques

Estos vehículos sin capacidad motriz que operan en combinación con camiones y tractores poseen una diversidad de carrocerías, entre las que destacan las siguientes:

1.5.1. Semirremolque plataforma cama alta

Es un vehículo especializado y diseñado para movilizar cargas de gran volumen y pesadas a alturas significables sobre el suelo. Al poseer una plataforma elevada es más sencillo transportar equipos, estructuras o materiales que necesitan un espacio extra entre el remolque y el suelo. La figura 4 ilustra una plataforma de cama alta, proporcionando una representación visual de sus características distintivas.

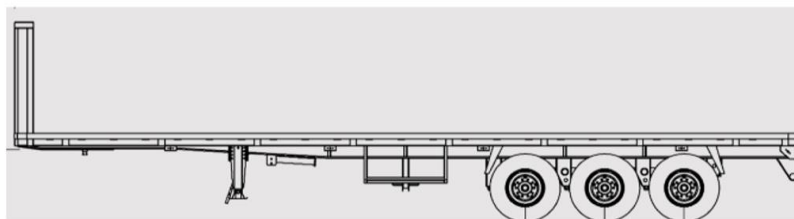


Figura 4. Plataforma cama alta [15]

1.5.2. Semirremolque plataforma baranda

Permite el transporte de mercancías sin cobertura frente a las inclemencias del tiempo, un enfoque ampliamente empleado en diversas aplicaciones, permitiendo una fácil carga y descarga, ilustrado en la figura 5.



Figura 5. Semirremolque plataforma baranda [15]

1.5.3. Semirremolque plataforma plana postes

Es utilizado para el transporte de materiales como tuberías y también en aplicaciones forestales, ilustrado en la figura 6.



Figura 6. Semirremolque plataforma plana postes [15]

1.5.4. Semirremolque plataforma extensible

Este tipo de semirremolque permite el transporte de cargas especialmente largas, debido a que la longitud del semirremolque se adapta a las necesidades de los objetos que se vaya a movilizar, tal como se evidencia en la figura 7.



Figura 7. Semirremolque plataforma extensible [15]

1.5.5. Semirremolque cortinas doble plataforma

Sirve para el transporte de carga general de volumen, debido a que se puede hacer uso efectivo del espacio. En la figura 8 se encuentra una representación del presente tipo de remolque.



Figura 8.Semirremolque cortinas doble plataforma [15]

1.5.6. Semirremolque refrigerado

Permite el transporte de todo tipo de cargas refrigeradas y congeladas debido a su diseño cerrado, lo cual se ilustra en la figura 9.



Figura 9.Semirremolque refrigerado [15]

1.5.7. Semirremolque plataforma baja

El remolque tipo plataforma de cama baja representado en la figura 10, es un vehículo especializado que se utiliza para transportar equipamiento de construcción y soporte industrial, como dozers y grúas, entre otros. Se caracterizan por su plataforma de carga situada a una altura mínima del suelo, lo que facilita el transporte de cargas pesadas y voluminosas. La ventaja de su diseño de baja altura es que reduce la necesidad de inclinación durante la carga y descarga. Estos remolques tienen una función crucial en sectores como construcción, minería y logística con maquinaria pesada [16].



Figura 10. Semirremolque plataforma baja [15]

1.5.8. Semirremolque portacontenedores

Este tipo de semirremolque transporta contenedores sin sobrepeso debido a que no posee una plataforma, tal como se ilustra en la figura 11, la cual no es requerida para esta operación,

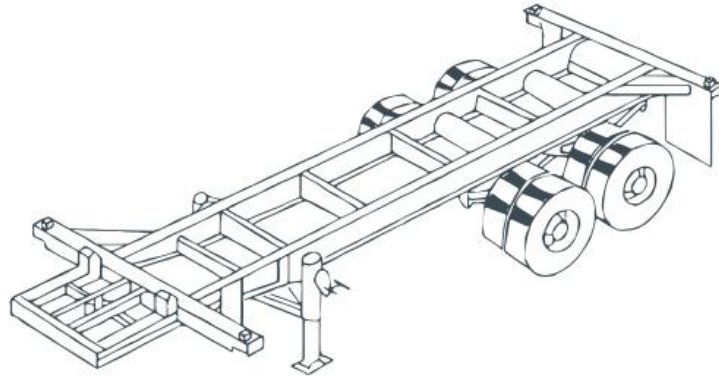
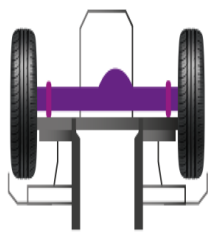
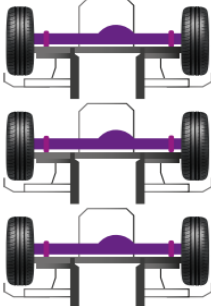
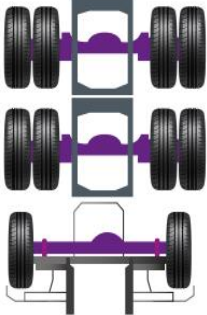
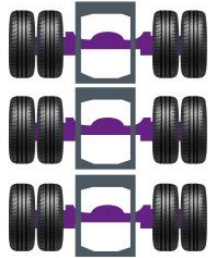


Figura 11. Semirremolque portacontenedores [15]

1.6. Límites de peso por eje

En la tabla 1 se detallan las limitaciones de peso por tipo de eje, tipo de rodado y su límite legal.

Tabla 1. Límites de peso por eje [17]


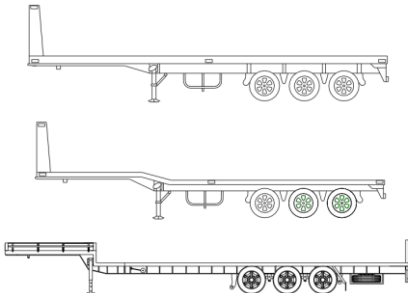
Imagen				
Eje	Simple	Triple	Triple	Triple
Rodado	Simple	Simple	2 dobles + 1 simple	Doble
Límite legal	7 toneladas	19 toneladas	23 toneladas	25 toneladas

1.7. Requisitos y regulaciones para remolques de carga pesada

A través de las normas NTE INEN 2656 se realiza la clasificación vehicular, en la cual se identifica diversas características de diseño y de uso, misma que es aplicada a todos los vehículos de circulación terrestre en Ecuador.

Las categorías y sus respectivas descripciones se muestran en la tabla 2, donde la subcategoría N3 enfatiza en Vehículos que posean su PBV mayor a 12 000 [kg].

Tabla 2. Categoría y subcategoría de tracto camión y plataforma [18]

Subcategoría N3			
Código	Tipo	Imagen	Descripción
TCM	Tracto camión		Es un vehículo específicamente creado para respaldar y remolcar unidades de carga no autopropulsadas, el cual posee 2, 3 o 4 ejes, cuyo Peso Bruto Vehicular Completo (PBVC) excede los 12 000 [kg].
Categoría O			
UCP	Plataforma		Es un vehículo perteneciente a la subcategoría O3 u O4, construido y diseñado con una estructura plana de uno o varios niveles, cuenta con componentes adicionales para asegurar la carga transportada. Este vehículo, de uso general, puede tener una configuración de remolque o semirremolque.

1.8. Determinación de cargas

Es el tipo de carga que va a incidir sobre la estructura del semirremolque, las cuales se clasifican a continuación:

1.8.1. Cargas muertas o estáticas

Este tipo de carga se caracteriza por mantenerse constante en magnitud y en una posición fija a lo largo del período de vida funcional. Estos componentes, que permanecen de forma constante en la estructura, se establecen considerando aspectos como las dimensiones, la tipología de los materiales empleados y los espesores. No obstante, esta información solo se puede obtener tras llevar a cabo un análisis de esfuerzos y determinar los materiales que serán utilizados.

Calcular los valores de las cargas muertas implica tener en cuenta la relación entre peso y volumen del material [19], puesto que se requieren valores reales para llevar a cabo la evaluación de resistencia y seleccionar los materiales de la estructura [20].

$$CM = \text{Carga muerta}$$

1.8.2. Cargas vivas o dinámicas

También llamadas cargas probables, incluyen todas las fuerzas que fluctúan en un mismo ciclo. Se distinguen por ser fuerzas cambiantes en tamaño y ubicación debido a fuerzas internas. Los pesos temporalmente colocados sobre el semirremolque son una fuente común de este tipo de carga [21].

Dichas cargas son aquellas que tienen la capacidad de cambiar tanto de posición como de magnitud, desplazándose por sí mismas, como es el caso de camiones, personas, grúas, entre otros [22].

Esta carga viva produce una influencia que resulta de la suma de la carga transportada y de un excedente de peso equivalente al 10 % de la carga transportada. La inclusión de este sobrepeso se implementa como una medida de seguridad para prevenir potenciales accidentes ocasionados por sobrecargas [23].

1.8.3. Cargas accidentales

Una carga accidental surge de forma ocasional a lo largo de la vida de una estructura y puede alcanzar magnitudes notables. Esta no guarda relación con el funcionamiento normal de la estructura y se manifiesta en intervalos cortos. Estas cargas son independientes de las cargas vivas y muertas, las cuales pueden originarse por influencias climáticas o geográficas a través de fenómenos como la fuerza del viento sobre la estructura [24].

1.8.3.1. Carga de impacto

Este tipo de carga surge de la multiplicación de la carga viva por un factor de choque, con un límite que no debe exceder del 30 %, según las directrices establecidas por AASHTO. Esta

fuerza, de naturaleza transitoria, se ve incidida por las inestabilidades causadas por las deformidades del pavimento durante el desplazamiento. La evaluación precisa de esta carga es crucial en el diseño estructural para anticipar y mitigar los efectos de las cargas dinámicas sobre la integridad de la infraestructura.

La siguiente fórmula determina las cargas de impacto.

$$CIM = 0.3 * CV$$

1.8.3.2. Carga de viento

También conocido como resistencia aerodinámica, constituye una resistencia horizontal que contrarresta el desplazamiento de un objeto, como un vehículo. La carga varía según la ubicación geográfica, destacando su relevancia en zonas montañosas.

1.9. Elementos del semirremolque cama alta

1.9.1. Bastidor

El término "chasis," también conocido como "bastidor," hace alusión a una estructura cuya función principal es establecer una conexión robusta entre el pivote de soporte del king pin y la sección de arrastre del tractocamión, siendo de esta manera el componente principal del semirremolque [25]. Además, sostiene, asegura y une los diversos componentes y grupos mecánicos que conforman el vehículo [26]. En la figura 12 se evidencia el diseño del bastidor.

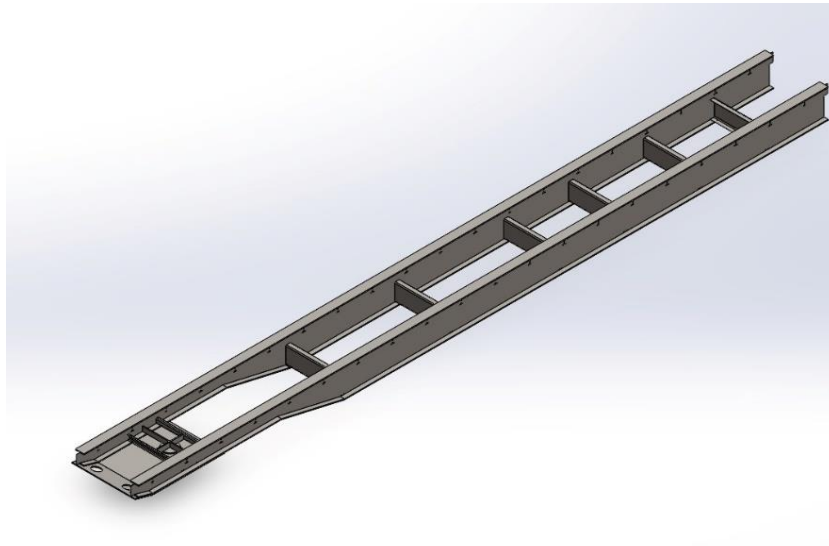


Figura 12. Bastidor

1.9.2. Suspensión

El término "suspensión" se utiliza para describir a los elementos elásticos ubicados entre los componentes suspendidos, como el bastidor, el motor, la carrocería, la carga, entre otros y aquellos que no están suspendidos, como las ruedas, los frenos y los puentes rígidos [27].

El sistema de suspensión desempeña diversas funciones esenciales:

- Sostiene el peso de la carrocería, el bastidor, el motor y la transmisión.
- Absorbe las irregularidades en la carretera y suaviza la experiencia de conducción mediante el uso de resortes y amortiguadores.
- Asegura el contacto constante de las ruedas con la superficie del camino, incluso en presencia de obstáculos.
- Previene el exceso de balanceo o inclinación de la carrocería durante las curvas.
- Evita una inclinación exagerada en la parte delantera del vehículo al frenar.
- Impide un hundimiento excesivo en la parte trasera durante la aceleración.
- Facilita la dirección al permitir que las ruedas delanteras giren [27].

1.9.2.1. Suspensión mecánica

La suspensión mecánica, incorpora elementos como los neumáticos, los resortes y los amortiguadores en su sistema. Se apoya en principios más tradicionales y aprovecha la fuerza de fricción generada entre las láminas. La lámina que se denomina "maestra", contiene extremos curvados que forman un ojal donde se introduce un casquillo de bronce para reducir la fricción y el desgaste [28]. La figura 13 muestra una representación visual de la suspensión mecánica, ilustrando los componentes y la disposición de este sistema fundamental en vehículos de transporte.

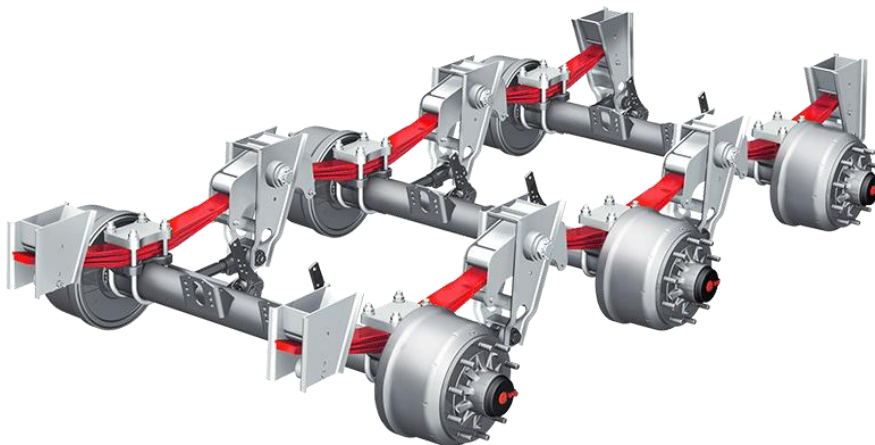


Figura 13. Sistemas de suspensión mecánica SAF VB con suspensión parabólica de 3 capas para aplicaciones estándar [29]

1.9.2.2. Suspensión neumática

Esta variante es un tipo de suspensión ampliamente empleado en vehículos pesados y camiones de gran capacidad de carga [30]. Su característica distintiva reside en que la conexión entre la fuerza y el desplazamiento varía a medida que la carga aumenta, resultando en una rigidez variable. Las suspensiones neumáticas se basan en la compresión de un recipiente elástico que contiene aire a presión, tal como se representa en la figura 14.

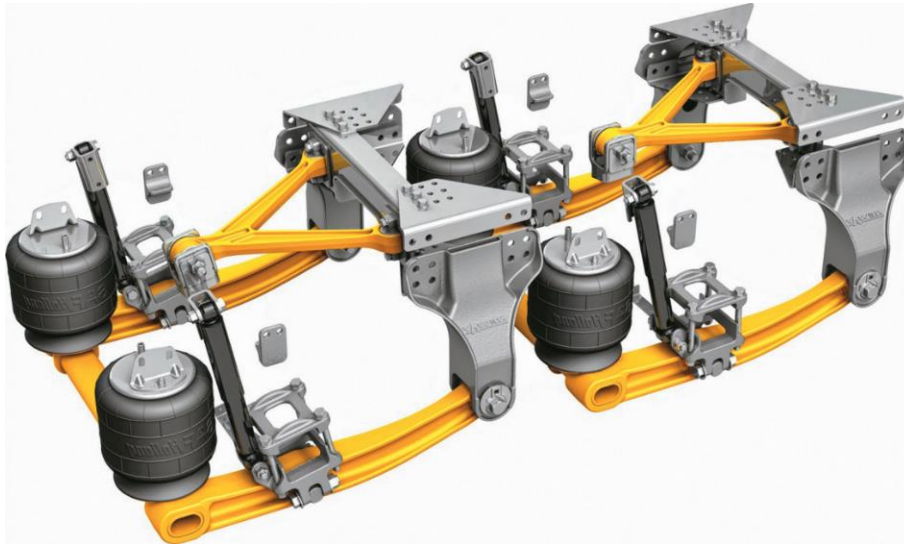


Figura 14. Suspensión neumática [31]

1.9.3. Sistema de frenos

Para lograr que el vehículo detenga su marcha, el sistema de frenos mediante el rozamiento de componente mecánicos logra transformar en calor la energía cinética generada por el movimiento [32].

Los frenos reducen la velocidad del vehículo durante la conducción y si es necesario, detenerlo por completo en espacios limitados al presionar el pedal de freno. Además, conservan el vehículo en una posición estática cuando se encuentra estacionado, eliminando cualquier riesgo de desplazamiento [33] .

1.9.4. Frenos neumáticos

Los vehículos de carga pesada mayoritariamente emplean sistemas de frenos neumáticos o de aire, que emplean aire comprimido para transferir la fuerza ejercida por el operador al freno. La manera en que se logra la reducción gradual y controlada de la velocidad del vehículo o su detención total se asemeja al funcionamiento de un sistema de frenos hidráulicos [34]. De tal manera que en la figura 15 se ilustra una configuración típica de un sistema de frenos neumático empleado en vehículos de carga pesada con cuatro ruedas:

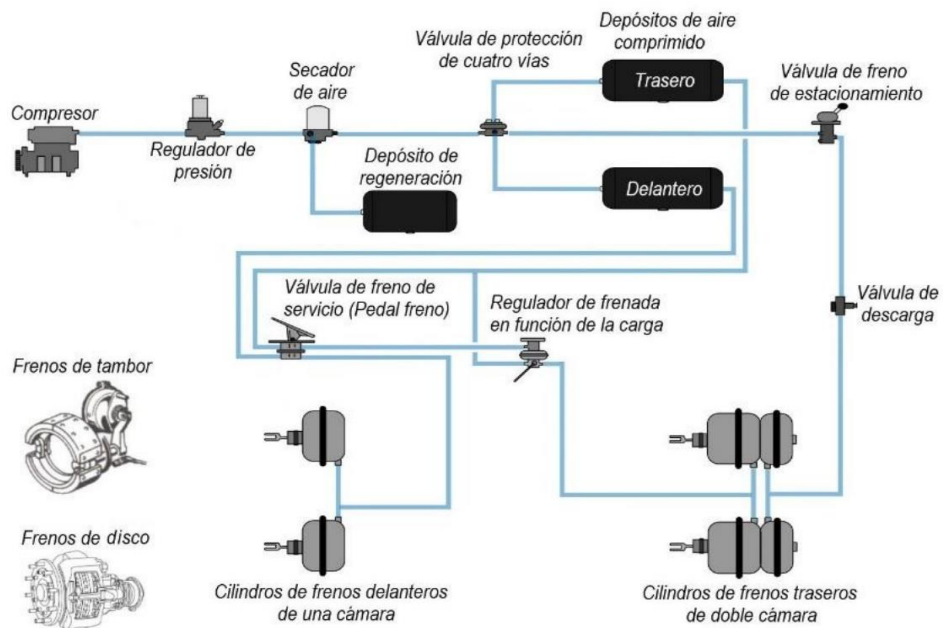


Figura 15. Sistema de frenos neumáticos de un vehículo de carga pesada [34]

1.9.5. Elementos de frenado: frenos de tambor

Los tambores de freno se sitúan en las ruedas traseras y cuando se activan los frenos, el fluido presurizado fluye hacia los cilindros de freno ubicados en los tambores. Estos cilindros empujan las zapatas de freno para que entren en contacto con la superficie interna del tambor, lo cual ayuda a disminuir la velocidad [35]. En la figura 16 se ilustra el freno de tambor con su respectiva composición interna. Estos frenos se emplean en las ruedas traseras de ciertos vehículos y se caracterizan por contar con una amplia superficie de drenaje [34].

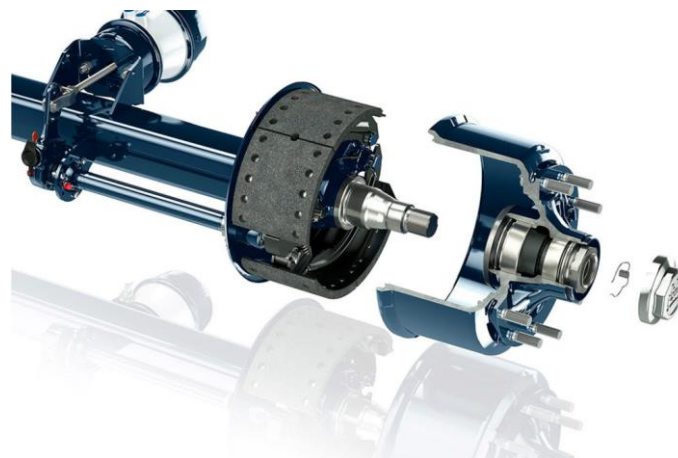


Figura 16. Freno de tambor [36]

1.9.6. Neumáticos

El neumático desempeña diversas funciones cruciales en el automóvil, como soportar su peso, transferir la fuerza de aceleración y frenado, proporcionar dirección y mantener niveles de ruido adecuados durante su interacción con la carretera [37]. Para llevar a cabo estas tareas, el neumático que se observa en la figura 17 debe combinar la rigidez necesaria para generar fuerzas considerables en todas las direcciones, la flexibilidad suficiente para superar obstáculos sin daño y una resistencia duradera a la fatiga [38].



Figura 17. Neumáticos modelo Vigorous TD700 [39]

1.9.7. Rines o aros

El rin o aro ilustrado en la figura 18, consiste en un componente circular esencial que sustenta las llantas o neumáticos de un vehículo. En vehículos, desempeñan un papel fundamental al transmitir la potencia generada por el motor en forma de movimiento. Dado que están constantemente expuestos a posibles daños debido a los diversos obstáculos presentes en los terrenos por los que transitan, la mayoría de los rines se fabrican a partir de acero laminado en frío, específicamente de un tipo de acero AISI 1040 [40].



Figura 18. Aros COSMO-BETTER [41]

1.9.8. King pin

El kingpin, también conocido como king-pin, king pin y k pin, es el componente central en el sistema de dirección de un automóvil. Además, este término se emplea para referirse a una sección específica de un dispositivo de enganche de quinta rueda que conecta un semirremolque con su tractor o cualquier otra carga [42].

El punto de acople o king pin presentado en la figura 19, se ubica en el lugar de unión con el tractocamión y en los puntos donde se conecta en la parte trasera de la suspensión [43].



Figura 19. King pin [41]

1.9.9. Patines (tren de aterrizaje)

Los patines o tren de aterrizaje ilustrados en la figura 20, son un conjunto de componentes ubicados en la parte frontal del vehículo. Estos incluyen las patas de apoyo y otros dispositivos que permiten estabilizar y sostener el semirremolque cuando este no está conectado al

tractocamión. Su función principal es facilitar la carga y descarga del remolque, así como proporcionar apoyo estructural cuando el semirremolque está estacionado de manera independiente [44].



Figura 20. Patines o tren de aterrizaje

1.9.10. Ejes

Los ejes consisten en barras o ejes que conectan un par de ruedas para impulsarlas y mantener su alineación mutua. En un vehículo, el motor genera la fuerza que se transmite al eje, lo cual provoca la rotación de las ruedas y permite que el automóvil se desplace hacia adelante. En esencia, el eje ilustrado en la figura 21 conduce la energía generada por el motor mediante el mecanismo de transmisión, dando como resultado la propulsión del vehículo. Conforme el eje gira, las ruedas giran, lo que contribuye al movimiento del semirremolque [45].

La mayoría de los ejes están diseñados para soportar una carga máxima legal de 11 000 [kg] por eje [46].



Figura 21. Ejes [47]

1.9.11. Tipos de ejes

1.9.11.1. Eje simple

Este tipo de eje observado en la figura 22, se compone de un único eje que no está articulado a otro eje y puede tener diversas características, como ser motriz o no, direccional o no y ubicarse adelante o atrás del vehículo [48].

El eje único, con cuatro neumáticos, tiene una capacidad máxima de carga de 11 000 [kg] [49].

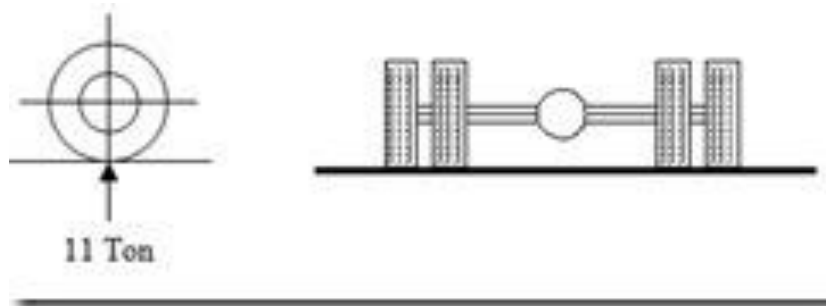


Figura 22. Peso máximo del eje simple [49]

1.9.11.2. Eje compuesto (Tandem)

Se trata de un componente que posee dos ejes conectados al vehículo mediante mecanismos compartidos, con una separación que varía de 1.20 [m] a 1.60 [m] entre las líneas de rotación más alejadas. Estos ejes pueden cumplir funciones motrices, de soporte o una combinación de ambas [48].

1.9.11.3. Eje compuesto (Tridem)

Presenta tres ejes conectados al vehículo a través de dispositivos compartidos, con una separación que varía entre 2 [m] y 3.2 [m] entre la posición de giro máximo con la mitad de los ejes más distanciado. Estos ejes ilustrados en la figura 23 pueden cumplir funciones motrices, de soporte o una combinación de ambas [48].

Se permite un peso máximo de 25 000 [kg] para un eje tridem con una configuración de 12 neumáticos [49].

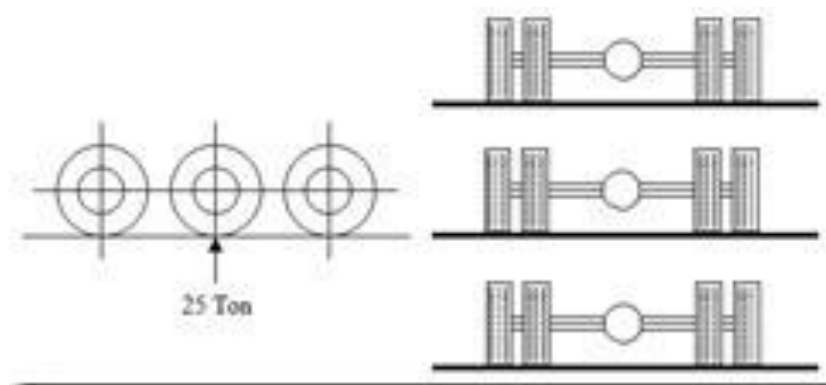


Figura 23. Peso de un eje de 12 neumáticos [49]

1.9.11.4. Eje retráctil

Este tipo de eje tiene la capacidad de transmitir una fracción de la carga del vehículo a la carretera o, alternativamente, de separarse de esta última mediante la utilización de dispositivos mecánicos, hidráulicos o neumáticos [48]. En la figura 24 se encuentra el eje retráctil de un semirremolque.



Figura 24. Eje retráctil

1.9.12. Quinta rueda

El término "quinta rueda" se utiliza para describir un dispositivo de acoplamiento que conecta un tractocamión con un semirremolque, recibiendo su nombre debido a su forma circular similar a una rueda [50].

Esta quinta rueda se encuentra ubicada en el chasis del tractocamión y para asegurar una distribución óptima de la carga, se sitúa generalmente hacia adelante del eje superior o del tándem, evitando interferencias entre la rotación de la cabina del remolcador y del semirremolque [51].

Su funcionamiento implica el bloqueo de un perno rey en una mordaza de bloqueo, siendo estos dos elementos cruciales en la conexión entre el remolque y la quinta rueda [52]. En la figura 25 se presenta la quinta rueda utilizada en los tractocamiones.



Figura 25. Quinta rueda del tractocamión [53]

1.9.13. Pulmones de freno

Estos pulmones son cilindros que contienen diafragmas de caucho en su interior para regular el flujo de aire y su movimiento controla la acción de las zapatas en el frenado del vehículo [35]. Su funcionamiento comienza cuando el aire a presión ingresa a la cámara de freno, empujando la varilla de empuje y el diafragma, generalmente de caucho y de diferentes diámetros, lo que a su vez activa todos los componentes y frena los tambores [55].

Como se observa en la figura 26, estos pulmones constan de dos cámaras separadas por una membrana flexible, una conectada al sistema de suministro de aire comprimido y la otra al sistema de frenos.



Figura 26. Pulmones de freno [41]

1.9.14. Sistema de luces

El sistema de iluminación se ha desarrollado con el propósito de proporcionar visibilidad y señalización en las maniobras a realizar. Cada semirremolque debe estar equipado con un conjunto de iluminación, mismo que debe encontrarse compuesto por los siguientes componentes que se expresan en la tabla 3.

Tabla 3. Iluminación en el semirremolque [56]

Descripción		Remolque y semirremolque		
Tipo de luz	Número	Color	Situación	Obligatorio o no
Luz de marcha atrás	1 o 2	Blanco	Detrás	Opcional
Luces indicadoras de dirección	Un número par	Amarillo	Detrás	Obligatorio
Luz de frenado	2	Rojo	Detrás	Obligatorio
Luz de posición trasera	2	Rojo	Detrás, exteriormente	Obligatorio
Luz de posición lateral	De acuerdo a su largo	Amarillo	A los lados	Obligatorio

CAPÍTULO II

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

2.1. Selección del tipo de plataforma cama alta

Para seleccionar el tipo de cama alta a diseñarse se tomarán en cuenta aspectos principales como el tipo de carga más transportada por “ROJASCOM S.A.”

Se incorporan variantes de los modelos fundamentales que presentan características funcionales similares, pero ofrecen ventajas distintas en la operación del equipo. Además, se presentarán 3 alternativas de diseño descritas en el capítulo 1, donde mediante parámetros de calificación se seleccionará la alternativa más viable.

Restricciones y limitaciones

El diseño de la plataforma de cama alta destinada al transporte de carga pesada implica ciertas limitaciones y restricciones que deben ser consideradas cuidadosamente.

Algunas de las principales son:

- **Peso de la estructura:** La estructuración de la plataforma debe ser lo bastante liviana para aprovechar plenamente la capacidad de carga, cumpliendo así con su función principal de manera eficiente.
- **Dimensionamiento:** El MTOP impone limitaciones en términos de dimensiones y peso para el transporte de carga, dichas regulaciones imponen límites en la altura, longitud, ancho y peso bruto vehicular (GVW) de la plataforma de cama alta.

2.2. Especificaciones de la plataforma

Para determinar los factores que deben ser tomados en cuenta en la plataforma cama alta fue necesario realizar varias visitas técnicas a las instalaciones de la empresa “ROJASCOM S.A.”, ubicada en Shushufindi, provincia de Sucumbíos. Además, se llevó a cabo reuniones con el personal de mantenimiento y gerencia, quienes identificaron parámetros cruciales para el diseño y la construcción, aspectos que son recurrentes en su actividad operativa, los cuales se describen a continuación:

- **Trasteos:** en relación con el transporte de carga seca, denominado trasteos, la gerencia subrayó que su actividad principal es el traslado de equipos de perforación desde los pozos petroleros, así como otros elementos esenciales para el campamento de perforación, como campers, oficinas móviles, tanques de almacenamiento y talleres móviles, entre otros. Para abordar esta necesidad, se resalta la importancia de un sistema de anclaje seguro en los laterales de la plataforma, así como la integración de

compartimentos específicos sujetar correctamente la mercancía mediante el uso de cadenas y ratchets.

- **Pallets de químicos:** para movilizar este tipo de carga se utilizan pallets de madera, sobre los cuales se posicionan los diversos polvos químicos contenidos en sacos. Las compañías para las cuales prestan ese servicio de carga solicitan explícitamente que debe existir un sistema de corral inferior a 50 [cm] que rodee la plataforma, proteja de accidentes al contenido que transporta y que a su vez sea desmontable para una mayor facilidad en la carga y descarga.
- **Tubería:** cuando la empresa inició, el transporte de tubería era la actividad a la que se dedicaba de forma principal. En la actualidad, el movimiento de tubería ya no es su prioridad, ya que únicamente realizan esta actividad una o dos veces al mes. Sin embargo, la plataforma debe estar diseñada de forma que permita el transporte de este tipo de cargas, para lo cual se deben instalar los denominados “bolsillos”, los cuales permiten montar y desmontar con facilidad los tubos de apoyo que se utilizan para el transporte de tubería. Estos tubos están dispuestos en una distribución específica, con una cantidad de 5 tubos en cada lateral y deberá existir un espacio designado en la plataforma para su almacenamiento.

Las características que serán consideradas en el diseño de la plataforma están delimitadas por los parámetros mencionado a continuación:

- Parámetros funcionales
- Capacidad de carga
- Pesos y medidas

2.2.1. Parámetros funcionales

Al tomar en cuenta que la plataforma debe satisfacer los requerimientos de la compañía, la meta central del presente proyecto consiste en llevar a cabo un diseño que cumpla con los requisitos esenciales y también ofrezca eficacia y eficiencia en su aplicación. Además, este enfoque se centra en asegurar que la plataforma satisfaga los estándares establecidos y también optimice su desempeño de acuerdo con las expectativas y demandas de la empresa.

2.2.2. Capacidad de carga

Considerando los criterios definidos por el MTOP y las características de un remolque de tres ejes según la suposición 3S, se establece que la capacidad máxima de carga para esta especificación es de 24 toneladas. Este límite de carga se ajusta a las regulaciones establecidas

por el MTOP y también se alinea con las expectativas y requisitos específicos para remolques de tres ejes bajo las condiciones particulares descritas en el supuesto 3S. Este enfoque garantiza el cumplimiento normativo y a su vez una óptima capacidad de carga para las necesidades y estándares de la situación planteada.

2.2.3. Pesos y medidas

Las medidas y el peso permitidos para transitar por las vías y puentes del Ecuador están establecidos por el MTOP. Este tipo de transporte, reconocido como un semirremolque con tres ejes, es clasificado como tipo 3S según las regulaciones vigentes. La tabla 4 proporciona detalles sobre las dimensiones máximas que deben ser respetadas.

Tabla 4. Pesos y medidas

Dimensiones	Medidas [mm]
Largo	13 000
Ancho	2 600
Alto	4 100

El peso de la plataforma de cama alta variará según la tipología del material empleado y las dimensiones del diseño, considerando que el límite legal de peso total del vehículo para una combinación de un tractocamión de tres ejes y un semirremolque de tres ejes es de 48 toneladas.

2.3. Estudio de alternativas

Considerando las restricciones y limitaciones previamente establecidas, así como las especificaciones detalladas de la plataforma proporcionadas por la compañía y los parámetros dimensionales requeridos, se ha desarrollado un proceso de diseño que ha resultado en la determinación de tres alternativas distintas.

Estas alternativas enlistadas en la tabla 5, buscan cumplir con las restricciones normativas y los requisitos específicos de la compañía, así como también ofrecer soluciones creativas que optimicen la funcionalidad y la eficiencia de la plataforma en diversas situaciones y entornos de operación. Cada diseño alternativo se ha realizado con el objetivo de abordar de manera integral las diversas consideraciones, logrando así un equilibrio entre el cumplimiento normativo, las especificaciones de la compañía y la practicidad operativa.

2.4. Tabla de alternativas

Tabla 5. Alternativas

Alternativa	Tipo de plataforma
1	Plataforma fija simple
2	Plataforma con mampara desacoplable
3	Plataforma con barandas abatibles, bolsillos para transporte de tubería y eje retráctil

2.4.1. Alternativa 1.

La plataforma fija simple es la versión más sencilla de plataforma cama alta. Tiene una plataforma fija sin mecanismos de elevación o extensión.

La plataforma fija es una opción simple y rápida de diseño, su funcionalidad está limitada al transporte de cargas mediante pallets, contenedores o cargas que no sean excesivamente voluminosas y sean simples de sujetar. Su estructura consiste en una plancha de piso y mampara, careciendo de elementos adicionales de apoyo en los laterales para garantizar la sujeción de la carga.

2.4.1.1. Ventajas principales:

- **Menor peso:** debido a que la plataforma no cuenta con todos los equipamientos laterales disminuye el peso propio de la estructura
- **Descarga rápida:** al no contar con elementos adicionales en los laterales, esto facilita el montaje y liberación de la carga a transportar
- **Reducción de costo de fabricación:** dentro de la industria metal mecánica y de procesos de fabricación de estructuras metálicas, fabricar e implementar elementos adicionales representa un costo considerable frente al costo inicial de fabricación. En la figura 27 se evidencia el prototipo de la alternativa 1, la cual es una plataforma fija simple.

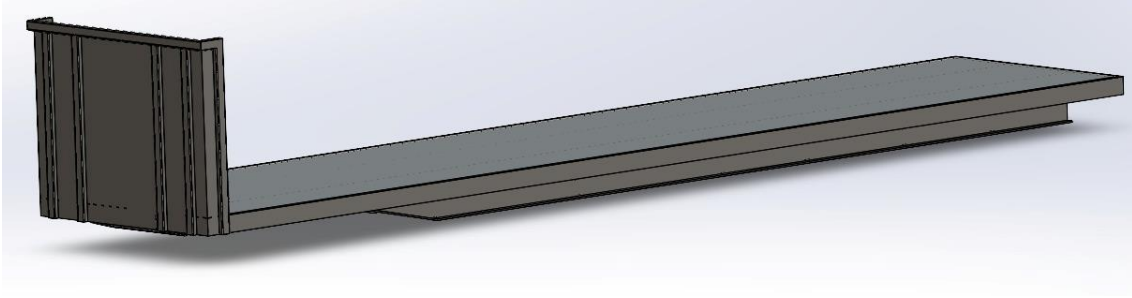


Figura 27. Plataforma fija simple

2.4.2. Alternativa 2

Una plataforma desacoplable consta de una barrera delantera vertical desmontable denominada “mampara” o “frontal desmontable”, misma que cumple la función de proporcionar seguridad y contención, la cual está diseñada para que su instalación, montaje y desmontaje sea mucho más sencillo, esto se logra mediante un mecanismo compuesto por pernos de sujeción que permiten desvincular la mampara de la estructura principal del remolque cuando sea necesario. La versatilidad de este diseño facilita su aplicación en diversas operaciones, debido a que se adapta a requerimientos particulares, de tal manera que se garantice la eficiencia como la seguridad en su uso.

2.4.2.1. Ventajas

- **Flexibilidad operativa:** al poder desmontar se pueden acoplar cargas voluminosas que no serían posibles con la configuración fija.
- **Mayor durabilidad:** debido a que al permitir una distribución de carga equitativa contribuye a un menor desgaste del semirremolque a lo largo del tiempo.
- **Mejor utilización de flota de vehículos:** al ser una mampara desmontable, como se observa en la figura 28, es posible darle un mayor uso al vehículo, ya que un mismo vehículo puede adaptarse a diferentes tipos de cargas.
- Facilidad de importación y exportación
- Eficiencia logística de transporte
- Fácil mantenimiento o reparación.

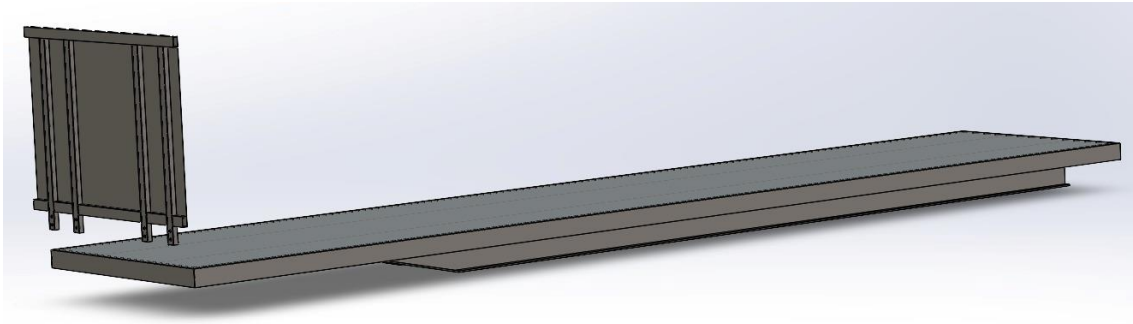


Figura 28. Plataforma con mampara desacoplable

2.4.3. Alternativa 3

Plataforma fija cama alta con barandas laterales abatibles, eje elevadizo y bolsillos laterales para el transporte de tubería.

Este tipo de plataforma se utiliza para movilizar objetos de considerable altura, también soportan cargas elevadas, ya que poseen barandas laterales desmontables, lo cual brinda una solución práctica para movilizar diversos tipos de cargas. Este tipo de plataforma posee un corral, el cual sirve específicamente para cargar pallets. Después de que éstos ya se encuentran en la plataforma, se procede a subir las barandas y se moviliza el vehículo con este tipo de carga.

Los bolsillos laterales o también conocido como parantes, permite la movilización de tubería o madera. Estos bolsillos deben ir soldados directamente en la plataforma, para garantizar la seguridad. Los parantes deben tener la facilidad de ser montables y desmontables, dependiendo de la carga que se transporte. Los parantes laterales se colocan cuando se realiza carga de tubería.

El eje elevadizo está compuesto por una boya neumática, la cual al momento de que la plataforma está descargada se activa para que el primer eje de la plataforma se eleve evitando el contacto directo con el suelo, de tal manera que se evita el desgaste continuo de las ruedas de un eje completo y se desactiva el eje elevadizo cuando la plataforma se encuentra cargada, de esta manera los tres ejes cumplen su funcionamiento de carga normal. Esta solución técnica satisface los requisitos de la empresa en términos de carga, abarcando la carga de pallets, tuberías y traslado de cargas voluminosas.

2.4.3.1. Ventajas

- **Eje elevadizo:** al implementar una boya neumática para el primer eje de la plataforma se evita el contacto directo de las llantas con el suelo mientras esta está descargada, esto contribuye a un menor desgaste de 4 de las 12 ruedas de la plataforma.
- **Barandas laterales abatibles desmontables:** debido a su diseño, facilita la descarga de pallets de químicos mediante montacargas y protege la carga durante su transporte, lo cual se evidencia en la figura 29.
- **Transporte de tubería con parantes laterales:** al incluir en su diseño los bolsillos que soportaran los parantes laterales, la plataforma contará con ventaja competitiva de transporte de carga de tubería, lo cual se puede observar en la figura 30.

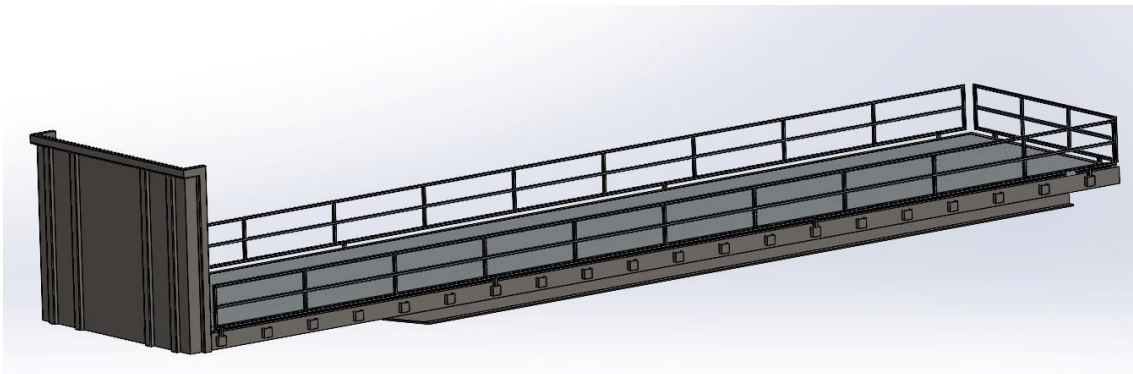


Figura 29. Plataforma con barandas laterales abatibles desmontables

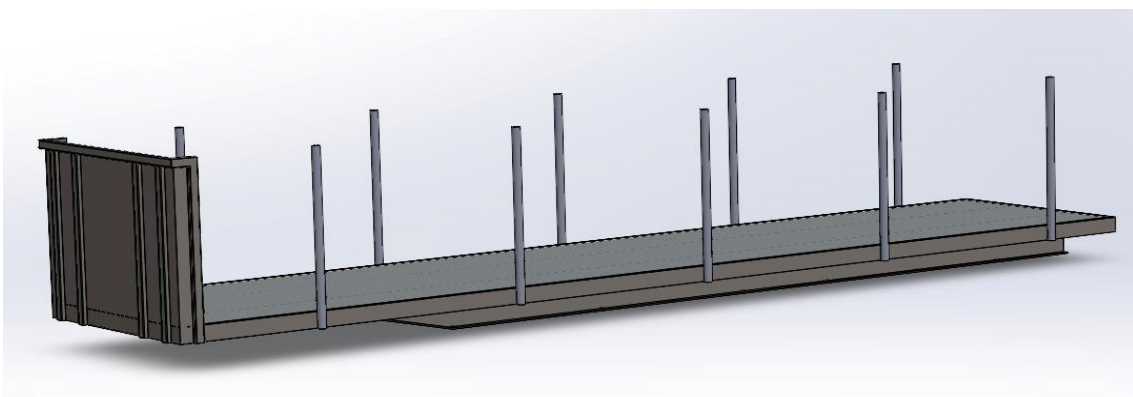


Figura 30. Plataforma con parantes laterales para el transporte de tubería

2.5. Método de selección

El tipo de plataforma que se desarrollará será determinado de acuerdo a las especificaciones requeridas por la empresa y teniendo en cuenta los parámetros detallados en la tabla 6, además se evaluarán las ventajas primordiales en los tres diseños.

Tabla 6. Métodos de selección

Calificación	Equivalencia
0	Insuficiente
1	Regular
2	Bueno
3	Aceptable

Los parámetros a evaluarse son:

2.5.3. Seguridad

Un aspecto esencial durante el diseño de la plataforma es la seguridad proporcionada tanto a la carga que se transportará como al transportador. Es fundamental garantizar la integridad de los bienes durante el transporte, especialmente considerando el alto valor económico de las cargas movilizadas.

Dada la influencia directa de fuerzas físicas como la aceleración, el frenado y las curvas en la carga durante el transporte, la implementación de precauciones de seguridad y el cumplimiento de normativas legales se vuelve crucial.

Para evaluar la seguridad de las diferentes alternativas de diseño, se utilizó la ponderación de 0.2 correspondiente al peso para este parámetro. La tabla 7 muestra la calificación individual de cada alternativa.

Tabla 7. Evaluación de la seguridad

Alternativa	Descripción	Calificación
1	Presenta deficiencia al momento de asegurar la carga ya que no dispone de elementos adicionales para la sujeción.	1
2	Riesgo al momento de giro del vehículo, ya que la carga podría exceder los límites de la plataforma.	1
3	Mayor número de elementos de sujeción externos desmontables y fijos.	2

2.5.4. Funcionalidad

La funcionalidad deberá ser evaluada a razón de satisfacer eficientemente las necesidades específicas de los tipos de carga que se vayan a transportar y los requerimientos solicitados por las empresas que solicitan el servicio, teniendo en cuenta su importancia relativa este parámetro tendrá un peso de 0.1.

La tabla 8 muestra los criterios utilizados para evaluar la funcionalidad de las diferentes alternativas de diseño. Estos criterios se basan en la capacidad de la plataforma para transportar diferentes tipos de carga, sean estas pallets o tuberías.

Tabla 8. Evaluación de la funcionalidad

Alternativa	Descripción	Calificación
1	Permite la carga efectiva de elementos que requieran una sujeción mediante fajas	1
2	Capacidad de transporte de cargas voluminosas	2
3	Eficiencia en el transporte de los tipos de cargas más realizadas	3

2.5.5. Versatilidad

Comprende la capacidad que posee el semirremolque para adaptarse a distintas funciones o situaciones, pudiendo así, contemplar supuestas cargas voluminosas o de exigencias adicionales a las requeridas. Este parámetro recibe un peso de 0.1. La tabla 9 muestra los criterios utilizados para evaluar la versatilidad de las diferentes alternativas de diseño.

Tabla 9. Evaluación de la versatilidad

Alternativas	Descripción	Calificación
1	No dispone de elementos adicionales para adaptarse a diferentes tipos de carga o configuraciones específicas.	1
2	La mampara desacoplable permite cierta flexibilidad en la organización de la carga	1

3	Por su diseño permite la adaptabilidad a las tres actividades principales de la empresa.	2
---	--	---

2.5.6. Costo de fabricación

Los costos de fabricación dependerán de la elección de materiales, tomando en consideración la capacidad de la mano de obra. También, se debe tener en cuenta los costos de diseño y especificaciones técnicas requeridas por la empresa, así mismo los costos por elementos adicionales a lo establecido mediante el diseño previo, lo cual se califica en la tabla 10. Así mismo bajo este criterio el valor del peso para este parámetro será de 0.25.

Tabla 10. Evaluación del costo de fabricación

Alternativas	Descripción	Calificación
1	Construcción simple sin elementos extra	2
2	Considera el mecanismo de acople y desacople de la mampara	1
3	Requiere mayor cantidad de materiales para su elaboración	1

2.5.7. Facilidad de fabricación

En esta sección se considera la elaboración del diseño, misma que se torna más compleja debido a las elevadas expectativas y funcionalidades que ofrece cada opción, la cantidad de materiales necesarios, los componentes mecánicos, la instalación y la puesta en marcha. Si bien existe información de referencia sobre los diseños, es necesario ajustarlos a las particularidades del transporte pesado y a las normativas nacionales. Se busca que todos los elementos necesarios para la fabricación estén catalogados y disponibles en el país, por lo cual recibe un peso de 1.5. La tabla 11 muestra una descripción de la facilidad de fabricación de cada una de las tres alternativas.

Tabla 11. Facilidad de fabricación

Alternativas	Descripción	Calificación
1	<ul style="list-style-type: none">• Materiales menos complejos y en menor cantidad.• Proceso de fabricación menos especializado.• Menor requerimiento de mano de obra.• Costo menor de componentes.	2
2	<ul style="list-style-type: none">• Complejidad de diseño moderada.• Requiere procesos especializados para la mampara desacoplable.• Requiere mayor número de personas para su construcción.• El costo de sus componentes es mayor debido a la presencia de mecanismos de desacople.	1
3	<ul style="list-style-type: none">• Complejidad de diseño moderado.• Se requieren materiales con mayor resistencia para el transporte de tuberías.• Mano de obra especializada para la soldadura y fabricación de componentes específicos.• Costo de componentes moderados debido a la presencia de elementos adicionales.	2

2.5.8. Costos de mantenimiento

El costo de mantenimiento va a depender principalmente de los elementos instalados en la plataforma, una correcta elección del sistema de suspensión puede corregir la fatiga de la plataforma y su durabilidad prolongada. Este parámetro obtiene un peso de 0.1. En la tabla 12 se evalúan los costos de mantenimiento de cada alternativa.

Tabla 12. Evaluación de costos de mantenimiento

Alternativas	Descripción	Calificación
1	Posee un diseño simple y ausencia de elementos móviles o mecanismos adicionales.	2
2	Los sistemas de desacople y aseguramiento de la mampara pueden requerir mantenimiento regular.	1
3	La capacidad de acceder a partes específicas sin desmontar la estructura completa facilita la sustitución de partes individuales en lugar de requerir reparaciones más extensas o el reemplazo completo de la plataforma.	3

2.5.9. Facilidad de operación

Se refiere a la eficiencia en operaciones de aseguramiento de la carga a ser transportada, así como también a la facilidad de operación de elementos externos que permitan una correcta descarga de los elementos movilizados, esto incluye cajas de herramientas, espacio para ruedas de emergencia, entre otras, lo cual está descrito en la tabla 13. Dada su importancia relativa este parámetro obtiene un peso de 0.1.

Tabla 13. Evaluación de facilidad de operación

Alternativas	Descripción	Calificación
1	No dispone de elementos que garanticen seguridad en la movilización de la carga	1
2	Debido al peso de la mampara desmontable se requieren mayor número de operarios para su montaje y desmontaje.	1
3	Los compartimientos internos de la plataforma permiten guardar ciertos elementos externos que contribuyen al aseguramiento de la carga	2

2.6. Ponderación de parámetros

El peso ponderado de los parámetros se determina a través de la consideración de su importancia relativa en el diseño del semirremolque, resultando en asignaciones de peso distintas para cada parámetro, estos se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Ponderación de parámetros

Parámetro	Peso
Seguridad	0.2
Funcionalidad	0.1
Versatilidad	0.1
Costo de fabricación	0.25
Facilidad de fabricación	0.15
Costo de mantenimiento	0.1
Facilidad de operación	0.1
Total	1

2.7. Evaluación de resultados

Para determinar la alternativa más idónea se tomaron en cuenta diversos parámetros técnicos que comprenden características importantes que debe cumplir el semirremolque en seguridad, funcionalidad, versatilidad, fabricación, mantenimiento y operación, los cuales están expresados en la tabla 15 y son esenciales para que la compañía “ROJASCOM S.A.” desempeñe sus actividades con éxito.

Tabla 15. Evaluación de resultados

Parámetro	Peso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Seguridad	0.2	0.2	0.2	0.4
Funcionalidad	0.1	0.1	0.1	0.3
Versatilidad	0.1	0.1	0.1	0.2
Costo de fabricación	0.25	0.5	0.25	0.25

Facilidad de fabricación	de	0.15	0.3	0.15	0.3
Costo de mantenimiento	de	0.1	0.2	0.1	0.3
Facilidad de operación	de	0.1	0.1	0.1	0.2
Total		1	1.5	1	1.95

Tras un proceso de evaluación, durante el cual se realizó la sumatoria de las calificaciones correspondientes para cada parámetro y alternativa, se deduce que la opción más apropiada para llevar a cabo el proyecto es la alternativa 3. Este dictamen se fundamenta en un análisis detallado y ponderado de los distintos criterios evaluativos, obteniendo una calificación de 1.95 destacando la superioridad de la alternativa 3 frente a las demás opciones. La selección de esta alternativa se respalda en su competencia para satisfacer de manera completa con todas las exigencias y consideraciones establecidas, consolidándola como la elección preferente en base a la evaluación realizada.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y SIMULACIÓN ESTRUCTURAL

3.1. Determinación de cargas

Al querer realizar un diseño adecuado, resulta imperativo discernir las cargas que incidirán en la plataforma, tomando en consideración las circunstancias a las cuales se verá expuesta la plataforma a lo largo de su ciclo de vida operativa.

El diseño de la estructura del semirremolque incorporará consideraciones para varios tipos de carga:

- Carga muerta
- Carga transportada
- Carga viva
- Cargas accidentales
- Cargas según el punto de aplicación

3.1.1. Carga muerta

Las cargas muertas, en el contexto de ingeniería y estructuras, denotan las fuerzas o pesos constantes que actúan de manera fija y permanente en una estructura o sistema. Estas cargas, descritas en la tabla 16 mantienen una magnitud constante en una ubicación específica, contribuyendo así a la carga total que la estructura debe soportar de manera continua. Esta estabilidad posicional de las cargas muertas es fundamental para el análisis y diseño preciso de estructuras, ya que su presencia constante puede influir en la resistencia y estabilidad a largo plazo del sistema estructural.

Tabla 16. Pesos de la estructura

Elementos	Material	Longitud [mm]	Peso total [kg]
Chasis	Plancha 6 [mm] PLT 150X15	12 200	1 365.21
Laterales	UPN 180	29 480	648.56
Travesaños	IPE 100	50 480	408.88
Soporte de plancha	G80X50X15X2	73 200	223.99
Separadores	Plancha 6 [mm]	5 700	120.27
Piso	Antideslizante 3 [mm]	12 200	749.35

Mampara	Plancha lisa 3 [mm]	1 800x3 040	128.81
	C100X50X5	14 700	104.80
King pin	Plancha 12 [mm]	1 106x1 250	130.23
		1 106x30	31.25
Soporte king pin	IPN 120	1 920	21.40
Total			3 932.75

Los datos presentados en la tabla 17 indican el peso de los componentes de la plataforma.

Tabla 17. Pesos de los componentes de la plataforma

Denominación	Cantidad	Peso [kg]	Peso total [kg]
Ejes	3	320	960
Suspensión 3 ejes	1	630	630
Aros	12	34	408
Llantas	12	30	360
Patines	1	100	100
King pin	1	5	5
Pulmón de freno	6	9.50	57
Boya neumática	1	20	20
Accesorios	1	10	10
Total			2 550

Para obtener el total de la carga muerta CM se procede a sumar los valores totales de la tabla 15 y la tabla 16 correspondiente al peso total de los elementos que integran la estructura y los elementos constitutivos de plataforma, teniendo como resultado

$$CM = 6483 [kg]$$

3.1.2. Carga transportada

Se trata de la carga destinada al transporte, sin tener en cuenta el peso inherente de la plataforma. Esta carga puede variar y debe mantenerse dentro de los límites establecidos para los cuales la estructura ha sido diseñada. Es esencial garantizar que la carga transportada no supere los valores específicos para los cuales la estructura ha sido desarrollada.

$$CT = 24\ 000 [kg]$$

3.1.3. Carga viva

En el ámbito de la ingeniería estructural, la carga viva constituye fuerzas o cargas que experimentan variaciones a lo largo del tiempo. Su consideración es fundamental en el diseño de estructuras, ya que permite calcular la capacidad de carga de un sistema, teniendo en cuenta las fuerzas dinámicas que pueden actuar durante su vida útil. Es esencial tener en cuenta esta carga, ya que se asegura que la estructura sea capaz de soportar no solo su propio peso estático, sino también las fuerzas dinámicas resultantes de actividades humanas o cambios en la carga a lo largo del tiempo. La carga viva que una estructura debe soportar se determina al sumar la carga transportada con un excedente del 10 % de esa carga, establecido como un margen de seguridad.

$$CV = CT + SC \quad (1)$$

$$CV = 24\,000 \text{ [kg]} + 0.1 * 24\,000 \text{ [kg]}$$

$$CV = 26\,400 \text{ [kg]}$$

Donde:

CV: Carga viva

CT: Carga a transportar

SC: Sobrecarga

3.1.4. Cargas accidentales

Las cargas accidentales se refieren a fuerzas imprevistas o inesperadas que actúan sobre una estructura o sistema. Estas cargas no forman parte de las cargas habituales o previsibles para las cuales se ha diseñado una estructura. Estas fuerzas pueden tener un impacto significativo en la integridad y estabilidad de una estructura y su consideración es fundamental en el diseño para garantizar que la construcción pueda resistir eventos no planificados y mantener la seguridad y funcionalidad en condiciones adversas.

3.1.4.1. Carga de impacto

Este tipo de carga surge de la multiplicación de la carga viva por un factor de choque, con un límite que no debe exceder del 30 %, según las directrices establecidas por AASHTO

La siguiente fórmula calcula este tipo de carga.

$$CIM = 0.3 * CV \quad (2)$$

$$CIM = 0.3 * 26\,400 \text{ [kg]}$$

$$CIM = 7\,920 \text{ [kg]}$$

Donde:

CIM: Carga de impacto

Esta respuesta permite determinar la carga total viva, que representa el peso completo a transportar, junto con los valores necesarios para realizar los cálculos correspondientes.

Esta relación se expresa mediante la ecuación 3:

$$\begin{aligned}CTV &= CV + CIM & (3) \\CTV &= 26\,400 \text{ [kg]} + 7\,920 \text{ [kg]} \\CTV &= 34\,320 \text{ [kg]} \\CTV &= 336\,679 \text{ [N]}\end{aligned}$$

Es esencial tener en cuenta la distribución de cargas a lo largo del chasis del semirremolque, considerando especialmente los puntos de apoyo, ya que estos ejes están vinculados tanto al sistema de suspensión como al chasis del vehículo. Se requiere estrictamente que las cargas transferidas a los ejes se mantengan dentro de los límites especificados por los fabricantes.

3.1.4.2. Carga de viento

Este tipo de carga conocido también como resistencia aerodinámica, constituye una resistencia horizontal que contrarresta el desplazamiento de un objeto, como un vehículo. La carga varía según la ubicación geográfica, destacando su relevancia en zonas montañosas.

La ecuación 4 permite el cálculo de la resistencia aerodinámica.

$$R_a = \frac{1}{2} * C_x * \rho * A_f * V^2 \quad (4)$$

Dónde:

R_a : Resistencia aerodinámica en [N]

ρ : Densidad del aire en [kg/m^3]

V : Velocidad en [m/s]

A_f : Superficie frontal del vehículo en [m^2]

C_x : Coeficiente aerodinámico del vehículo

Existen distintas representaciones del coeficiente C_x

- 0.3 para coches de líneas aerodinámicas.
- 0.7 para camiones
- >1 si llevan cargas muy voluminosas

Datos para conjunto cabezal Mercedes Actros 3353-semirremolque.

- Alto del vehículo: 3.58 [m]

- Ancho del vehículo: 2.48 [m]

$$A_f = \text{Alto} * \text{Ancho del vehiculo}$$

$$A_f = 3.58 [m] * 2.48 [m]$$

$$A_f = 8.87 [m^2]$$

En el contexto de un conjunto integrado por el cabezal y el semirremolque y teniendo en cuenta los límites máximos permitidos por la MTOP considerando que se transporte cargas voluminosas el coeficiente aerodinámico es:

$$C_x = 1.3$$

El vehículo opera a nivel nacional, por lo tanto, la densidad estándar del aire es de:

$$\rho = 1.22 [kg/m^3]$$

El límite de velocidad máximo en el que este tipo de vehículos puede circular dentro del país es de:

$$V = 70 \left[\frac{Km}{h} \right] \therefore 19.44 [m/s]$$

Remplazando valores en la ecuación 4 se tiene:

$$R_a = \frac{1}{2} * 1.3 * 1.22 * 8.87 * (19.44)^2$$

$$R_a = 2\ 685.21 [N]$$

$$R_a = 271.06 [kg]$$

3.1.5. Cargas según el punto de aplicación

3.1.5.1. Cargas puntuales

Las cargas puntuales son fuerzas concentradas en un punto concreto del semirremolque. A diferencia de las cargas distribuidas, actúan en lugares específicos y son fundamentales en ingeniería estructural para evaluar su impacto en sistemas determinados, lo cual se representa en la figura 31.

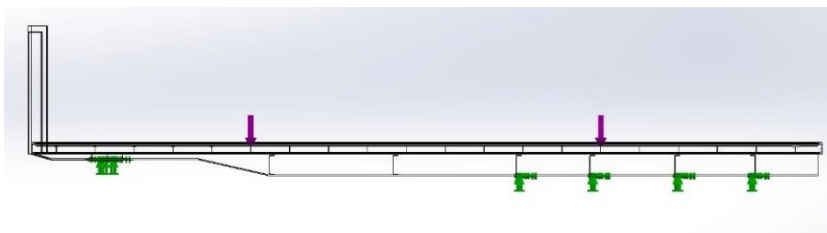


Figura 31. Cargas puntuales aplicadas al semirremolque

3.1.5.2. Cargas distribuidas

Las cargas distribuidas se definen como fuerzas aplicadas a lo largo de una extensión específica en una estructura, en contraste con las cargas puntuales que se concentran en un solo punto. Estas cargas pueden abarcar uniformemente toda el área o ser no uniformes y su área se calcula en base a la longitud de aplicación, de manera que se representa en la figura 32.

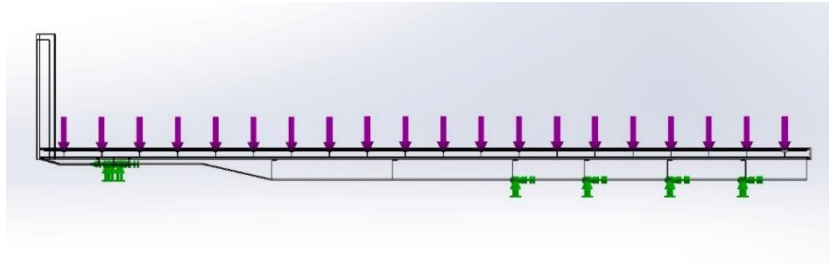


Figura 32. Cargas distribuidas aplicadas al semirremolque

3.2. Condiciones de trabajo

En esta fase del análisis estructural, se evalúan las condiciones extremas que puedan afectar la integridad de la estructura durante sus años de funcionamiento, empleando los valores previamente calculados. Estos ensayos son imperativos para asegurar la operatividad sin fallos, facilitando la selección de materiales y determinación de factores de seguridad en los puntos de apoyo.

Se proponen cuatro escenarios simulados para representar diversos usos, utilizando la carga total viva en distintas ubicaciones, correspondiente al mayor peso que comprende el diseño de la estructura. Este enfoque robustece la capacidad de la estructura para resistir condiciones extremas y cumplir con los estándares de seguridad y rendimiento.

3.2.1. *Apreciación de las condiciones de trabajo*

En los tres escenarios subsiguientes la estructura se segmenta en tres partes iguales en términos de longitud total. Esto se realiza con el propósito de ubicar la carga total viva sobre las superficies resultantes, permitiendo una observación detallada del comportamiento virtual de la estructura ante estas condiciones. Este enfoque facilita la evaluación de la respuesta estructural en distintas configuraciones, contribuyendo a un análisis detallado de su rendimiento bajo diversos escenarios de trabajo.

3.2.1.1. Escenario 1

En este escenario, se contempla la aplicación de una carga distribuida a lo largo de la sección delantera de la plataforma. En este caso, la carga se apoya sobre la quinta rueda del tractocamión, la cual está acoplada al vehículo, de manera que se visualiza en la figura 33.



Figura 33. Carga distribuida en escenario 1

3.2.1.2. Escenario 2

Es importante destacar que el segundo escenario se identifica como aquel que provocará los mayores esfuerzos en la plataforma. Esto se debe a que la carga se distribuirá uniformemente en el centro de la estructura, donde no cuenta con un soporte total, lo cual está representado en la figura 34. Esto resulta crucial, ya que permite comprender y anticipar las tensiones y demandas que experimentará la plataforma en esta configuración particular.

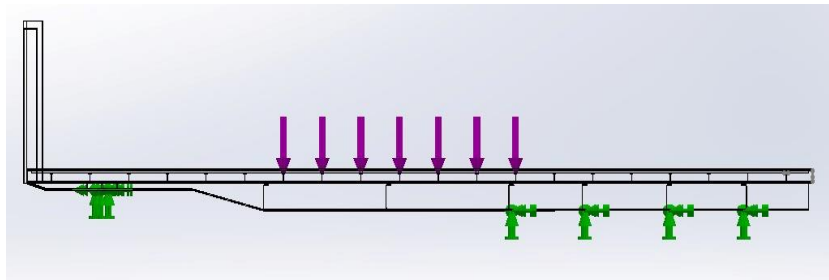


Figura 34. Carga distribuida en escenario 2

3.2.1.3. Escenario 3

En esta situación, la carga se reparte de manera uniforme en la parte trasera de la plataforma, según se señala en la figura 35. Los cuatro puntos de apoyo ubicados debajo de esta área son fundamentales para la estabilidad de la plataforma. Este diseño de carga requiere una evaluación precisa de las fuerzas y momentos en los puntos de apoyo.

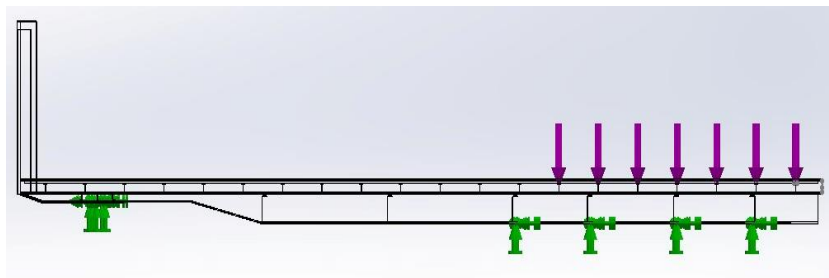


Figura 35. Carga distribuida en escenario 3

3.2.1.4. Escenario 4

La carga se distribuye de manera uniforme en toda el área de la plataforma, como se ilustra en la figura 36. Desde una perspectiva ingenieril, esta configuración se considera la más idónea

para prevenir posibles sobreesfuerzos en la plataforma. Este enfoque garantiza una distribución equitativa de la carga, mitigando tensiones localizadas y promoviendo una respuesta estructural eficiente y segura.

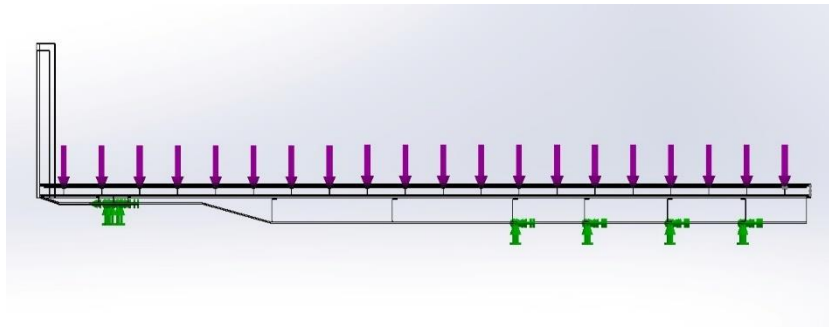


Figura 36. Carga distribuida en escenario 4

3.3. Diseño de base de giro y enganche king pin – quinta rueda

El diseño del plato de enganche debe garantizar la capacidad de resistir una carga vertical correspondiente al 47 % del peso bruto vehicular establecido, con un margen de seguridad de 3.5 como se establece en la Teoría de los vehículos terrestres (Theory of ground vehicles). En lo que respecta a la capacidad de remolque, se requiere que tenga un margen de seguridad que supere el doble del peso bruto vehicular diseñado. Con el fin de calcular las fuerzas horizontales máximas que afectarán la estructura, se utilizan las dimensiones específicas de la plancha de king pin, la cual está fabricada con acero ASTM A-36. Esta aproximación técnica garantiza la solidez estructural y la habilidad de carga del mecanismo de enganche en diversas condiciones de operación. La figura 37 muestra las dimensiones de la base de giro del king pin.

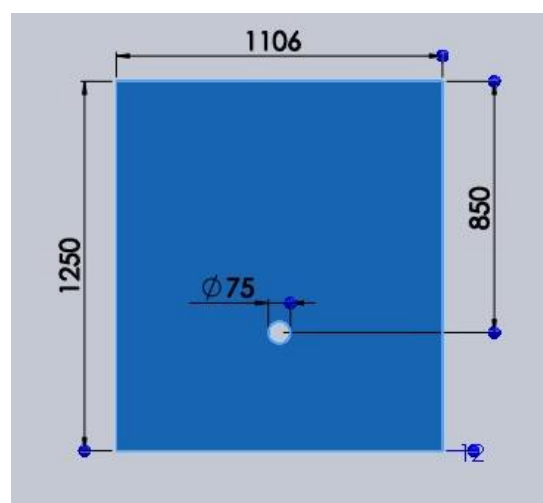


Figura 37. Dimensiones de la base de giro en [mm]

La figura 38 representa la distribución de las cargas horizontales y verticales a las cuales está sometida la base de giro del king pin.

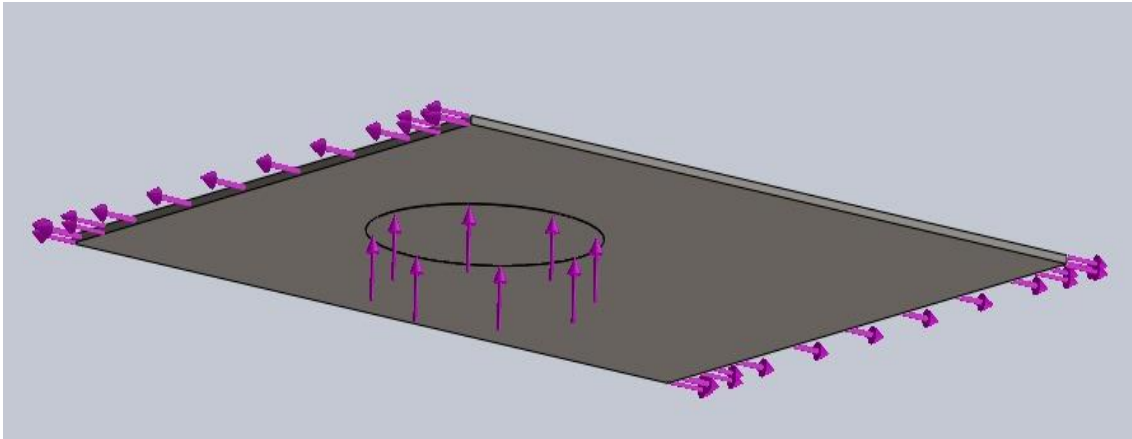


Figura 38. distribución de las cargas horizontales y verticales

- **Cargas verticales**

$$F_{y \min} = 0.47 * 6\ 483 \text{ [kg]} \quad (5)$$

$$F_{y \min} = 3\ 047 \text{ [kg]}$$

$$F_{y \max} = 0.47 * 26\ 400 \text{ [kg]} + 6\ 483 \text{ [kg]} \quad (6)$$

$$F_{y \max} = 18\ 891 \text{ [kg]}$$

- **Cargas horizontales**

$$F_{x \min} = 2 * 6\ 483 \text{ [kg]} \quad (7)$$

$$F_{x \min} = 12\ 966 \text{ [kg]}$$

$$F_{x \max} = 2 * 26\ 400 \text{ [kg]} + 6\ 483 \text{ [kg]} \quad (8)$$

$$F_{x \max} = 59\ 283 \text{ [kg]}$$

Para calcular los esfuerzos resultantes ante las cargas combinadas, se lleva a cabo con el dimensionamiento del plato de giro, considerando las dimensiones de la estructura. La placa debe presentar una longitud de 110.6 [cm] asegurando así el apoyo sobre las vigas principales y una longitud total de 125 [cm]. Además, se necesita realizar un agujero de 7.5 [cm] para colocar king pin.

El grosor de la plancha se establece a través de un proceso iterativo, considerando un valor de inicio y comprobando que el factor de seguridad estático sea superior a 3.5. Este enfoque técnico asegura la idoneidad estructural del plato de giro en condiciones operativas variadas.

Los niveles de esfuerzo se calculan utilizando la ecuación 9:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (9)$$

Donde:

F: Fuerza aplicada a la base de giro

A: Área de la base de giro

Teniendo en cuenta que la plancha posee un grosor de 1.2 [cm] al reemplazar los datos se obtiene:

- **Tensión horizontal**

$$\sigma_{x \min} = \frac{12\,965.5}{1,2 * (110.6 - 7.5)}$$

$$\sigma_{x \min} = 104.79 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\sigma_{x \max} = \frac{59\,282.75}{12 * (1\,106 - 75)}$$

$$\sigma_{x \max} = 479.16 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

- **Compresión vertical**

El diámetro promedio de una quinta rueda de un tracto camión es de 80 [cm] que se tomara en cuenta para el cálculo de los esfuerzos a compresión

$$\sigma_{y \min} = \frac{3\,046.89}{\pi * \frac{80^2}{4}} = 0.60 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\sigma_{y \max} = \frac{18\,890.75}{\pi * \frac{80^2}{4}} = 3.75 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

3.3.1. Diseño estático de la base de giro

Las propiedades del acero A-36 son las siguientes:

$$S_y = 2\,530 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$S_{ut} = 4\,100 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Esfuerzos principales ecuación 10.

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}^2 + \tau_{xy}^2} \quad (10)$$

Donde: $\sigma_1 > \sigma_2$

$$\sigma_1 = \frac{479.16 + 3.75}{2} + \sqrt{\frac{(479.16 - 3.75)^2}{2} + 0}$$

$$\sigma_1 = 479.16 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\sigma_2 = \frac{479.16 + 3.75}{2} - \sqrt{\frac{(479.16 - 3.75)^2}{2} + 0}$$

$$\sigma_2 = 3.75 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Esfuerzo admisible de acuerdo con la teoría de la energía de deformación ecuación 11

$$S_A = \frac{S_y}{\sqrt{1 - \frac{\sigma_2 + \sigma_2^2}{\sigma_1 + \sigma_1^2}}} \quad (11)$$

$$S_A = \frac{2530}{\sqrt{1 - \left(\frac{3.75}{479.16}\right) + \left(\frac{3.75}{479.16}\right)^2}}$$

$$S_A = 2\,539.87 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Así, el índice de seguridad del diseño estático se expresa en la ecuación 12 como:

$$n_s = \frac{S_A}{\sigma_1} \quad (12)$$

$$n_s = \frac{2\,539.87}{479.16}$$

$$n_s = 5.30 > 3.50$$

3.3.2. Diseño dinámico de la base de giro

Empleando la teoría de la energía de deformación dentro del contexto de la fatiga, se determinan tensiones análogas que sirven para las magnitudes, así como también para los niveles medios de esfuerzo. La ecuación 13 expresa el esfuerzo medio seguido de la ecuación 14 que representa el esfuerzo de amplitud. Esta evaluación se realiza mediante la siguiente expresión matemática

$$\sigma_m = \frac{(\sigma_{max} + \sigma_{min})}{2} \quad (13)$$

$$\sigma_a = \frac{(\sigma_{max} - \sigma_{min})}{2} \quad (14)$$

Donde:

σ_m : Esfuerzo medio

σ_a : Esfuerzo amplitud

Mediante la consideración de estos esfuerzos, se procede a la evaluación del factor de seguridad mediante la ecuación 15, en el diseño del gráfico que incluye la curva de Goodman alterada, tal y como se ilustra en la figura 39.

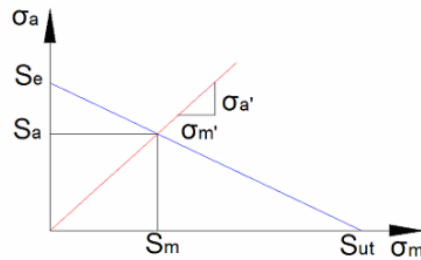


Figura 39. Línea de Goodman modificada

$$n_d = \frac{S_a}{\sigma'_a} = \frac{S_m}{\sigma'_m} \quad (15)$$

Donde:

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_{xm}^2 - \sigma_{xm} * \sigma_{ym} + \sigma_{ym}^2 + 3\tau_{xym}^2} \quad (16)$$

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_{xa}^2 - \sigma_{xa} * \sigma_{ya} + \sigma_{ya}^2 + 3\tau_{xya}^2} \quad (17)$$

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{\sigma'_a + S_e}{\sigma'_m + S_{ut}}} \quad (18)$$

Al reemplazar los datos se obtiene:

$$\sigma_{xm} = \frac{479.16 + 104.79}{2}$$

$$\sigma_{xm} = 291.97 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\sigma_{xa} = \frac{479.16 - 104.79}{2}$$

$$\sigma_{xa} = 187.18 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\sigma_{ym} = \frac{3.75 + 0.60}{2}$$

$$\sigma_{ym} = 2.17 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\sigma_{ya} = \frac{3.75 - 0.60}{2}$$

$$\sigma_{ya} = 1.57 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\sigma'_m = \sqrt{291.97^2 - 291.97 * 2.17 + 2.17^2 + 0}$$

$$\sigma'_m = 290.89 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\sigma'_a = \sqrt{187.18^2 - 187.18 * 1.57 + 1.57^2 + 0}$$

$$\sigma'_a = 186.39 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

La determinación del límite de resistencia a la fatiga de un componente mecánico se realiza mediante la ecuación 19.

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * 0,5 * S_{ut} \quad (19)$$

Donde:

k_a : 0.7 (factor de superficie)

k_b : 0.6 (factor de tamaño)

k_c : 1 (factor de confiabilidad al 50 %)

k_d : 1 (factor de temperatura)

k_t : 0.67 en función del diámetro de la perforación/ancho de la placa

k_t : 2.7; $q = 0,7$

k'_f : $1 + q*(k_t-1) = 1+0.7*(2.7-1)$

k'_f : 2.19

k_e : $\frac{1}{k'_f}$

k_e : 0.46 (factor de modificación por concentración de esfuerzos)

k_f : 1 (factor de efectos varios)

Reemplazando datos de la ecuación 19 se obtiene:

$$S_e = 0.7 * 0.6 * 0.46 * 0.5 * 4100 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$S_e = 396.06 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$S_m = \frac{396.06}{\frac{186.39}{290.89} + \frac{396.06}{4100}}$$

$$S_m = 537.13 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

El factor de diseño dinámico para la base de giro sustituyendo en la ecuación 15 es de:

$$n_d = \frac{537.13}{290.89}$$

$$n_d = 1.84$$

3.4. Diseño de soportes para la base de giro

Con el propósito de prevenir la sobrecarga en la base de giro, se han concebido elementos de soporte interno, los cuales constan de dos perfiles IPN 120, según se ilustra en la figura 40.

En el diseño de estos elementos, se considera la carga en kilogramos por metro lineal, la cual se distribuirá de manera uniforme sobre dichos soportes. Esta carga se determina a partir de la máxima fuerza vertical ejercida sobre la base de giro del King pin, dividiendo dicha fuerza entre los dos soportes y multiplicándola por una longitud de 0.96 [m].

Así, la carga aplicada en este escenario es:

$$W = \frac{18\,890.75 \text{ [kg]}}{2} * 0.96 \text{ [m]}$$
$$W = 9\,067.57 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]$$

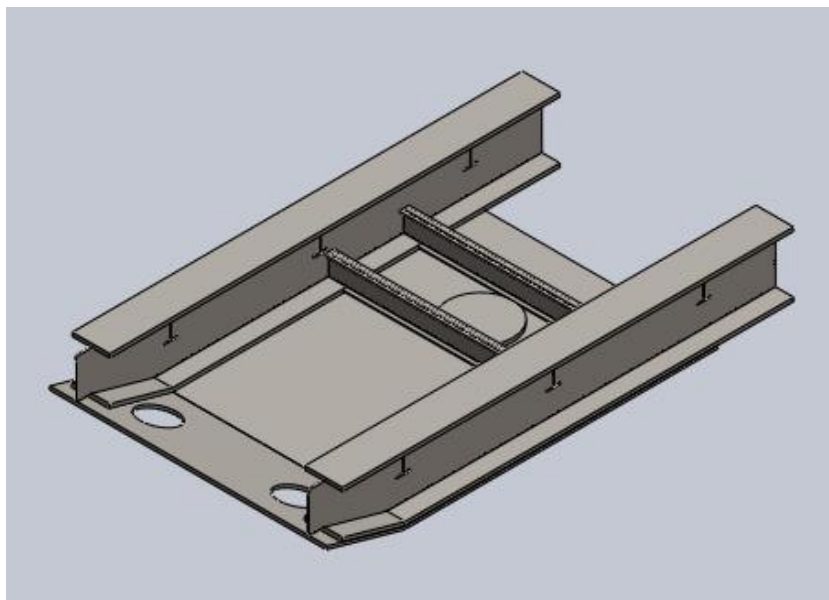


Figura 40. Soportes para la base de giro

Al aplicar las cargas a través del software de simulación, se han obtenido los siguientes resultados:

- La figura 41 exhibe un análisis estático de la tensión de Von Mises en el perfil IPN 120, la cual no supera el límite elástico. Esto indica que las dimensiones del perfil son apropiadas y han sido correctamente dimensionadas para resistir las cargas aplicadas.

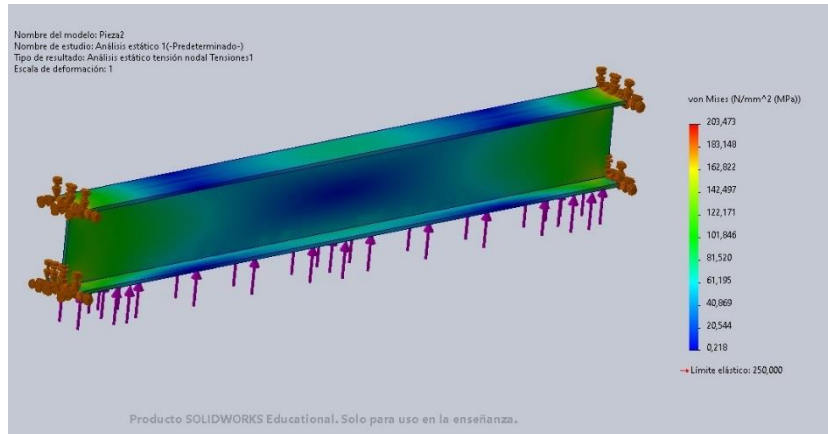


Figura 41. Análisis estático de la tensión de Von Mises

3.5. Diseño de travesaños

La concepción de los travesaños debe contemplar una zona efectiva de aplicación de carga para asegurar la idoneidad de su diseño. Para calcular la carga que incide en los travesaños, se realiza una división de la carga total viva (CTV) en la plataforma entre el producto del largo y ancho de la estructura, dividiendo luego por el área efectiva de los propios travesaños.

Se tiene dos casos de diseño, el primero que sería la distancia entre las vigas y el segundo que vendría en voladizo. En la figura 42 se observa el esquema de los travesaños.

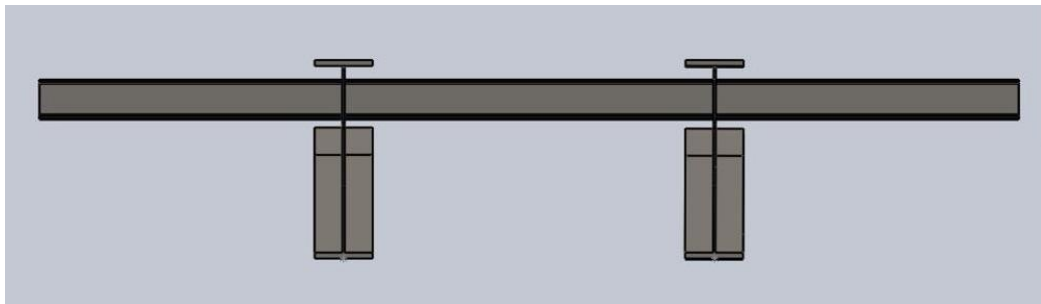


Figura 42. Esquema de travesaños

El área efectiva de la plataforma se muestra a continuación:

$$A_p = 12.20 [m] * 2.45 [m]$$

$$A_p = 30.99 [m^2]$$

Para obtener la carga efectuada sobre la estructura en kilogramo por metro cuadrado se divide la carga CTV sobre el área.

$$CTV' = \frac{34\,320[kg]}{30.99[m^2]}$$

$$CTV' = 1\ 107.5 \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

Cada travesaño exhibe una superficie efectiva que se calcula mediante la multiplicación de la separación entre travesaños y la dimensión de la sección comprendida entre las vigas principales. Este parámetro es crucial para la evaluación precisa de la capacidad de carga y la distribución de fuerzas en la estructura, ya que la determinación del área efectiva contribuye significativamente al diseño técnico y al rendimiento integral de los travesaños.

$$A_t = 0.60 [m] * 0.96 [m]$$

$$A_t = 0.57 [m^2]$$

A continuación, se muestra el peso al cual estará sometido el travesaño en este caso de estudio en la ecuación 20.

$$P = CTV' * A_t \quad (20)$$

$$P = 1\ 107.5 * 0.57$$

$$P = 631.27 [kg]$$

Para calcular la carga por metro lineal, se realiza la multiplicación de los valores de carga por la amplitud del área en la que se aplica la carga, en este caso es 96 [cm].

$$W = 6.57 \left[\frac{kg}{cm} \right]$$

El cálculo del momento para el travesaño en este caso se obtiene mediante la ecuación 21:

$$M = \frac{WL^2}{8} \quad (21)$$

Donde:

L=longitud efectiva del travesaño

Reemplazando de la ecuación 21 se tiene que:

$$M = \frac{6.57 \left[\frac{kg}{cm} \right] * 96^2 [cm^2]}{2}$$

$$M = 7\ 568.64 [kg \cdot cm]$$

El material empleado en los perfiles corresponde al acero estructural ASTM A36 y su esfuerzo de fluencia es $F_y = 2\ 530 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$

$$F_b = 0.6 * F_y$$

$$F_b = 1\,521 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

El cálculo del módulo de sección necesario para contrarrestar el momento se realiza a través de la ecuación 22.

$$S_x \geq \frac{M}{F_b} \tag{22}$$

$$S_x \geq \frac{7\,568.64 [kg \cdot cm]}{1\,521 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]}$$

$$S_x \geq 4.97 [cm^3]$$

La figura 43 muestra los resultados obtenidos en lo que respecta al índice de seguridad realizando la simulación en el software especializado para el travesaño en la sección entre la viga principal.

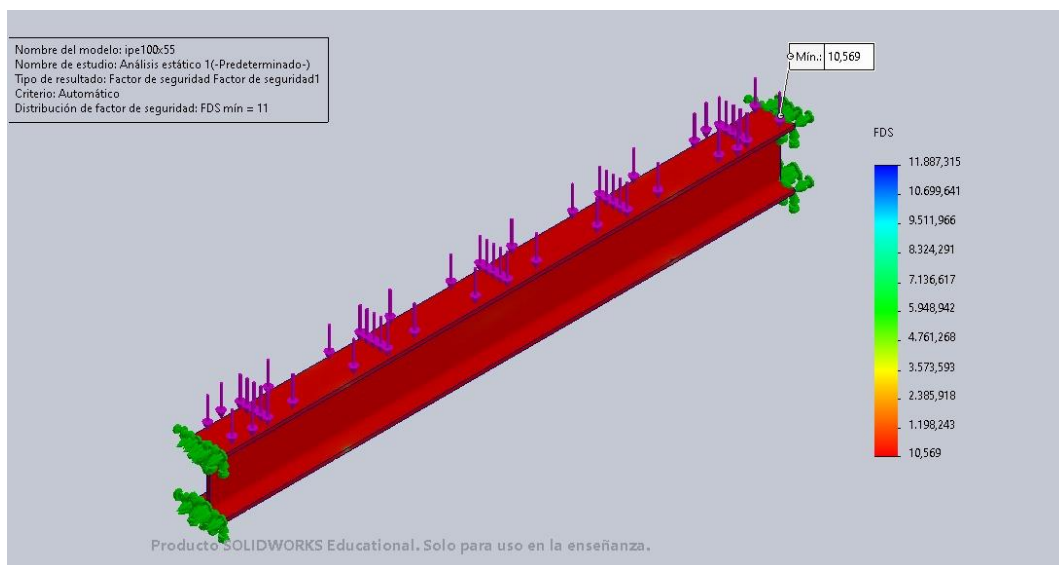


Figura 43. Factor de seguridad del travesaño en la sección entre la viga principal

Para el cálculo del travesaño en el caso de voladizo la distancia $L = 78 [cm]$ se obtiene el momento mediante la ecuación 23:

$$M = \frac{wL^2}{2} \tag{23}$$

$$M = \frac{6.67 \left[\frac{kg}{cm} \right] * 78^2 [cm^2]}{2}$$

$$M = 20\,290 [kg \cdot cm]$$

El módulo de sección para el caso del travesaño en voladizo reemplazando en la ecuación 22 es el siguiente:

$$S_x \geq \frac{20\,290 \text{ [kg} \cdot \text{cm]}}{1\,521 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]}$$

$$S_x \geq 13.34 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Se selecciona el perfil tipo IPE 100 para los travesaños cuyo módulo de sección es $S_x = 34.2 \text{ [cm}^3\text{]}$ mayor al S_x calculado de $13.34 \text{ [cm}^3\text{]}$ lo que valida la selección de este perfil.

La figura 44 muestra los resultados obtenidos con respecto al factor de seguridad realizando la simulación en el software especializado para el travesaño en voladizo.

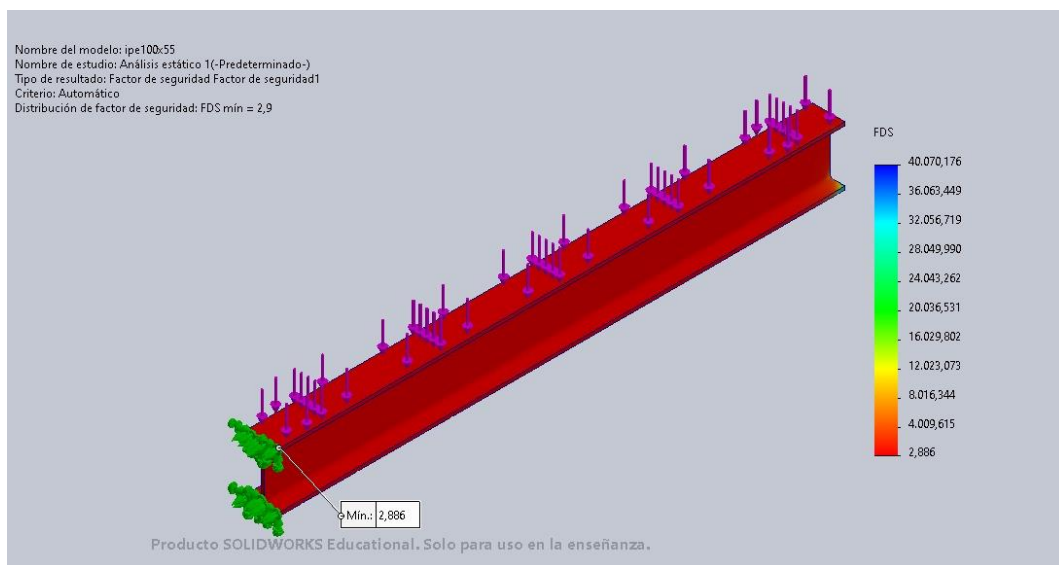


Figura 44. Factor de seguridad para el travesaño en voladizo

3.6. Representación gráfica de resultados en los escenarios para la viga principal

3.6.1. Escenario 1

En la figura 45 se evidencia el esquema realizado para la viga principal donde se muestra la distancia a los cuales estarán ubicados los apoyos.

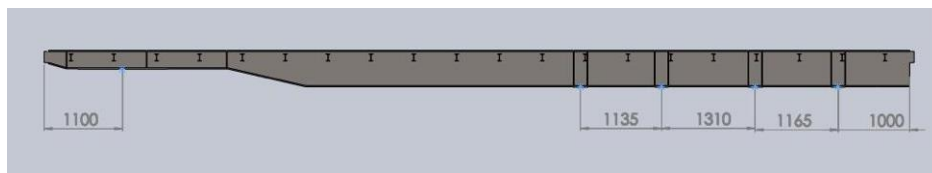


Figura 45. Esquema de la viga principal

3.6.1.1. Tensiones

La simulación de cargas de tensión en la viga se llevó a cabo mediante el método de elementos finitos, utilizando el software de simulación (SolidWorks). En el primer escenario, se aplicó una fuerza en la parte delantera de la viga y los resultados revelaron una máxima tensión de 56 [MPa]. Es importante destacar que este valor se compara con la elasticidad máxima del material, que es de 250 [MPa]. En la figura 46 se observa las tensiones en el escenario 1.

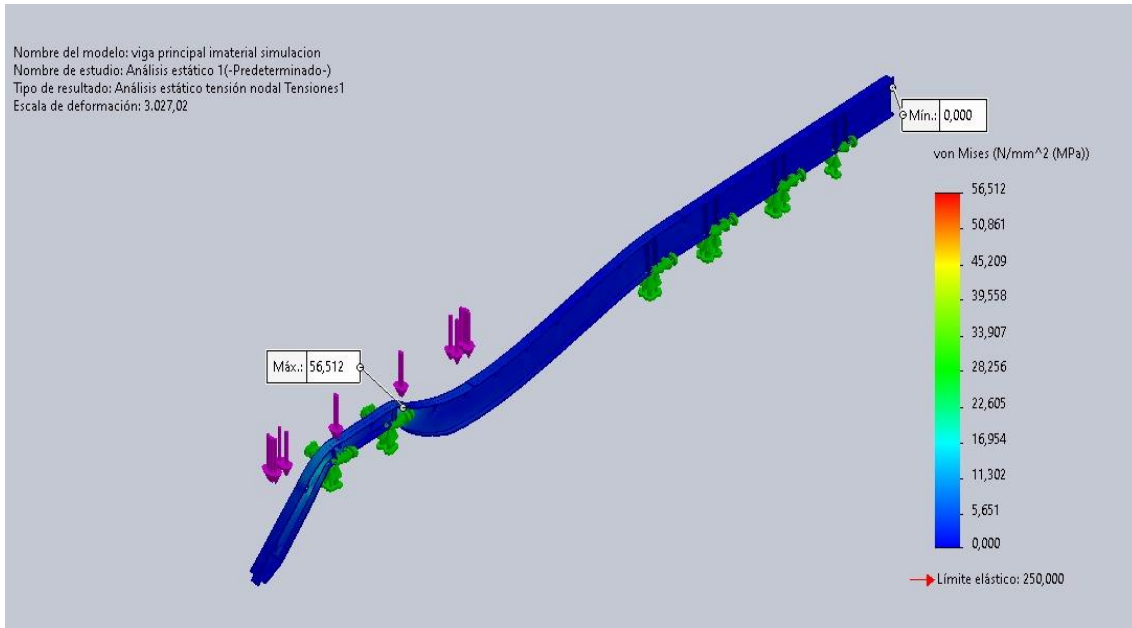


Figura 46. Tensión

3.6.1.2. Desplazamiento

En el escenario en el que se aplicó la fuerza en la parte delantera, se observó un desplazamiento resultante de 0.405 [mm]. Este dato es esencial para comprender la deformación y la respuesta estructural de la viga bajo la carga aplicada. La magnitud del desplazamiento es un indicador crítico para evaluar la estabilidad y la integridad de la estructura. La figura 47 muestra la magnitud del desplazamiento obtenido en el escenario 1.

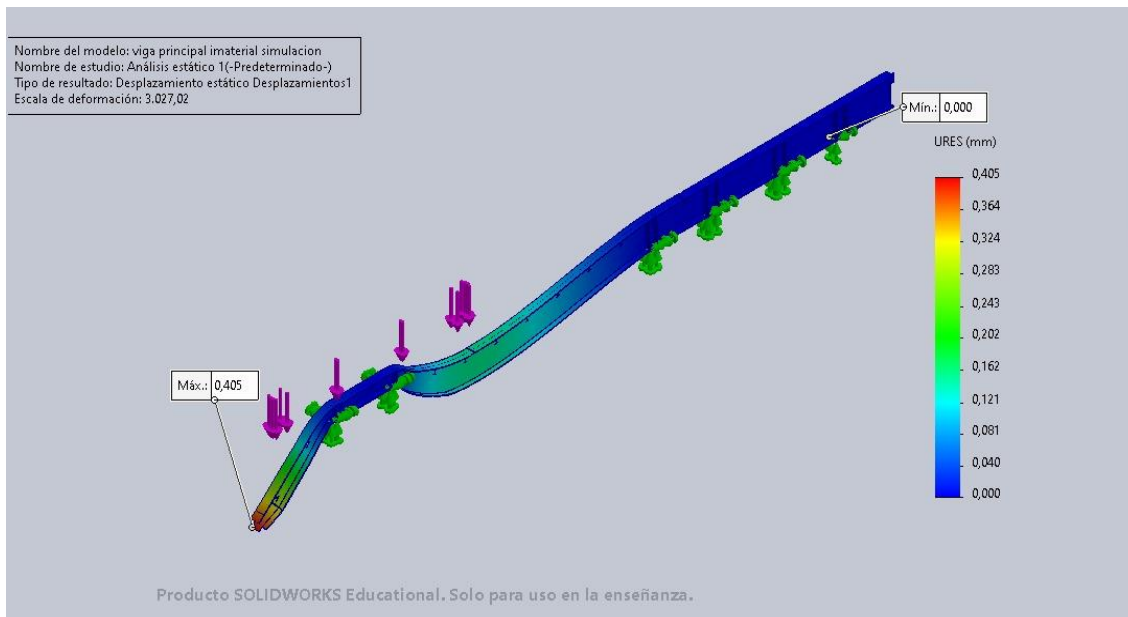


Figura 47. Desplazamiento

3.6.1.3. Factor de seguridad

En el escenario en el que se aplicó la fuerza en la parte delantera, el factor de seguridad calculado fue de 4.4. Este valor es crucial para evaluar la capacidad de la estructura para resistir cargas sin exceder su límite de elasticidad. Un factor de seguridad de 4.4 indica un amplio margen entre la carga aplicada y el límite estructural, proporcionando un nivel de seguridad considerable, lo cual se evidencia en la figura 48.

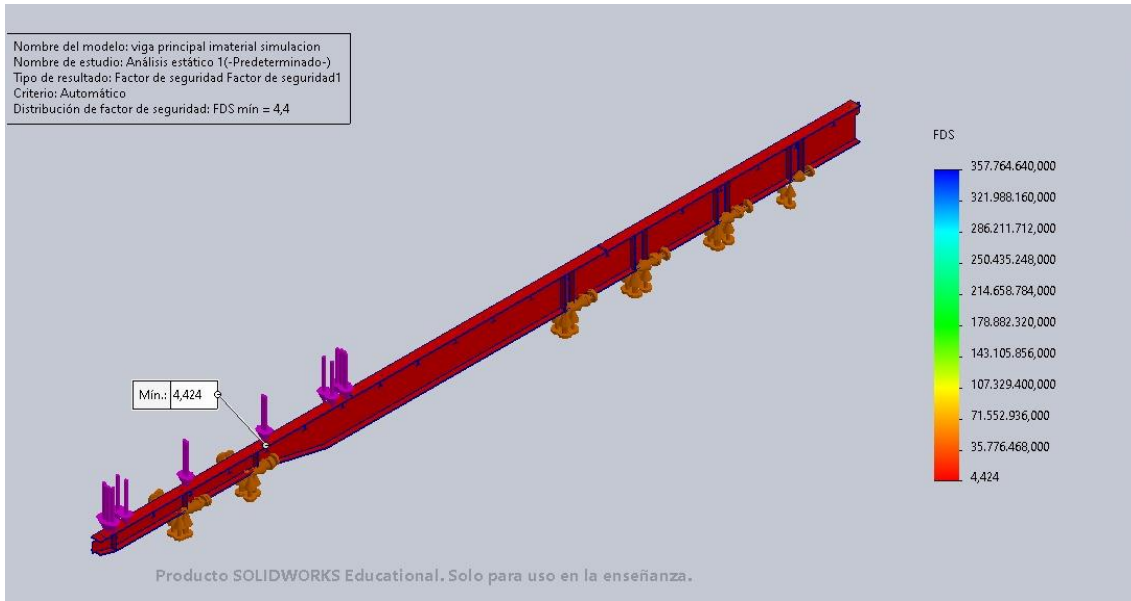


Figura 48. Factor de seguridad

3.6.2. Escenario 2

3.6.2.1. Tensión

En el segundo escenario de simulación, la fuerza fue aplicada en la parte media del chasis y los resultados revelaron una máxima tensión de 57 826 [MPa], esto se observa en la figura 49.

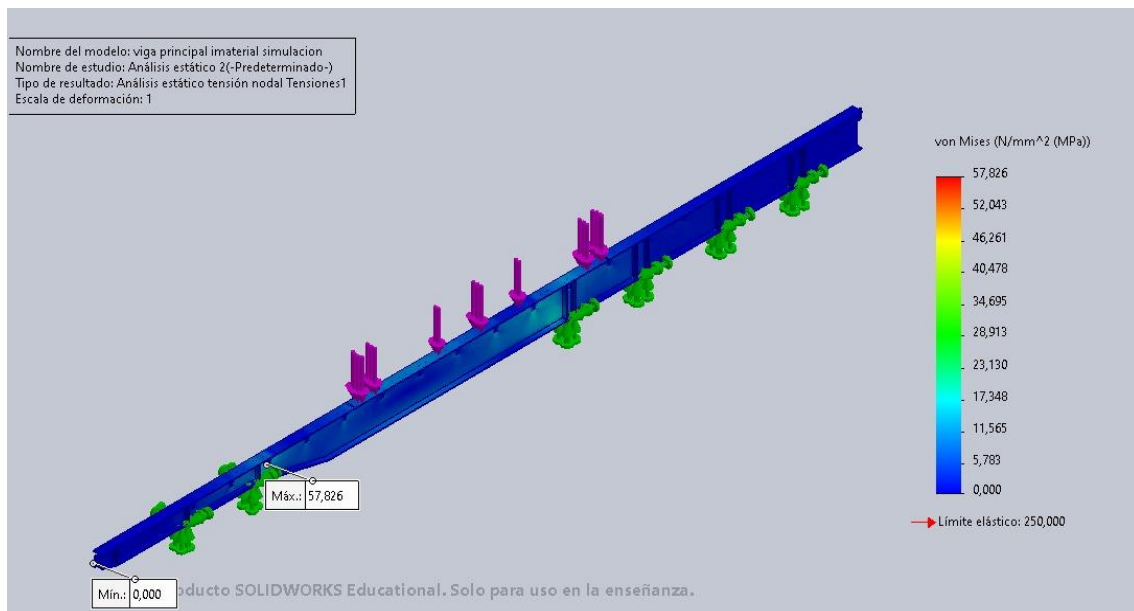


Figura 49. Tensión

3.6.2.2. Desplazamiento

En el segundo escenario de simulación, donde se aplicó la fuerza en la parte media del chasis,

se obtuvo un resultado significativo en cuanto al desplazamiento de la viga. El análisis reveló un desplazamiento total de 0.495 [mm], valores representados en la figura 50.

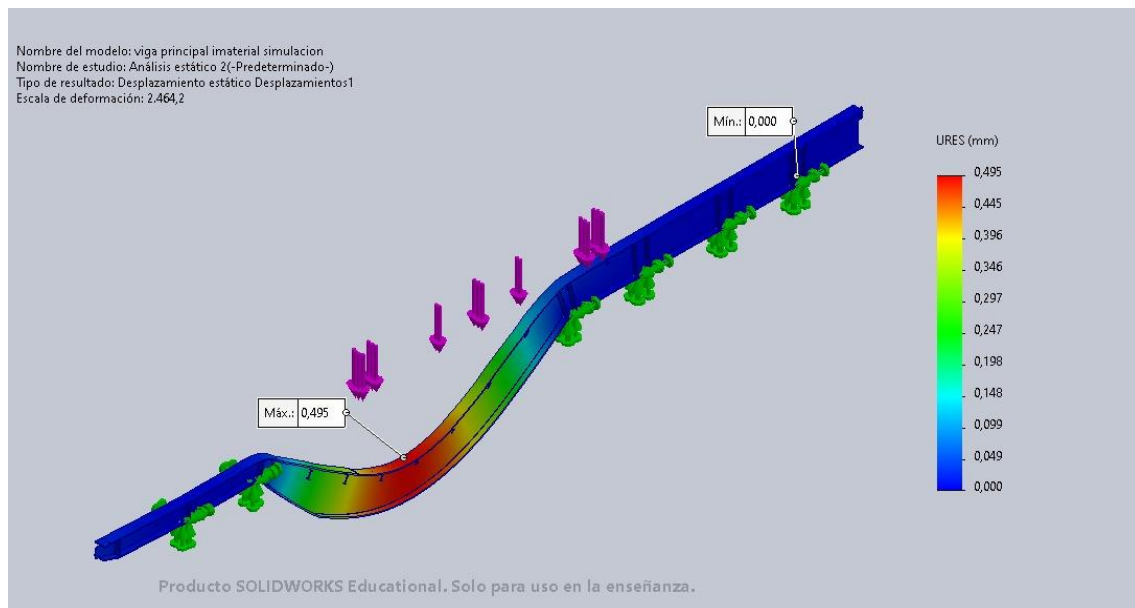


Figura 50. Desplazamiento

3.6.2.3. Factor de seguridad

En el segundo escenario de simulación, en el cual se aplicó la fuerza en la parte media del chasis, el análisis ha revelado un factor de seguridad de 4.3. Estos reflejan un margen sustancial entre la carga aplicada y la capacidad estructural de la viga, proporcionando un nivel de seguridad significativo, lo cual se evidencia en la figura 51.

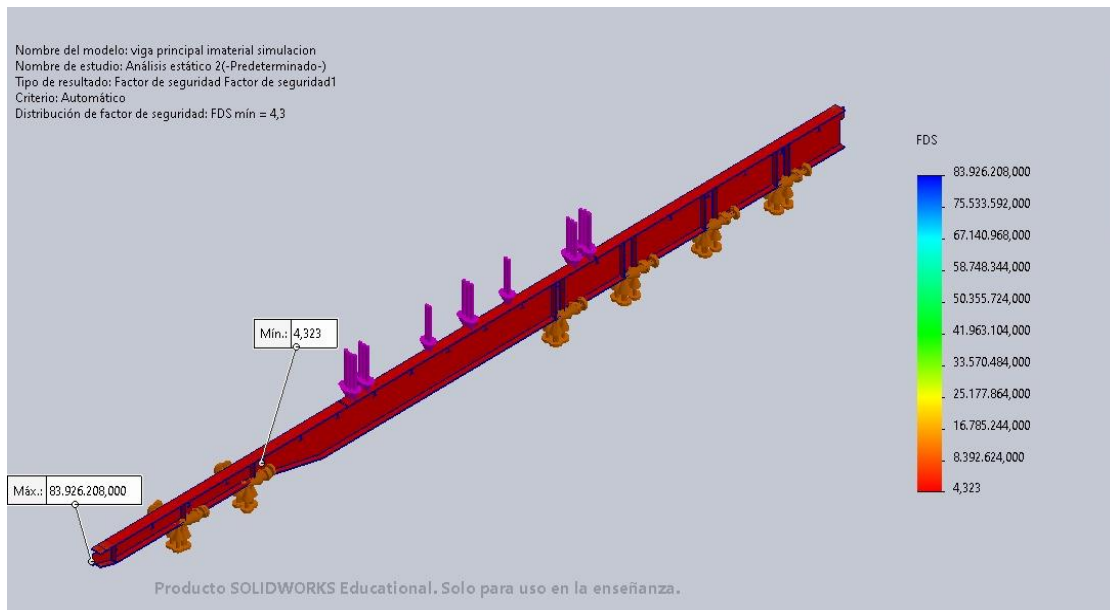


Figura 51. Factor de seguridad

3.6.3. Escenario 3

3.6.3.2. Tensión

En el tercer escenario de simulación, representado en la figura 52 se aplicaron cargas en la parte posterior de la viga y los resultados revelaron una máxima tensión de 17.41 [MPa], la baja tensión registrada indica un amplio margen de seguridad, lo que es fundamental para asegurar la integridad estructural.

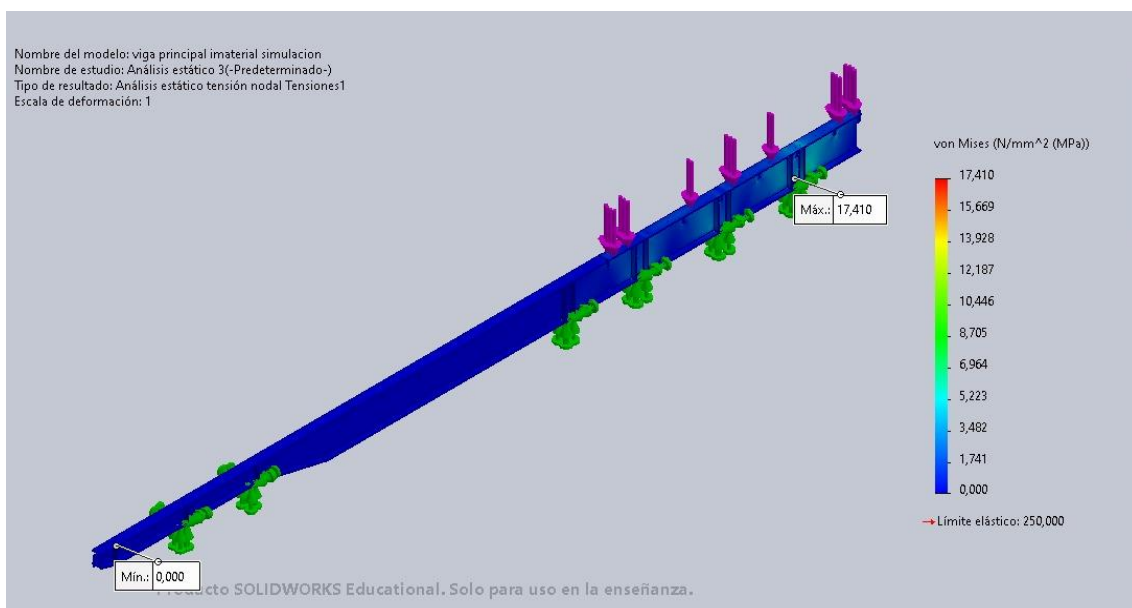


Figura 52. Tensión

3.6.3.3. Desplazamiento

En el tercer escenario de simulación, ilustrado en la figura 53 donde las cargas fueron aplicadas en la parte posterior de la viga, se obtuvieron resultados notables en cuanto al desplazamiento. El análisis reveló un desplazamiento total de 0.062 [mm], indicando una deformación mínima en respuesta a la carga específica en la parte posterior. Es importante tener en cuenta que la distribución de puntos de apoyo en la parte posterior contribuye a la estabilidad de la viga, reflejándose en tensiones y desplazamientos relativamente bajos.

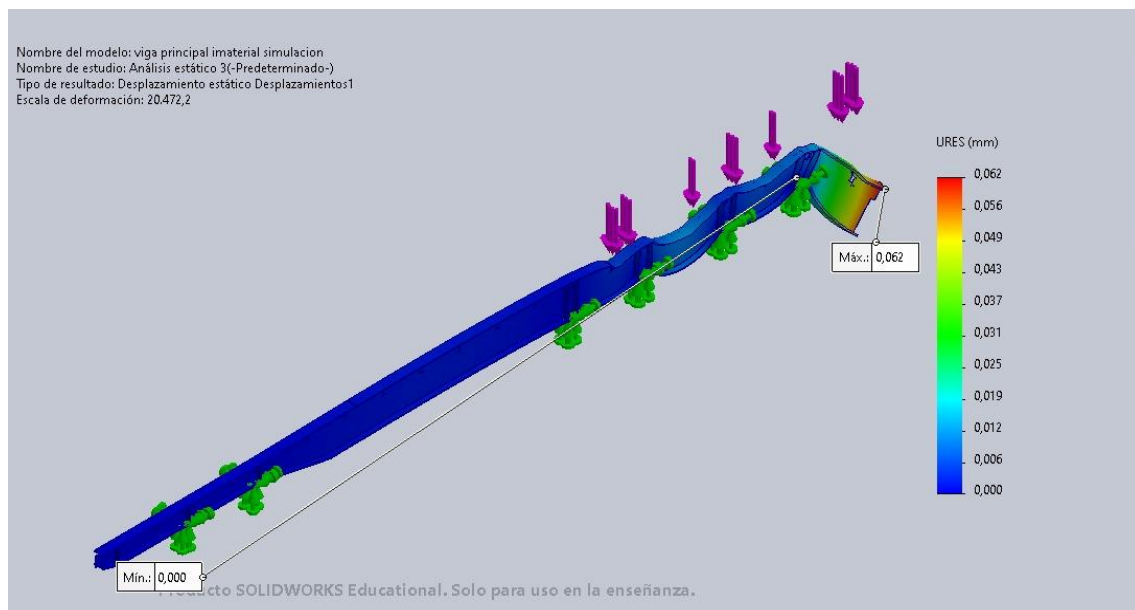


Figura 53. Desplazamiento

3.6.3.4. Factor de seguridad

En el tercer escenario de simulación, distinguido por la aplicación de cargas en la parte posterior de la viga, el análisis arrojó un factor de seguridad considerable de 14. El elevado factor de seguridad indica un amplio margen entre la carga aplicada y la capacidad estructural de la viga, proporcionando una medida robusta de la seguridad estructural. Esto es evidente en la figura 54.

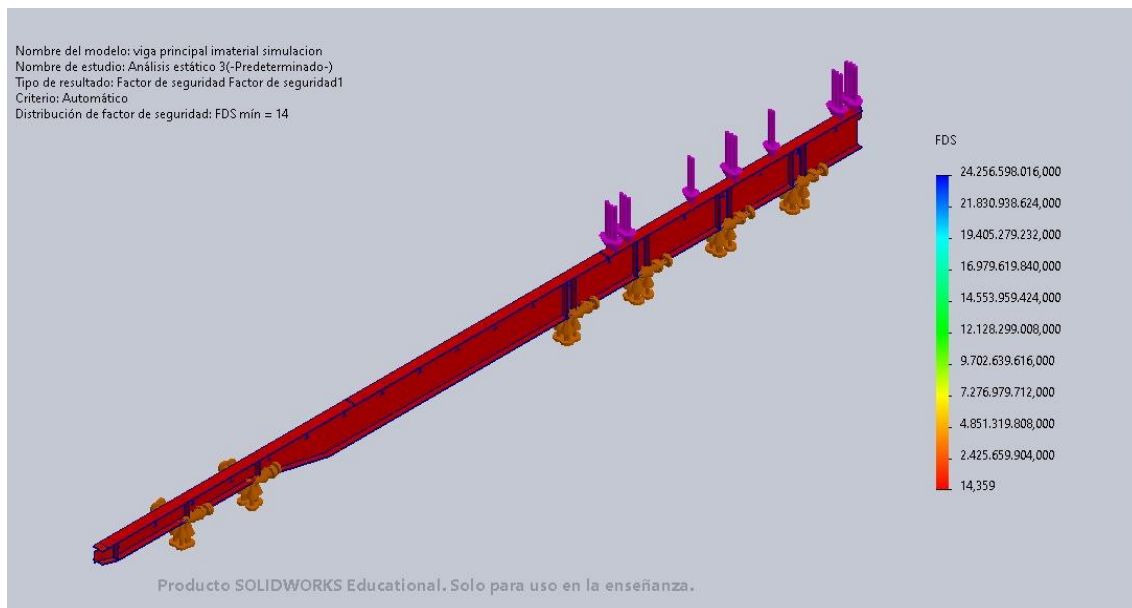


Figura 54. Factor de seguridad

3.6.4. Escenario 4

3.6.4.2. Tensión

En el cuarto escenario de simulación, donde la carga se distribuyó uniformemente por toda la viga, se registró una máxima tensión de 39 378 [MPa]. A pesar de la carga distribuida, la tensión resultante sigue estando por debajo del límite de elasticidad, sugiriendo un rendimiento estructural adecuado, esto se representa en la figura 55.

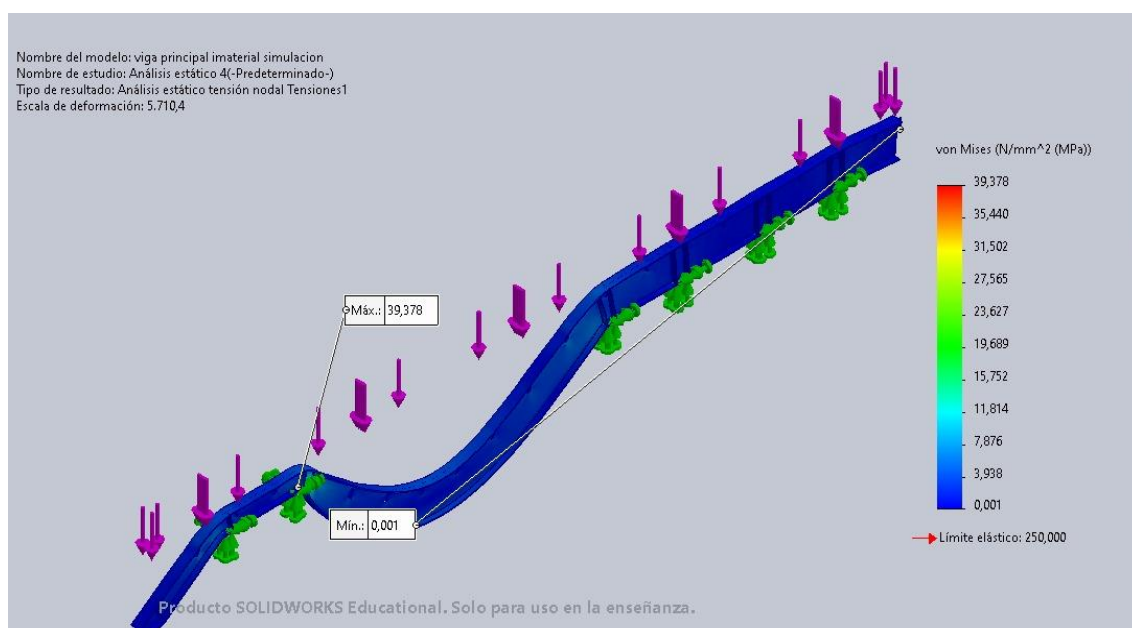


Figura 55. Tensión

3.6.4.3. Desplazamiento

En el cuarto escenario de simulación, representado en la figura 56, se caracteriza por una carga distribuida uniformemente a lo largo de toda la viga, se observó un desplazamiento total de 0.214 [mm]. Este resultado indica la deformación experimentada por la viga en respuesta a la carga distribuida. A pesar de la distribución de la carga, el desplazamiento resultante sigue siendo relativamente bajo, sugiriendo una respuesta estructural adecuada frente a las condiciones de carga analizadas.

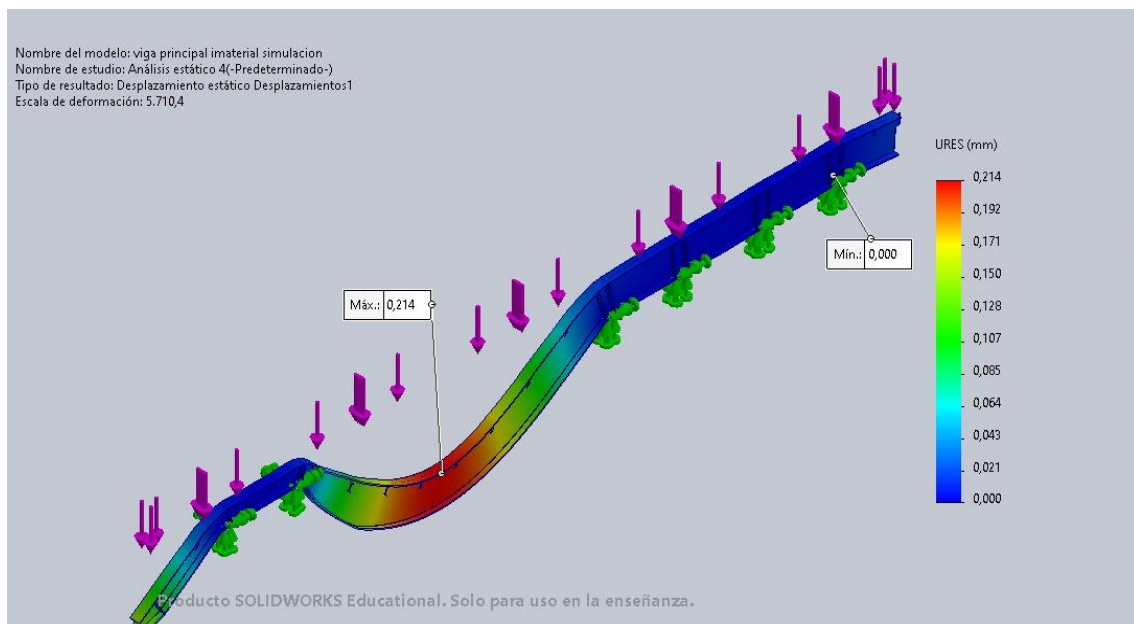


Figura 56. Desplazamiento

3.6.4.4. Factor de seguridad

En el cuarto escenario de simulación, ilustrado en la figura 57 se obtuvo un robusto factor de seguridad de 6.3. Un factor de seguridad elevado indica un margen sustancial entre la carga aplicada y la capacidad estructural de la viga, subrayando su resistencia y rendimiento seguro.

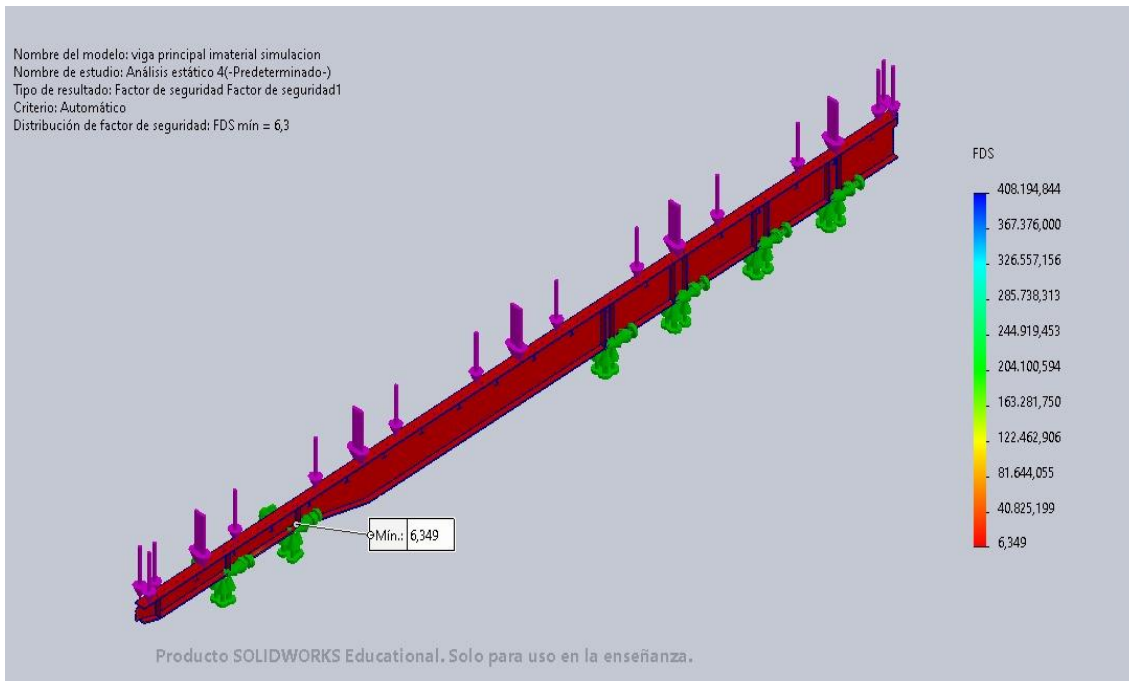


Figura 57. Factor de seguridad

3.7. Simulación de la estructura

Tras completar la simulación de la viga principal y llevar a cabo el diseño del plato de giro del king pin, que son componentes críticos en la conformación de la estructura de la plataforma, se procede a realizar la simulación integral de la estructura, incorporando todos sus elementos interconectados. Este análisis se ejecuta para abordar los cuatro escenarios de trabajo previamente formulados, garantizando así una evaluación de la respuesta estructural en diversas condiciones operativas. Una vez realizada la simulación de la viga principal y el diseño del plato de giro del king pin, que son los elementos más importantes dentro de la conformación de la estructura de la plataforma, se procede con la simulación de la estructura con todos sus elementos adheridos y se realiza para los 4 escenarios de trabajo anteriormente planteados. Para la simulación en la estructura de la plataforma, se utilizará la carga total viva CTV aplicada en los diferentes escenarios de trabajo.

$$CTV = 336\ 679 [N]$$

3.7.2. Escenario 1

3.7.2.2. Tensión

En el primer caso de simulación, en el cual se distribuyó la carga en la sección frontal de la estructura, se observó una tensión máxima de 133.55 [MPa]. A pesar de la distribución de carga en este escenario inicial, la tensión resultante permanece por debajo del límite elástico, indicando un desempeño estructural satisfactorio, de manera que se ilustra en la figura 58.

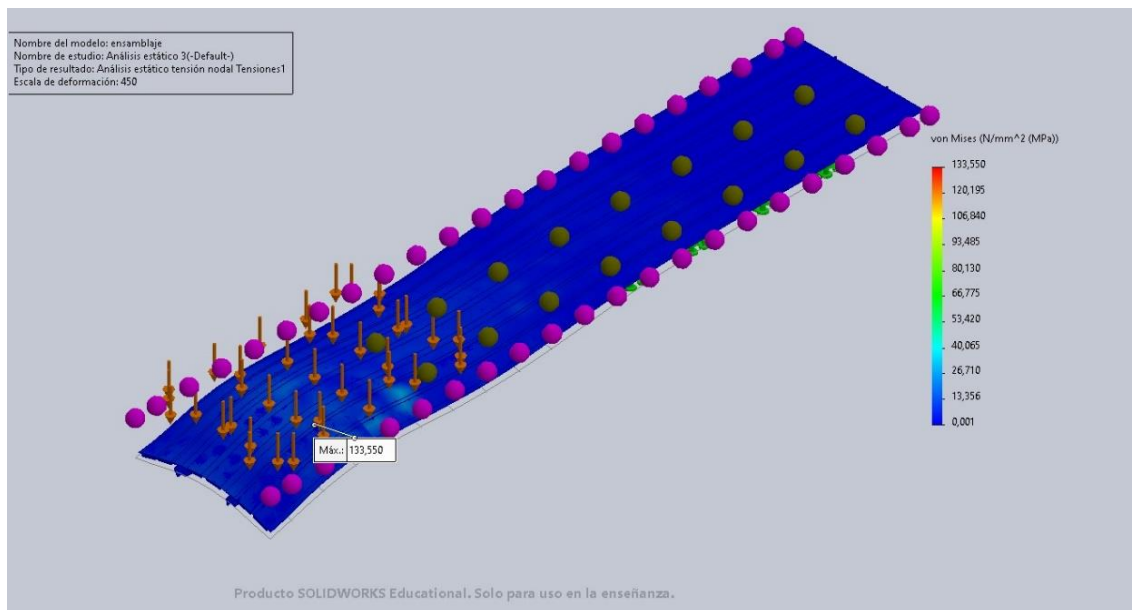


Figura 58. Tensión

3.7.2.2. Desplazamientos

El primer escenario de simulación, donde se aplicaron las cargas en la sección frontal de la estructura, se destacaron resultados significativos en relación con el desplazamiento. La evaluación reveló un desplazamiento máximo de 1.527 [mm], señalando una deformación mínima en respuesta a la carga específica en la parte delantera. Es crucial considerar que los

puntos de apoyo en la sección frontal corresponden al king pin, el cual descansa sobre el chasis del tractocamión. Tal como se exhibe en la figura 59.

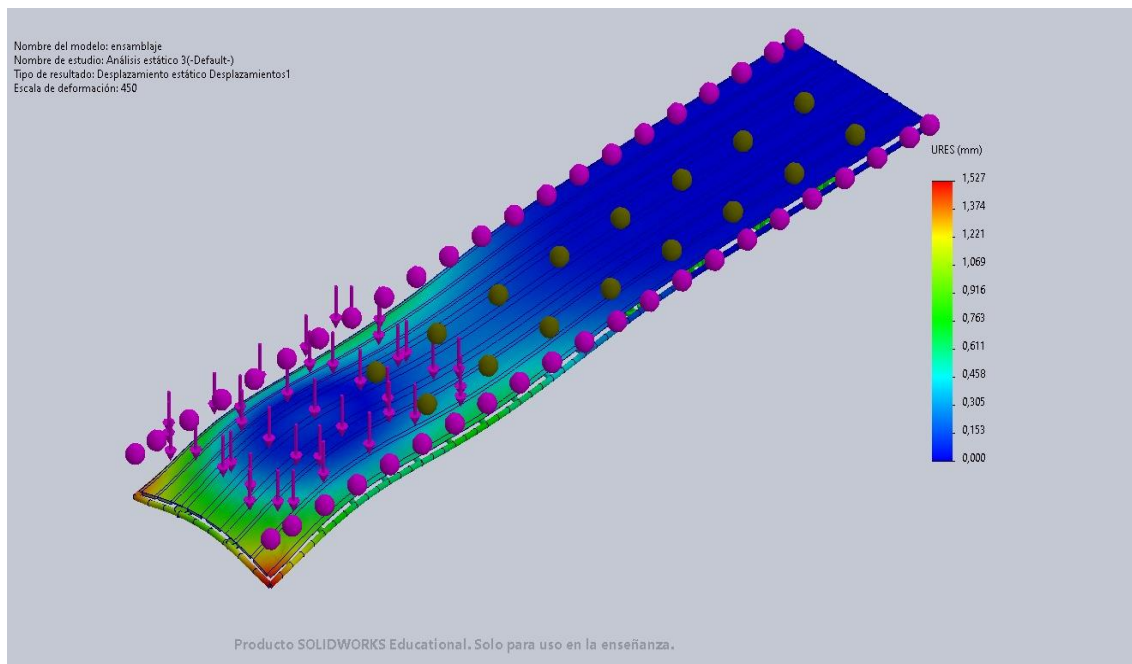


Figura 59. Desplazamiento

3.7.2.3. Factor de seguridad

La figura 60 exhibe el factor de seguridad obtenido para el primer escenario, siendo este un parámetro para la evaluación de la capacidad de la estructura en resistir las cargas sin superar su límite de elasticidad y desplazamiento. Un índice de seguridad de 1.9 señala que, aunque la estructura puede soportar las cargas aplicadas, no se recomienda concentrar toda la carga exclusivamente en este sector.

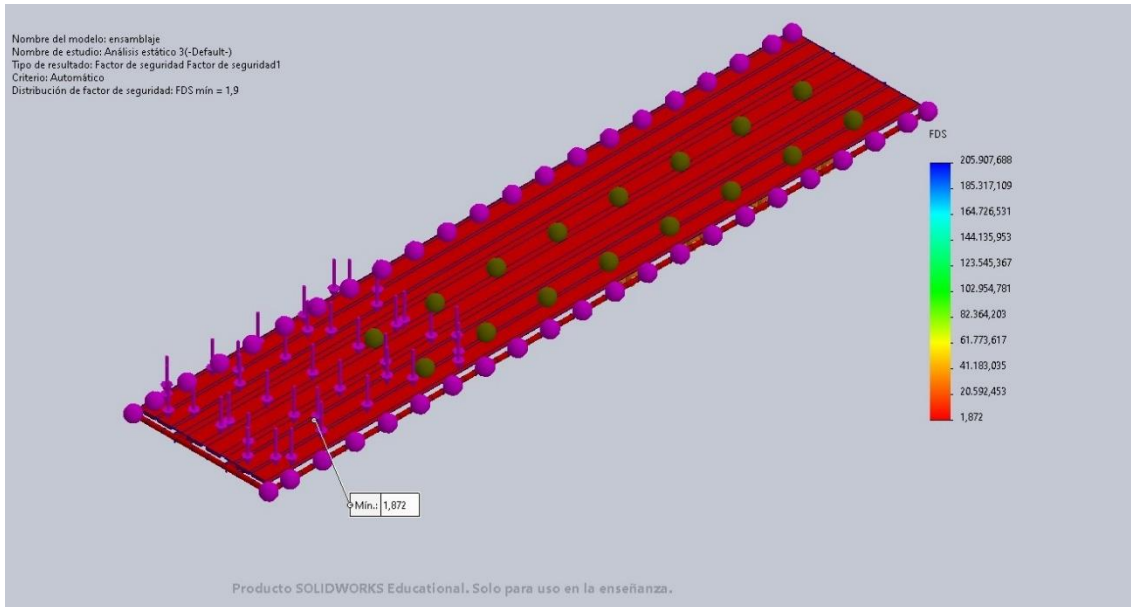


Figura 60. Factor de seguridad

3.7.3. Escenario 2

3.7.3.2. Tensión

En el segundo escenario, en el cual se distribuyó la carga en la sección media de la estructura, se observó una tensión máxima de 219.42 [MPa]. A pesar de la distribución de carga en este escenario, la tensión resultante máxima permanece por debajo del límite elástico, indicando un desempeño estructural aceptable, tal como se ilustra en la figura 61.

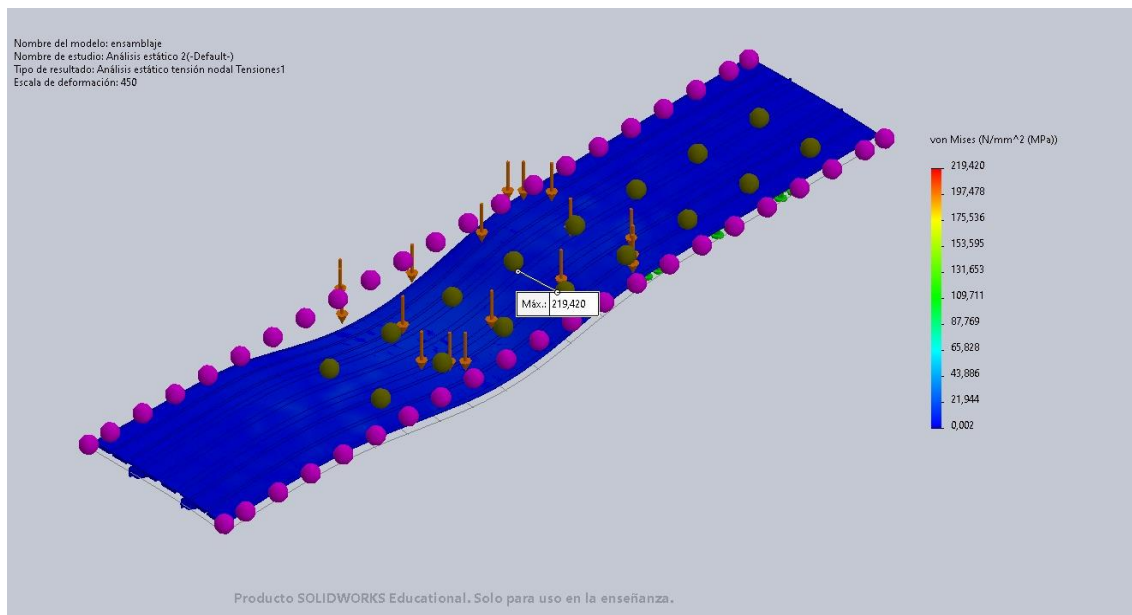


Figura 61. Tensión

3.7.3.2. Desplazamientos

En la simulación correspondiente al segundo escenario, donde las cargas se aplicaron en la sección central de la estructura, se registró un desplazamiento máximo de 1.28 [mm], tal como se evidencia en la figura 62.

La deflexión permisible en la viga principal en el tramo más propenso a deflexión es $L/500$ reemplazando valores se tiene:

$$[\Delta] = 6\,500 \text{ [mm]} / 500 = 13 \text{ [mm]}$$

$$1.8 \text{ [mm]} < 13 \text{ [mm]}$$

$$\Delta < [\Delta]$$

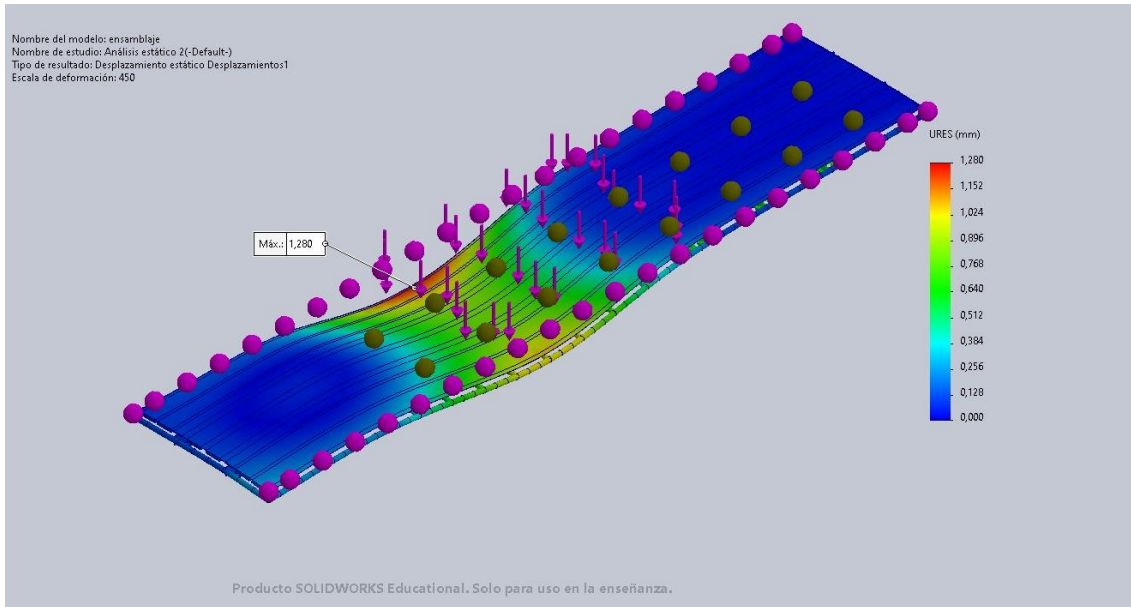


Figura 62. Desplazamiento

3.7.3.3. Factor de seguridad

La figura 63 presenta el factor de seguridad calculado para el segundo escenario, un parámetro crítico en la evaluación de la capacidad de la estructura para resistir las cargas sin exceder sus límites de elasticidad y desplazamiento. Con un factor de seguridad de 1.13, se señala que, aunque la estructura puede soportar las cargas aplicadas, no se aconseja distribuir toda la carga exclusivamente en esta sección. Esto se debe a que, según se observa en la figura 34, en este escenario las cargas no están completamente apoyadas en las sujeciones.

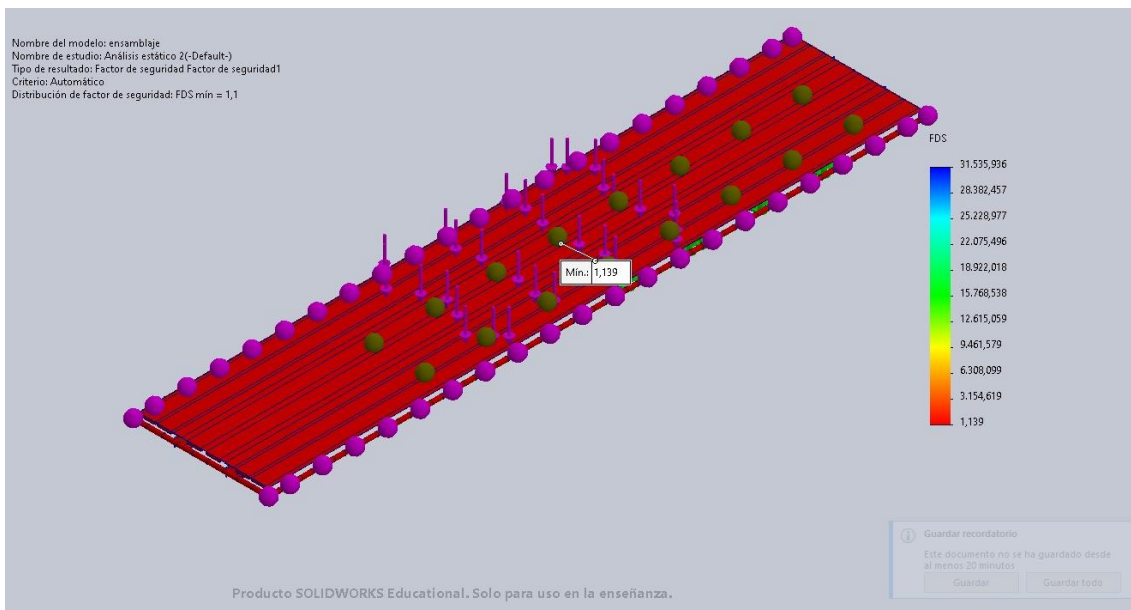


Figura 63. Factor de seguridad

3.7.4. Escenario 3

3.7.4.2. Tensión

En el tercer escenario de simulación, donde se dispuso la carga en la sección posterior de la estructura, se detectó una tensión máxima de 72.88 [MPa]. A pesar de la distribución de carga en esta configuración, la tensión resultante se mantiene por debajo del límite elástico, evidenciando un rendimiento estructural adecuado, según se ilustra en la figura 64.

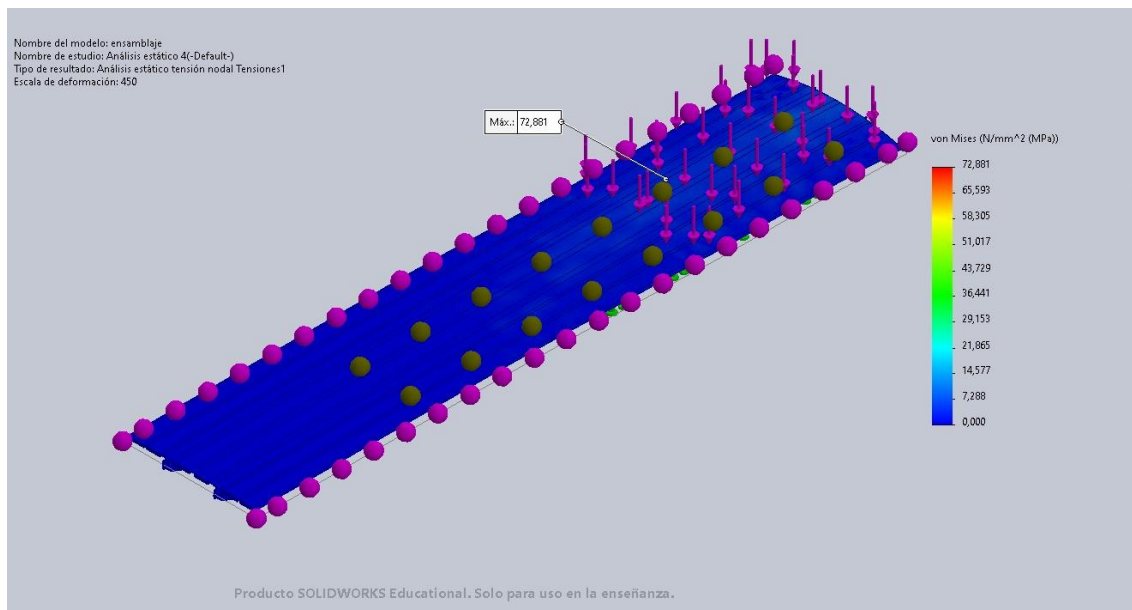


Figura 64. Tensión

3.7.4.2. Desplazamientos

Los resultados de los desplazamientos en el tercer escenario de simulación, donde la carga se encuentra distribuida en la sección trasera y a su vez, se apoya sobre los soportes de la suspensión de la plataforma, se presentan en la figura 65. El desplazamiento máximo registrado es de 0.46 [mm], indicando una deformación mínima en la sección posterior de la estructura.

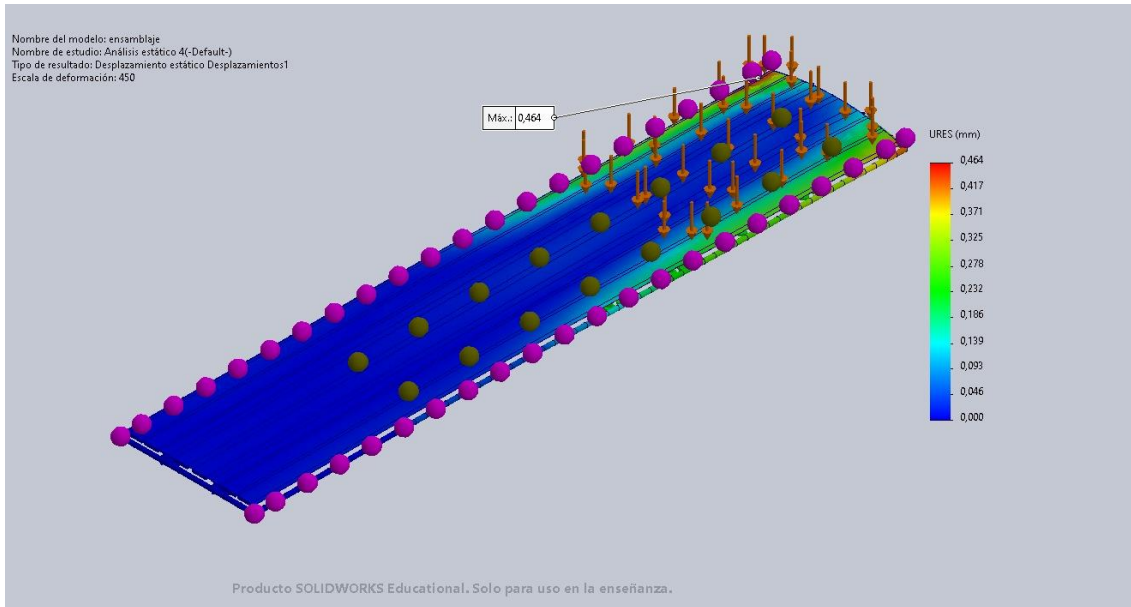


Figura 65. Desplazamientos

3.7.4.3. Factor de seguridad

La figura 66 exhibe el factor de seguridad logrado para el tercer escenario, caracterizado por la aplicación de carga en la sección posterior de la estructura. Los resultados revelan un factor de seguridad de 3.4, indicando que este escenario se considera óptimo para la ubicación de carga, especialmente en situaciones que impliquen una distribución parcial a lo largo de la estructura.

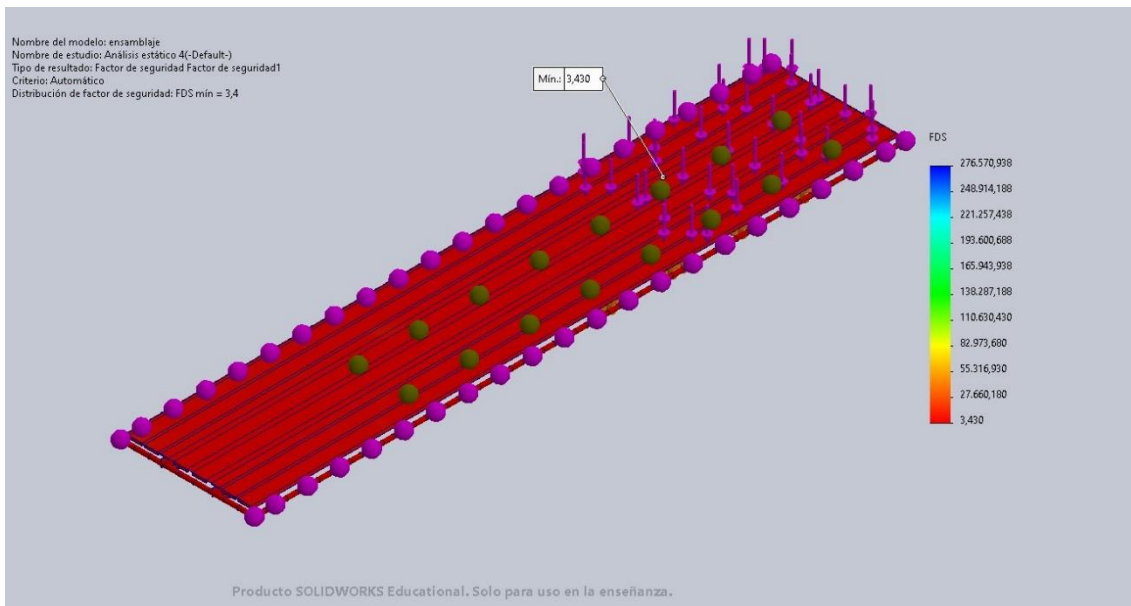


Figura 66. Factor de seguridad

3.7.5. Escenario 4

3.7.5.2. Tensión

En el escenario de simulación número cuatro, distinguido por la distribución equitativa de carga a lo largo de toda la estructura de la plataforma, se observó una tensión máxima de 91.74 [MPa]. A pesar de la distribución de carga, la tensión resultante se mantiene por debajo del límite elástico, indicando un rendimiento estructural satisfactorio, lo cual se representa en la figura 67.

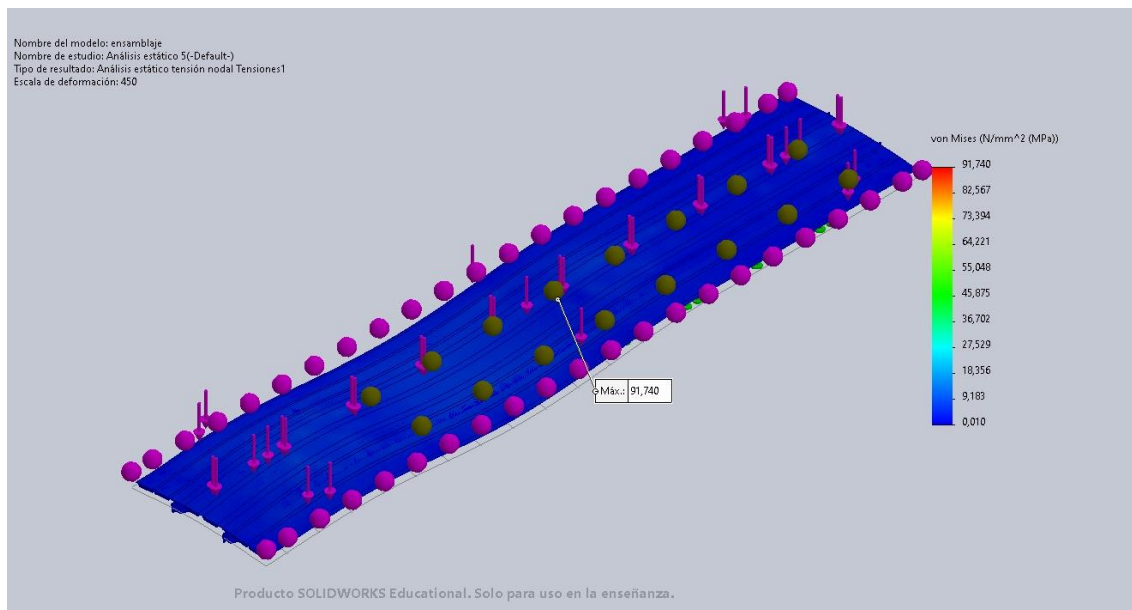


Figura 67. Tensión

3.7.5.2. Desplazamientos

En el cuarto escenario de simulación, identificado por la carga uniformemente distribuida a lo largo de toda la estructura, se evidenció un desplazamiento total de 0.75 [mm]. Este resultado refleja la deformación experimentada por la estructura en respuesta a la carga distribuida, lo cual se observa en la figura 68. A pesar de la distribución de la carga, el desplazamiento resultante se mantiene en niveles relativamente bajos, indicando una respuesta estructural apropiada ante las condiciones de carga analizadas.

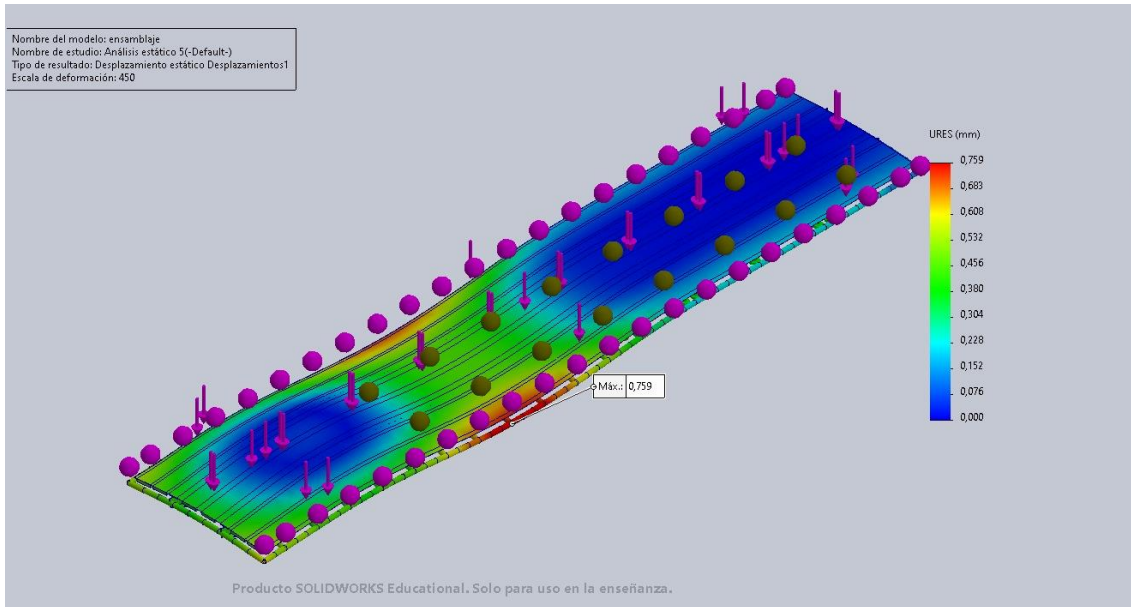


Figura 68. Desplazamiento

3.7.5.3. Factor de seguridad

La figura 69 presenta el factor de seguridad calculado para el cuarto escenario, un parámetro fundamental en la evaluación de la capacidad estructural para resistir cargas sin exceder los límites de elasticidad y desplazamiento. Con un factor de seguridad de 2.7, se identifica que este escenario es apropiado para la aplicación de cargas, ya que la carga se distribuye entre los soportes, la base para el king pin y los soportes de la suspensión de la plataforma. Esto evidencia una respuesta estructural adecuada y respalda la integridad del diseño de la plataforma en estas condiciones.

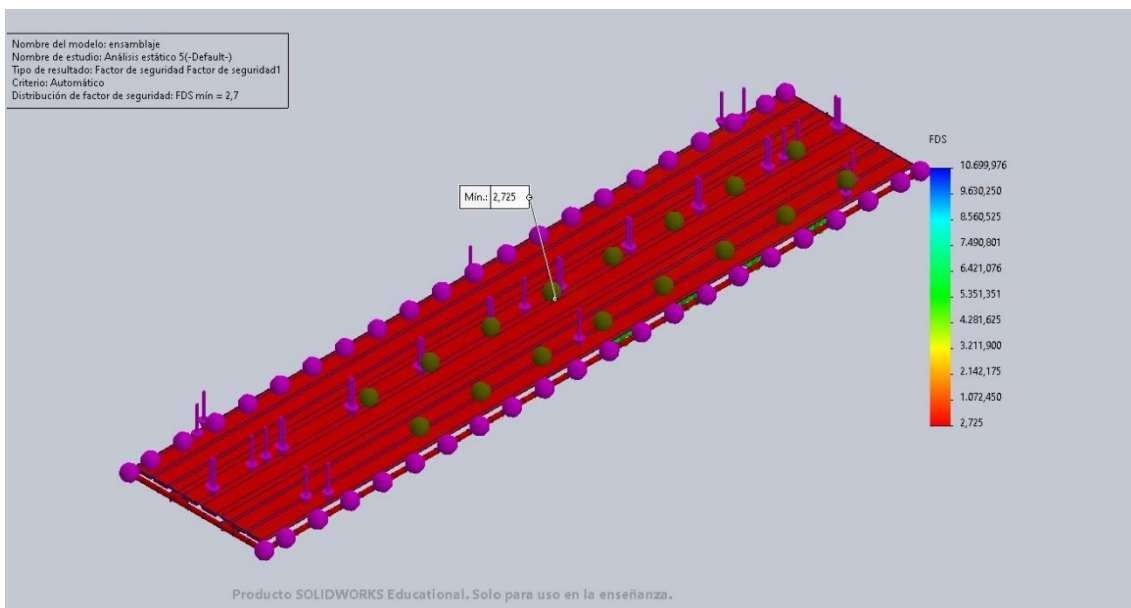


Figura 69. Factor de seguridad

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Este capítulo se enfocará en la valoración financiera y el proceso de producción de la propuesta de plataforma cama alta. Se realizará un estudio de los costos vinculados al diseño, desarrollo y fabricación del semirremolque. Se abordarán detalladamente los aspectos económicos para determinar la rentabilidad y la eficiencia del proyecto, considerando los recursos financieros.

4.1. Costos directos

Constituyen los desembolsos específicamente vinculados con la manufactura del semirremolque. Esto abarca los costos asociados a los materiales y componentes esenciales para el proceso de fabricación

4.1.1. Material estructural

En la tabla 18 se detallan los valores relacionados con los materiales estructurales utilizados en la configuración y diseño del semirremolque, ofreciendo una visión precisa de los costos inherentes a la selección y adquisición de dichos componentes.

Tabla 18. Precios de los materiales estructurales

Lista de materiales	Cantidad	Precio unitario [USD]	Precio total [USD]
Tool negro 6.0 1500x6000	2	434.13	868.27
UPN 180x70	5	199.75	998.77
IPE 100x55	9	69.97	629.76
PLT 150x15	9	157.45	1 417.08
Tool negro 6.0 L/C	2	128.84	257.69
Correa G80x50x15x2	12	17.08	205.01
C100x50x5	4	55.58	222.34
Tool negro L/C 12.0	1	266.05	266.05
UPN 100x50	1	79.22	79.22
Tool negro L/C 3.0	3	64.42	193.26
Tool negro corrugado CH 3.0	12	65.40	784.86
Tubo cuadrado 4X4	1	94.30	94.30
TOTAL			6 016.61

4.1.1. Elementos del semirremolque

En la tabla 19 se detallan los elementos constituyentes del semirremolque que carecen de requerimientos previos en términos de procesamiento antes de su incorporación al sistema. Este análisis ofrece una visión de los elementos que pueden ser directamente implementados, facilitando la comprensión y planificación de la fase de ensamblaje del conjunto vehicular.

Tabla 19. Elementos del semirremolque

Denominación	Cantidad	Precio unitario [USD]	Precio total [USD]
Ejes	3	1 025.00	3 075.00
Suspensión 3 ejes	1	1 750.00	1 750.00
Aros	12	90.30	1 083.60
Llantas	12	232.32	2 787.84
Patines	1	325.00	325.00
King pin	1	75.80	75.80
Pulmón de freno	6	37.92	227.52
Boya neumática	1	745.83	745.83
Luces	18	7.50	138.00
Total			10 208.59

4.1.2. Mano de obra directa

La tabla 20 muestra los costos relacionados a la mano de obra directa implicada en la fabricación de la plataforma cama alta. Proporciona una lista del personal requerido para realizar estas actividades, además de los días estimados de trabajo y los costos unitarios asociados a estos y establece el proceso de fabricación en un lapso de 20 días. Esto permite evaluar los gastos laborales directos del proyecto.

Tabla 20. Costo mano de obra directa

Operador	Salario por día [USD]	Total [USD]
Soldador	50.00	1000.00

Esmerilador	25.00	500.00
Ayudante	20.00	400.00
Armador	40.00	800.00
Total		2700.00

4.1.3. Costo directo total

La tabla 21 presenta la desagregación de los costos directos asociados con el diseño propuesto. En dicha tabla se exhiben de manera discriminada los diversos elementos y subcategorías de los gastos directos, englobando tanto materiales como componentes específicos del semirremolque. Este desglose proporciona una visión integral y detallada de la totalidad de los costos implicados en el proyecto, permitiendo una evaluación detallada de los recursos financieros necesarios

Tabla 21. Desagregación de los costos directos

Descripción	Precio [USD]
Material estructural	6 016.61
Elementos	10 208.59
Mano de obra	2 700.00
Total	18 925.20

4.2. Costos indirectos

Estos desembolsos engloban aquellos gastos que no poseen una conexión directa con la producción del semirremolque, extendiéndose hacia aspectos tales como los costos vinculados a la investigación y desarrollo. Esta categoría de costos, si bien no está intrínsecamente ligada al proceso de fabricación, juega un papel fundamental en el avance tecnológico y la innovación del proyecto, contribuyendo así al perfeccionamiento y la calidad del producto final.

4.2.1. Materiales indirectos

Durante la fabricación de la plataforma, se emplean materiales que no se integran en el producto final, pero cumplen un rol fundamental al facilitar el proceso productivo. La tabla 22 detalla los materiales establecidos.

Tabla 22. Costo de materiales indirectos

Materiales	Cantidad	Precio unitario [USD]	Total [USD]
Disco de corte	20	3.50	70.00
Disco de desbaste	5	7.50	37.50
1 [kg] Electrodo E6010	5	4.50	22.50
1 [kg] Electrodo E7018	5	4.00	20.00
Total			150.00

4.2.2. *Mano de obra indirecta*

La tabla 23 detalla la estimación presupuestaria para la implementación de la propuesta tecnológica, abarcando las horas de trabajo necesarias. En este análisis presupuestario, se contemplan con precisión los recursos financieros asociados con la ejecución del proyecto, incorporando específicamente el costo de diseño del semirremolque.

Tabla 23. Costos de elaboración

Detalle	Cantidad	Valor unitario [USD]	Valor total [USD]
Licencias y softwares	2	500.00	1 000.00
Capacitaciones	2	250.00	500.00
Visitas técnicas	4	100.00	400.00
Horas de trabajo	300	5.00	1 500.00
Total			3 400.00

4.2.3. *Costo indirecto total*

La tabla 24 muestra el total de los costos indirectos relacionados a la plataforma.

Tabla 24. Desagregación de los costos indirectos

Descripción	Total [USD]
Materiales	150.00
Mano de obra	3 400.00
Total	3 550.00

4.3. Costos totales

La tabla 25 proporciona un desglose detallado de todos los desembolsos comprendidos y vinculados al presente proyecto, abarcando tanto los costos directos como los costos indirectos. Este análisis detallado ofrece una visión integral de los recursos financieros necesarios, considerando tanto los gastos directamente atribuibles a la ejecución del proyecto como aquellos indirectos que impactan el desarrollo general de la iniciativa

Tabla 25. Costos totales

Costo	Precio [USD]
Directo	18 925.20
Indirecto	3 550.00
Total	22 475.20

CONCLUSIONES

- Los parámetros de diseño del remolque fueron determinados de acuerdo con las normativas nacionales, la cual ilustra las dimensiones máximas permitidas para un remolque de estas características. La elección de las dimensiones específicas, a saber, una longitud de 12.20 [m], un ancho de 2.54 [m] y una altura que considera el acoplamiento al tractocamión, alcanzando los 3.17 [m], se realizó procurando asegurar la conformidad con los límites establecidos por la normativa nacional vigente. Este enfoque garantiza que el diseño del remolque se ajuste de manera precisa a los estándares normativos, respaldando así su viabilidad y seguridad en su operación.
- Tras una evaluación comparativa, llevada a cabo a través de un análisis, se ha determinado la selección de la opción más idónea entre tres alternativas viables para la confección del remolque. De este proceso, la alternativa tres ha emergido como la elección óptima para su implementación, obteniendo una calificación de 1.95 siendo este el mayor puntaje. El diseño propuesto, ha sido concebido para cumplir con las especificaciones de diseño establecidas por la empresa ROJASCOM S.A., asegurando su idoneidad y funcionalidad para el transporte de cargas pesadas. Este enfoque garantiza que el remolque, al ser construido según esta opción, cumplirá con las expectativas y necesidades de la empresa de manera óptima.
- Se ha diseñado el remolque tipo plataforma cama alta para cumplir con lo establecido en la alternativa escogida, se seleccionaron perfiles UPN 180 para los laterales de la plataforma, además se utilizó un perfil IPE 100 para los travesaños, así como, un perfil C 100x50x5 para los soportes en la mampara, también se utilizó tool corrugado de 3 [mm] de espesor para el piso de la estructura, correa G80x50x15x2 para los soportes de la plancha del piso y tool liso de 3 [mm] para el espaldar de la mampara. Los cálculos estáticos respaldan el diseño realizado asegurando así su resistencia y estabilidad.
- Los resultados derivados de la simulación estática proporcionan un respaldo sólido al diseño previamente ejecutado. En la estructura, se han identificado las tensiones máximas generadas por la carga aplicada en diversos escenarios de trabajo contemplados. En el escenario 4, específicamente, se ha alcanzado una tensión máxima de 91.74 [MPa]. Además, se exhibe el desplazamiento máximo registrado de 0.75 [mm], dando como

resultado un factor de seguridad mínimo de 2.7. Estos parámetros confirman la integridad estructural y la robustez del diseño, validando su capacidad para hacer frente a las condiciones operativas previstas con un margen de seguridad considerable.

- Los costos asociados al remolque tipo plataforma cama alta han sido desglosados en categorías de costos directos e indirectos. Tras una evaluación, se ha determinado que la suma total de los costos alcanza los 22 475.20 dólares. Estos resultados destacan la plataforma como una opción atractiva y confiable en comparación con los precios de venta vigentes en el mercado, consolidando su posición como una propuesta económica y competitiva.

RECOMENDACIONES

- Para potenciar la robustez de la plataforma cama baja y asegurar un rendimiento óptimo, se sugiere una estrategia integral que abarque distintos aspectos del diseño estructural. La consideración de la adopción de materiales de alta resistencia o aleaciones específicas emerge como una opción prometedora para mejorar la capacidad de carga sin generar un aumento sustancial en el peso total de la estructura. Además, se recomienda una evaluación detallada de los espesores de componentes críticos, como vigas, con el objetivo de mejorar la resistencia global.
- Una consideración adicional que podría potenciar la eficiencia estructural es la evaluación de cambios en los perfiles utilizados en la estructura. Explorar perfiles que maximicen la resistencia a las tensiones y deformaciones podría tener un impacto positivo en la capacidad de carga. Este análisis debería extenderse a la revisión de las longitudes y dimensiones de los perfiles, buscando optimizar la distribución de cargas y minimizar esfuerzos locales.
- Es esencial abordar también la posibilidad de realizar refuerzos en puntos críticos identificados durante el análisis estructural. Este enfoque, junto con la optimización de conexiones y soldaduras mediante métodos avanzados, contribuirá a fortalecer la integridad estructural. Complementariamente, la realización de simulaciones adicionales y pruebas de carga en prototipos permitirá validar las modificaciones propuestas y garantizar su efectividad.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Remolque de plataforma de cama alta:** Un remolque de plataforma con una parte superior más elevada que la estándar, ideal para transportar cargas más grandes y más altas [57].
- **Tres ejes:** Un sistema de tres ejes que distribuye la carga de manera más uniforme y proporciona mayor estabilidad en comparación con un tándem [58].
- **Capacidad de 24 toneladas:** El remolque está diseñado para transportar una carga máxima de 24 toneladas, lo que significa que es capaz de soportar y distribuir el peso de la carga de manera segura.
- **Carga útil:** Peso total de la carga que se puede transportar en el remolque, excluyendo el peso del propio remolque.
- **Suspensión neumática:** Un sistema de suspensión que utiliza aire comprimido para absorber los impactos y mejorar la comodidad del viaje.
- **Estructura de cama alta:** La parte superior elevada de la plataforma del remolque que permite transportar cargas más altas sin golpear el suelo.
- **Estabilidad:** Capacidad del remolque para mantenerse equilibrado y controlado durante el transporte.
- **Carga distribuida:** Distribución uniforme del peso de la carga en la plataforma para mantener la estabilidad del remolque [59].
- **Ancho de la plataforma:** El ancho de la superficie de carga del remolque.
- **Largo de la plataforma:** La longitud de la superficie de carga del remolque.
- **Simulación:** Utilización de software especializado para recrear y evaluar el comportamiento del remolque en diferentes condiciones y escenarios, lo que permite identificar posibles problemas o mejoras en el diseño.
- **Diseño de estructura:** Proceso de ingeniería que implica la creación de la estructura del remolque, considerando factores como la resistencia, la rigidez y la durabilidad.
- **Modelado 3D:** Representación visual tridimensional del diseño del remolque para su análisis y evaluación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. Cedeño, Las Representaciones de Riesgo, Agresión y Violencia en los buses interparroquiales del Distrito Metropolitano de Quito: Caso línea “La Marín – Carapungo”, Quito: UISEK, 2011.
- [2] Enciclopedia Internacional de las Ciencias Sociales, España: Editorial Aguilar, 1977.
- [3] A. Gay y L. Samat, El diseño industrial en la historia, Córdoba : Ediciones tec, 2007.
- [4] S. M. Rodriguez, «Presentación. Historia Económica. Tema 2. La Revolución Industrial.,» 2016.
- [5] J. J. Coyle., R. A. Novack y B. J. Gibson, Transportation: A Global Supply Chain Perspective, 2015.
- [6] L. A. Moral, Logística del transporte y distribución de carga, Ecoe Ediciones, 2014.
- [7] G. P. G. & S. R. Cipoletta Tomassian, Políticas integradas de infraestructura, transporte y logística: experiencias internacionales y propuestas iniciales, CEPAL, 2010.
- [8] Z. & S. W. Lv, Impacts of intelligent transportation systems on energy conservation and emission reduction of transport systems: A comprehensive review., Green Technologies and Sustainability, 2022.
- [9] DispatchTrak, «Importancia de la logística actualmente,» [En línea]. Available: <https://www.beetrack.com/es/blog/importancia-de-la-logistica-en-empresas>.
- [10] O. B. S. S. R. T. C. M. & F. N. Pinheiro de Lima, «Una nueva definición de la logística interna y forma de evaluar la misma.,» *Revista chilena de ingeniería*, vol. 25, nº 2, pp. 264-276, 2017.
- [11] J. A. Tapia, «Diseño de un semiremolque acoplable a un tracto camión con una capacidad de transporte de áridos de 25 m³,» 2020.
- [12] W. Merriam, «Tractor-trailer,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/tractor-trailer>.
- [13] M. d. T. y. O. públicas, 2012. [En línea]. Available: <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Decreto-Ejecutivo-No.-1196-de-11-06-2012-REGLAMENTO-A-LA-LEY-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIA.pdf>.

- [14] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, «Reglamento a la ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial,» de *Decreto Ejecutivo 1196*, 2012.
- [15] Ministerio de Energías, «Tipos de vehículos y remolques de transporte de carga,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.girolimpio.cl/wp-content/uploads/2022/07/Tipos-de-vehiculos-y-remolques.pdf>.
- [16] Transportes Meri, «La guía definitiva de tipos y características de Lowboys,» 2023. [En línea]. Available: <https://transportesmeri.com/la-guia-definitiva-de-tipos-y-caracteristicas-de-lowboys-camas-bajas-y-sobredimensionados/>.
- [17] Ministerio de energía, «Tipos de vehículos y remolques de transporte de carga,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.girolimpio.cl/wp-content/uploads/2021/11/Tipos-de-vehiculos-y-remolques.pdf>.
- [18] INEN, «Clasificación vehicular. NTE INEN 2656,» 2016. [En línea]. Available: http://esacc.corteconstitucional.gob.ec/storage/api/v1/10_DWL_FL/e2NhcNBlDGE6J3NvcnRlbycsIHV1aWQ6JzQwOGQ2NGE4LTUxN2EtNDc1Ny04N2E4LTU5NDEyZjAwZDNhZS5wZGYnfQ==.
- [19] C. V. y A. L., «Estudio estructural asistido por computadora de un transporte de carga al granel tipo bañera de 30 metros cúbicos usando los programas de sap2000 y ansys,» 2015.
- [20] M. Jack., *Diseño de estructuras de acero*, 5ta ed ed., Alfaomefa Grupo Editor, 2016.
- [21] P. Narvaez, «Diseño de la estructura de acero para un edificio de apartamentos para ser utilizado en la región litoral del Ecuador,» Escuela Politécnica Nacional, 2009.
- [22] J. Faicán, «Análisis estructural del comportamiento del chasis de un semirremolque de dos pisos construido por la empresa "Carrocerías Faicán", para el transporte de pallets con botellas de agua,» 2018.
- [23] V. G. Suntaxi, «Análisis y perfeccionamiento de elementos estructurales del sistema de suspensión delantera de un tracto camión mediante herramientas de CAD/CAE,» *Rev. infociencia* , vol. 11, nº 1, pp. 53-60, 2017.
- [24] J. Avila, «Diseño de un semirremolque acolable a un tracto camión con una capacidad de transporte de áridos de 25 m3,» 2020.
- [25] J. Duque, «Guía para diseño y construcción de un prototipo de un pequeño vehículo recreativo,» 1997. [En línea].

- [26] C. d. repuestos, «Bastidor de vehículos,» 2014. [En línea]. Available: <https://centralderepuestostr.com/bastidor/>.
- [27] C. d. repuestos, «Sistemas de suspensión -Parte 1,» [En línea]. Available: <https://centralderepuestostr.com/sistema-suspension-i/>.
- [28] I. Alabajos, «Principales diferencias entre la suspensión mecánica y neumática,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.rodesrecambios.es/blog/mecanica/sistema-de-suspension/amortiguadores-y-suspension/suspension-mecanica-y-neumatica-principales-diferencias/>.
- [29] Sandoval, «Muelles de suspensión,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.isosa.com/>.
- [30] P. Rodriguez., C. Vera. y D. A. Mantaras, El sistema de suspensión lleva a cabo las siguientes funciones:, España: Ediciones Paraninfo, 2004.
- [31] Volvo Truck, «Suspensión neumática,» 2018. [En línea]. Available: <https://talleractual.com/mas-productos/vehiculos-pesados/mercado-de-vehiculos/850-volvo-trucks-presenta-su-nueva-suspension-neumatica>.
- [32] C. A. Rodriguez, «Análisis del sistema de suspensión rígida y neumática en semirremolque de tres ejes para reducir el consumo de combustible en la empresa Pakatnamu S.A.C,» *Universidad César Vallejo* , 2019.
- [33] E. A. Casado., J. G. Jimenez. y T. G. Morales., Técnicas básicas de mecánica y electricidad, España: Ediciones Paraninfo, S.A, 2009, p. 350.
- [34] D. Vázquez., J. Hernández., M. Cruz., O. Flores., M. Fabela. y M. Hernández., «Sistemas de frenos en vehículos de c arretera, normativa y mecanismos de frenado automatizado,» Instituto Mexicano del Transporte , 2022.
- [35] J. F. Reinoso, «Mecánica Camión- trailer,» 2020. [En línea]. Available: <https://sindicatopenipe.com/wp-content/uploads/2020/10/SISTEMA-DE-TRANSMISION-FRENOS..pdf>.
- [36] Trapaco, «Freno de tambor ECO Drum de BPW,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.bpw.es/productos/eco-drum>.
- [37] M. E. J. L. F. K. J. & M. A. J. Dalmau, «Estudio y caracterización de modos normales en neumáticos para vehículos de pasajeros.,» *In Anales Afa*, vol. 25, nº 04, 2014.

- [38] ECODUO, «¿Cómo se clasifican los vehículos pesados?,» 2023. [En línea]. Available: <https://ecoduo.org/como-se-clasifican-los-vehiculos-pesados/#:~:text=NeumCA1ticos3A20los20neumC3A1ticos20de20los20vehC3ADculos20pesados20tienen,transporte20eficiente20y20seguro20d20mercanc3ADa20y20personas..>
- [39] Cadeco, «Modelo de neumático TCH315/80R225-20CPTR,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.cadeco.com.mx/llanta-315-80r22-5-traccion-para-camion-tch315-80r225-20cptr/p>.
- [40] C. Urquijo. y M. Niz., «Diseño de una máquina para rectificar las pestañas de rines en acero, para automóviles,» 2017. [En línea].
- [41] Cosmollanta, «Llantas y aros,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.cosmollanta.com/>.
- [42] F. P. Molina, «Diseño y construcción de un vehículo de tracción humana para la competencia unidades,» 2014.
- [43] V. Rosas., J. Casallas. y C. Ávila., «Optimización topológica de un semirremolque tipo plataforma,» 2014.
- [44] Chinatruck, «Partes del remolque,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.chinatrucksale.com/trailer-parts/semi-trailer-landing-gear.html>.
- [45] N. Aguilar, «¿Qué es un eje y qué función tiene en el coche?,» 2016. [En línea].
- [46] J. Andrade. y H. Sánchez., «Diseño de una plataforma cama alta acoplable a cabezales de transporte pesado para el traslado de contenedores,» Escuela Politécnica Nacional , 2007.
- [47] Indiamart, «Trailer Axles,» [En línea]. Available: <https://dir.indiamart.com/impcat/trailer-axles.html?biz=10>.
- [48] Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador , Procedimientos de operación y seguridad vial. Norma ecuatoriana vial NEVI-12-MTOP, 2013.
- [49] Cuevadelcivil, «Clases y Tipos de Ejes (Simple, Tándem, Tridem, Doble, Triple),» 2011. [En línea]. Available: <https://www.cuevadelcivil.com/2011/04/clases-y-tipos-de-ejes.html>.
- [50] A. L. Mendez, «Diseño de un sistema de control para dotar de estabilidad a vehiculos con remolque,» *Universidad Politécnica de Madrid* , 2020.

- [51] A. Díaz, «Comportamiento dinámico de los vehículos en configuración euro-modular por la acción de viento lateral.,» 2019.
- [52] G. Contreras, «Diseño generativo en plataforma ultraligera transportadora de rollos: una metodología de diseño para uso correcto de la herramienta en el sector automotriz,» *Universidad Autónoma de Nuevo León*, 2022.
- [53] Rodonorte, «Quinta Roda JOST,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.implementos.cl/inicio/productos/ficha/quinta-rueda-2-pulg-tipo-jost-185-mm-PCMENG0010/productos/caro-compra>.
- [54] J. H. Vera, «Especificaciones técnicas de un taller de conversión de vehículos a GNV y GLP.,» *Pontificia Universidad Católica del Perú*, 2011.
- [55] D. J. Galarraga, «Diseño y construcción de un simulador didáctico y banco de pruebas del sistema de frenos de aire del eje posterior, para la carrera de Ingeniería automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial,» *Universidad Tecnológica Equinoccial* , 2016.
- [56] J. M. Andrade. y H. Sanchez., «Diseño de una plataforma cama-alta acoplable a cabezales de transporte pesado para el traslado de contenedores,» *Escuela Politécnica Nacional* , 2007.
- [57] Weebly, «SRLY,» [En línea]. Available: <http://www.gruasycamabajasnp.com.co/cama-baja-y-alta.html>. [Último acceso: 07 10 2023].
- [58] «Rempoz Cía Ltda. - Remolques y Plataformas,» REMPOZ, [En línea]. Available: <http://rempoz.com.ec/index.php/productos/plataformas-altas-y-bajas/plataformas-cama-alta/tres-ejes-detail>. [Último acceso: 09 10 2023].
- [59] D. F. Ochoa Riaño, «Desarrollo de un sistema de autonivelación para equipos modulares de carga.,» 2005.
- [60] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, «Normas de aplicación para el control de pesos y dimensiones a los vehículos de carga pesada que circulan en la red vial del país,» de *Acuerdo Ministerial No. 018-2016*, 2016.
- [61] J. M. Canet, Resistencia de materiales y estructuras., CIMNE, 2012.
- [62] F. R. & G. D. Anton, E-logistics, Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politecnica., 2005.

- [63] J. & S. H. (. Andrade, «Tesis"Diseño de una plataforma Cama – Alta Acoplable a cabezales de transporte pesado para el traslado de conteneores,» 2007. [En línea].
- [64] M. d. t. y. o. públicas, «Reforma reglamento a la ley de caminos de la República del Ecuador, Acuerdo Ministerial 80,Registro Oficial 567, 19/08/1965,» 2012. [En línea].
- [65] R. Garavito, «Diseño generativo en plataforma ultraligera transportadora de rollos: una metodología de diseño para uso correcto de la herramienta en el sector automotriz,» 2022.
- [66] Transporte en México, «¿Qué es la quinta rueda del tractocamión,» 2016. [En línea]. Available: <https://transporte.mx/que-es-la-quinta-rueda-del-tractocamion/>.
- [67] AChEE, «Guía de adecuación operacional,» 2016. [En línea]. Available: https://issuu.com/guias-agencia-ee/docs/final_guiia_5_corregida.
- [68] Mercedes-Benz, «Mercedez Actros 3353 S,» 2017. [En línea]. Available: <http://dev.dejabu.ec/mbenz/actros-3353-s/>.
- [69] Grunwald, «Semirremolque cisterna portacontenedores GR.TC S320,» [En línea]. Available: <https://grunwald.ru/production/konteynerovozy/tank-konteynerovoz-20-ft-new/>.

ANEXOS

Pesos y dimensiones

De acuerdo con lo establecido en el Art. 3 del Acuerdo Ministerial 018-2016 por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas [60], las siguientes disposiciones son de carácter obligatorio para todos los vehículos de carga pesada, cuyo peso bruto sea igual o superior a 3.5 toneladas, mismos que presten sus servicios dentro del país.

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-0 OCTOPUS			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10
VZS			27	12,20	2,60	4,10
T2			18	8,50	2,60	4,10
T3			27	8,50	2,60	4,10
S3			24	13,00	2,60	4,10
S2			20	13,00	2,60	4,10
S1			11	13,00	2,60	4,10
R2			22	10,00	2,60	4,10
R3			31	10,00	2,60	4,10
B1			11	10,00	2,60	4,10
B2			20	10,00	2,60	4,10
B3			24	10,00	2,60	4,10

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	20,50	2,60	4,30

Anexo 1. Pesos y dimensiones [60]

Proforma referencial cama alta



DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE REMOLQUES
Dirección: Alóag, Vía Alóag - Santo Domingo Km 2 Junto a Adelca

OMAR ALEXADER GUANO MONTATIXE
RUC: 1724930852001
PROFORMA
00407

Fecha: 01/01/2024
Nombre: Nardi Jordan Rojas Vallejo
Cedula: 1105677031
Teléfono: +593 997236466

**PROFORMA PARA LA FABRICACIÓN DE UNA
PLATAFORMA CAMA ALTA DE 3 EJES**

Parámetros	Detalle
Marca:	Remolques Guano
Tipo:	Cama Alta de 3 ejes
Procedencia:	Nacional
Modelo:	2023
Capacidad de carga:	30 toneladas
Ancho de cama útil:	2.50 metros
Ancho total:	2.60 metros
Largo de cama útil:	12.20 metros



ESTRUCTURA FISICA

- Chasis robusto construido con plancha de acero de 8 milímetros, recubierto con platina de 150x19 milímetros para mayor resistencia.
- Travesaños de la cama construidos con perfil IPN de 100 milímetros.
- Laterales de la plataforma de perfil UPN de 160 milímetros y bolsillos de soporte de perfil UPN de 100 milímetros.
- Piso de tol antideslizante de 3 milímetros.
- Enrielado del piso construido con tubo estructural de 1" ½ x 3 milímetros.
- Espaldar fijo construido con tol de 3 milímetros y parantes de perfil U de 100x6 milímetros.

SISTEMA DE RODAMIENTO

- Consta de 3 ejes lineales de 13 000 libras cada uno para disco tipo americano.
- Una boya neumática para la suspensión de un eje.
- 12 aros de 22,5 pulgadas

SISTEMA DE SUSPENSION

- Sistema de manos y balancines tipo americano.
- 6 paquetes de resorte de 3" ½.
- 6 tensores fijos y regulables.

SISTEMA DE FRENOS

- Una válvula distribuidora de aire.
- Cañerías neumáticas de plástico.
- Un tanque de reserva de aire.
- Neoplos y accesorios de bronce roscados.

ACCESORIOS

- Una caja de herramientas.
- Un porta llantas de 2 servicios.
- 4 guardabarros.

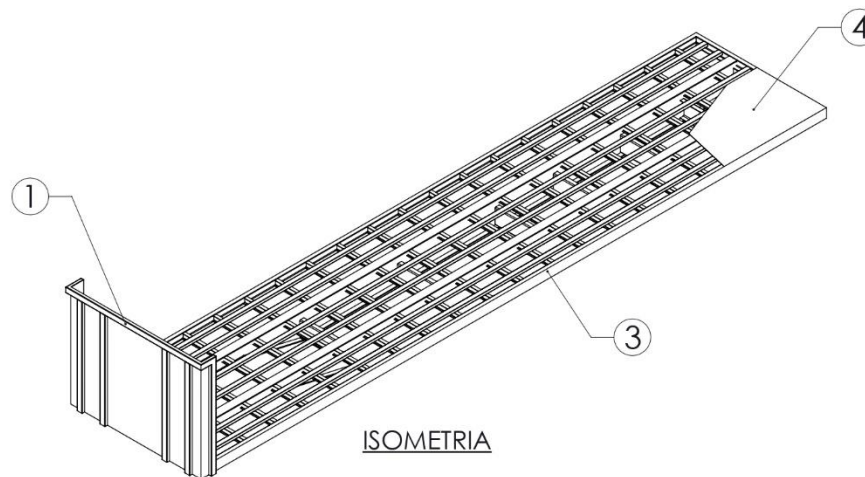
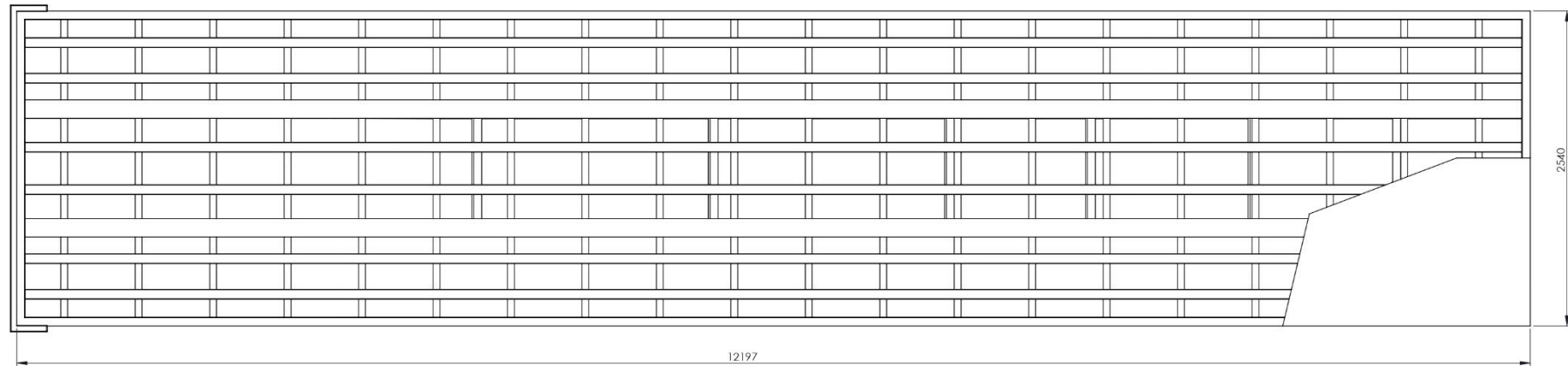
SISTEMA DE APOYO

- Consta de un par de patas mecánicas de manivela de 35 000 libras.

VISTA LATERAL



VISTA PLANTA

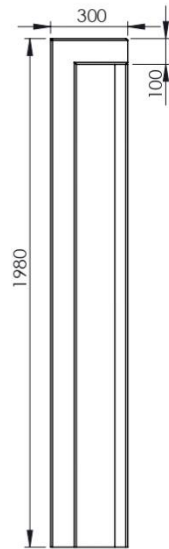


ISOMETRIA

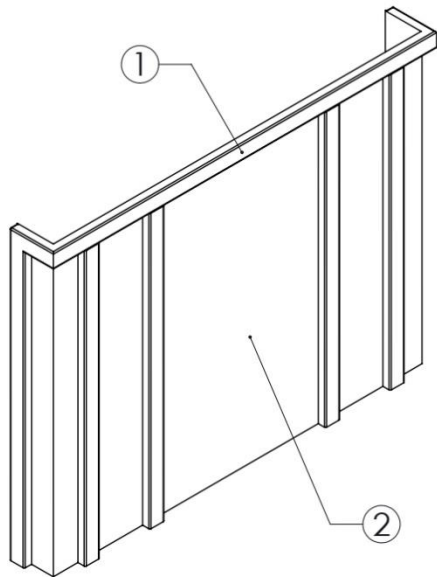
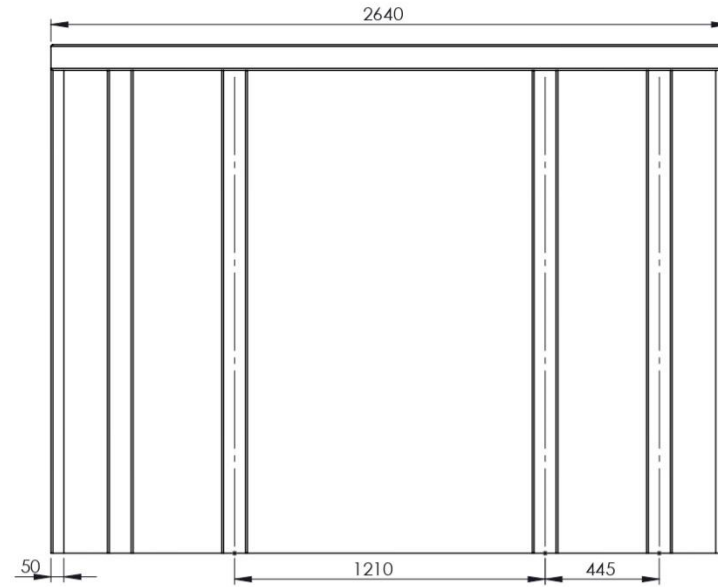
Ref.	Denominación	Cnt.	Norma	Material	Dim. brutas	Observaciones
4	Plancha piso	1	01.04	ASTM A36	2400x12060x3	NA.
3	Base contorno	1	01.03	ASTM A36	180x2540x12200	NA.
2	Chasis	1	01.02	ASTM A36	500x960x12184	NA.
1	Mampara	1	01.01	ASTM A36	1980x2640x300	NA.

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	Diseño:	N. Rojas; J. Iza	07-12-2023
PLATAFORMA CAMA BAJA			Revisó:	Ing. Díaz William	10-01-2024
		Escala:	1:25	Código:	E-CT-IME-0.30.01.00
					Tol. Gral.: ± 2

VISTA LATERAL



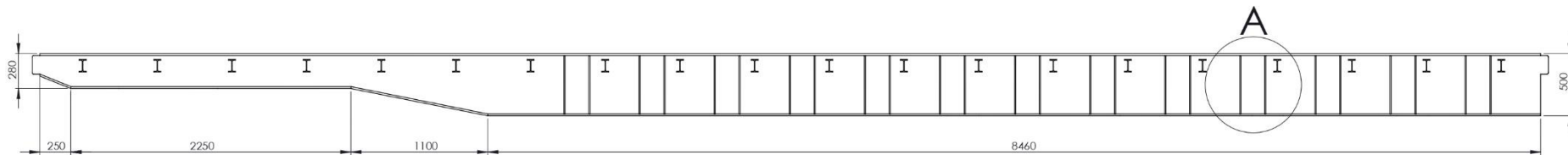
VISTA FRONTAL



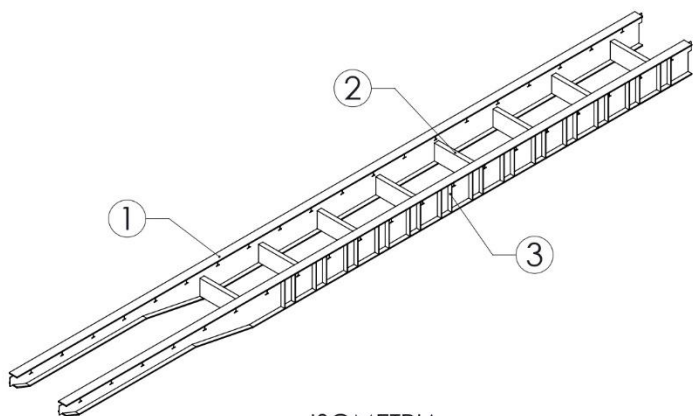
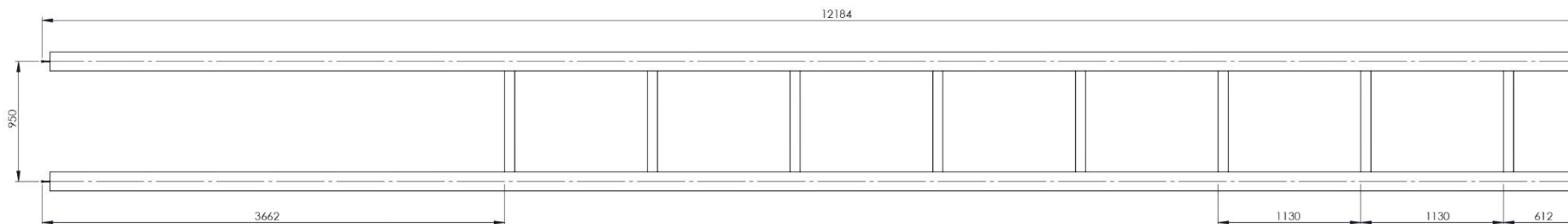
ISOMETRIA

2	Plancha lisa	1	01.01.02	ASTM A36	1980x2540x3	NA.
1	Estructura mampara	1	01.01.01	ASTM A36	C-100x50x3	Perfil C
Ref.	Denominación	Cnt.	Norma	Material	Dim. brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			UPS	Diseño:	N. Rojas; J. Iza	07-12-2023
				Diseño:	N. Rojas; J. Iza	07-12-2023
				Revisó:	Ing. Díaz William	11-01-2024
MAMPARA			Escala:	Código:	E-CT-IME-0.30.01.01	Tol. Gral.: ± 2

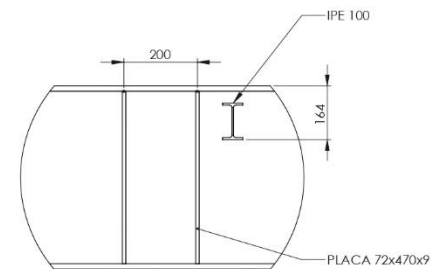
VISTA LATERAL



VISTA PLANTA



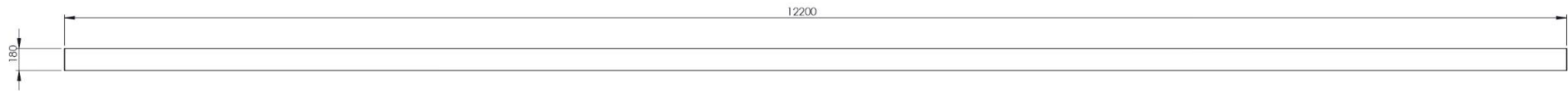
ISOMETRIA



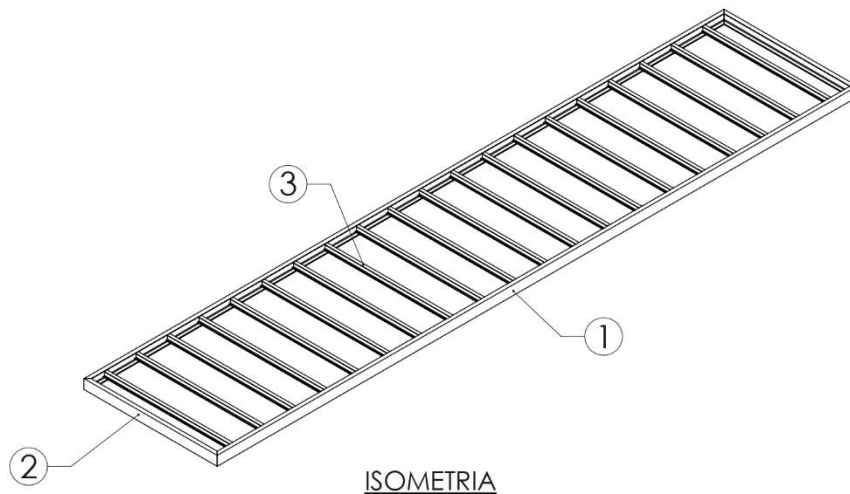
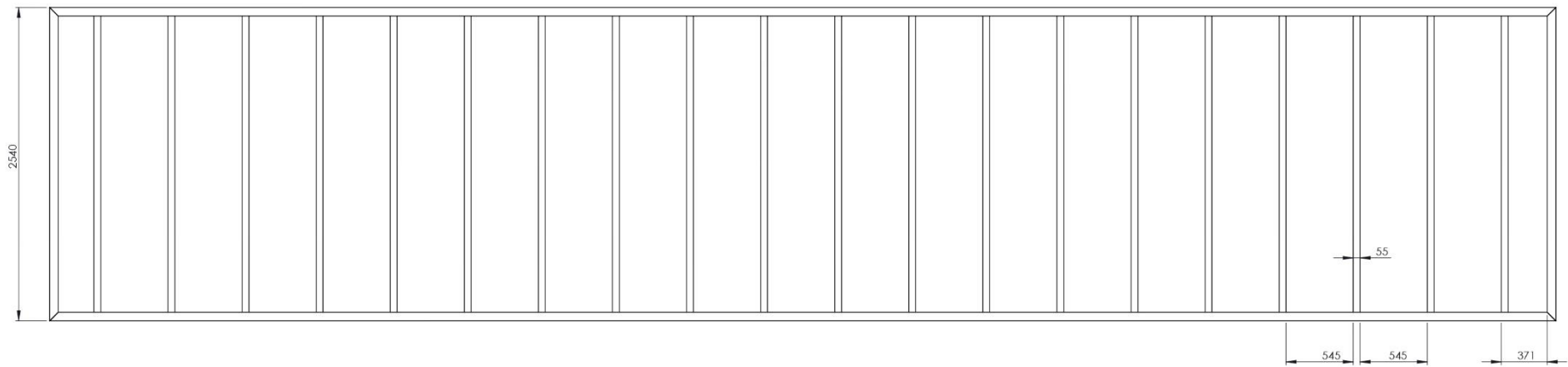
DETALLE A
ESCALA 1 : 10

3	Placa refuerzo	52	01.02.03	ASTM A36	470x10x72	NA.
2	Arriostres	8	01.02.02	ASTM A36	300x80x960	NA.
1	Viga principal	2	01.02.01	ASTM A36	500x150x12184	Prefabricado
Ref.	Denominación	Cnt.	Norma	Material	Dim. brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			UPS	Diseño:	N. Rojas; J. Iza	07-12-2023
				Diseño:	N. Rojas; J. Iza	07-12-2023
				Revisó:	Ing. Díaz William	10-01-2024
CHASIS			Escala:	Código:	E-CT-IME-0.30.01.00	Tol. Gral.: ± 2
			1:25			

VISTA LATERAL



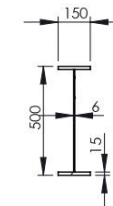
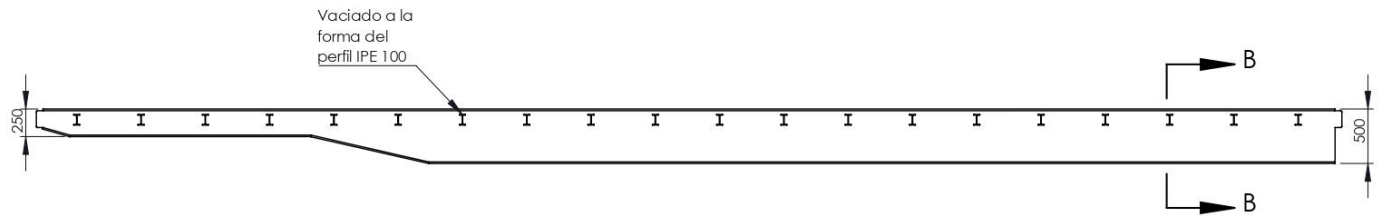
VISTA PLANTA



ISOMETRIA

3	Travesaños	20	01.03.03	ASTM A36	100x55x2524	Perfil IPE
2	Extremos	2	01.03.02	ASTM A36	180x70x2540	Perfil UPN
1	Laterales	2	01.03.01	ASTM A36	180x70x12200	Perfil UPN
Ref.	Denominación	Cnt.	Norma	Material	Dim. brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA				UPS	Diseño:	N. Rojas; J. Iza
					Diseño:	N. Rojas; J. Iza
				Revisó:	Ing. Díaz William	07-12-2023
BASE CONTORNO				Escala:	Código:	Tol. Gral.: ± 2
				1:25	E-CT-IME-0.30.01.00	11-01-2024

VISTA LATERAL

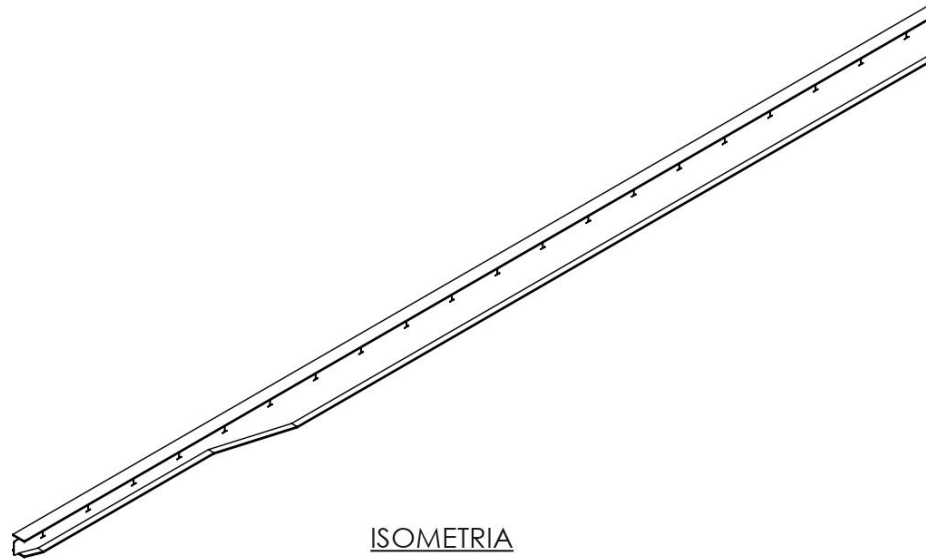


SECCION B-B
ESCALA 1 : 25

VISTA PLANTA



ISOMETRIA



Tratamiento térmico:	NA.	Material:	ASTM A36	Dim. brutas:	150x500x12060
Recubrimiento:	NA.				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	Diseño:	N. Rojas; J. Iza	07-12-2023	
		Diseño:	N. Rojas; J. Iza	07-12-2023	
		Revisó:	Ing. Díaz William	11-01-2024	
VIGA PRINCIPAL	Escala: 1 : 50	Código:	E-CT-IME-0.30.01.02.01	Tol. Gral.:	± 2