

# DISEÑO DE REMOLQUE DE DOS PISOS CON PLATAFORMA MÓVIL PARA EL TRANSPORTE DE GANADO PEQUEÑO

DOUBLE DECK TRAILER DESIGN WITH MOVING  
PLATFORM FOR TRANSPORTING SMALL LIVESTOCK

PROJETO DE REBOQUE DE DOIS ANDARES  
COM PLATAFORMA MÓVEL PARA O  
TRANSPORTE DE PEQUENOS ANIMAIS

**Yilver González<sup>a</sup>**  
**Brayan Jiménez<sup>a</sup>**  
**Sebastian Rojas<sup>a</sup>**  
**Saul Hernández<sup>a</sup>**

División de arquitectura e ingenierías, Facultad  
de ingeniería mecánica, Grupo de investigación  
y desarrollo de ingeniería y nuevas tecnologías  
(GIDINT), Universidad Santo Tomás Tunja, E-mail (yilver.  
gonzalez@usantoto.edu.co),  
(brayan.jimenez@usantoto.edu.co)  
(sebastian.rojas@usantoto.edu.co),  
(saul.hernandez@usantoto.edu.co)

**Resumen**— Se evidenció una problemática en el transporte de animales pequeños, en este caso ganado caprino y porcino; el aprovechamiento dentro del volumen de las plataformas de los remolques es muy poco para el tamaño de la mayoría de remolques del mercado, por ende, se decide diseñar un remolque de doble plataforma en el que la optimización del tamaño del mismo vs la cantidad de animales a transportar sea mejor, posibilitando mayor cantidad de animales por metro cuadrado, por lo cual se desarrolla un método de diseño evaluando diferentes posibilidades teniendo como base algunas condiciones de frontera que son importantes ya que el remolque será movido por un vehículo del cual se debe tener en cuenta el cilindraje que relaciona la capacidad máxima de carga, además el remolque también transitará por vías nacionales donde se deben cumplir las normas de tránsito establecidas.

**Palabras clave**— Animales, cerdos, doble piso, ovejas, remolque, transporte.

**Abstract**— There was evidence of a problem in the transport of small animals, in this case goats and pigs; the use within the volume of the trailer platforms is too little for the size of the majority of trailers on the market, therefore, it was decided to design a double platform trailer in which the optimization of the size of the same vs. the number of animals to transport is better, allowing more animals per square meter, so a design method is developed evaluating different possibilities based on some border conditions that are important since the trailer will be moved by a vehicle that must be kept taking into account the cylinder capacity that relates the maximum load capacity, in addition the trailer will also transit national roads where the established traffic regulations must be met.

**Keywords**— Animals, pigs, double decker, sheep, trailer, transport.

**Resumo**— Havia evidências de um problema no transporte de pequenos animais, neste caso cabras e porcos; o uso dentro do volume das plataformas de reboque é muito pequeno para o tamanho da maioria dos reboques no mercado; portanto, decidiu-se projetar um reboque de plataforma dupla no qual a otimização do tamanho do mesmo vs. o número de animais transportar é melhor, permitindo mais animais por metro quadrado; portanto, é desenvolvido um método de projeto que avalia diferentes possibilidades com base em algumas condições de fronteira importantes, pois o reboque será movido por um veículo que deve ser mantido levando em consideração o deslocamento que relaciona a capacidade máxima de carga, além disso, o trailer também passará por estradas nacionais onde as regras de trânsito estabelecidas devem ser cumpridas.

**Palavras chave**— Animais, porcos, ônibus de dois andares, ovelha, reboque, transporte.

## I. INTRODUCCIÓN

En la industria de la ganadería, se observó que el transporte de los animales pequeños ha presentado un gran inconveniente debido a que los camiones y remolques que actualmente hay en el mercado son bastante caros y sus usos son especialmente para el transporte de animales de mayor tamaño (equinos y bovinos), esto ocasiona que el volumen total de los remolques no sea aprovechado de la mejor manera y por ende los costos de transporte de animales pequeños sea igual o mayor que el transporte de animales de gran tamaño. Entre los sistemas ya patentados se encontraron diferentes avances en ingeniería en general en la construcción de remolques, tanto para el transporte de animales como para el transporte de suministros o vehículos. Diversas son las patentes en este campo, así como las aplicaciones de los mismos, muchas de ellas se basan en principios hidráulicos, mecánicos, o incluso simplemente plataformas fijas, todas con el fin de facilitar los trabajos, disminuir mano de obra y además contribuir en acortar los tiempos, lo que implica directamente en los costos tanto para propietarios como para transportadores. Además, la sobrepoblación de animales desencadena en estrés para los mismos, que incluso puede desencadenar la muerte, además de prácticas antihigiénicas; la falta de ventilación de los recintos puede desencadenar fallas cardíacas. Son problemas que se suelen encontrar en el transporte, para el aprovechamiento del metro cuadrado se

metan más animales de lo que sanitaria y reglamentariamente se debería.

El objetivo principal es diseñar un modelo de remolque dotado de una plataforma móvil que sirva como segundo piso para el mejor aprovechamiento del volumen interior del mismo para el transporte de animales pequeños, de la misma manera garantizar espacios adecuados, cargas máximas y demás disposiciones de diseño que se abarcarán en el desarrollo del informe. El remolque será diseñado para un vehículo 4x4 con características mínimas de arrastre y siguiendo los lineamientos impuestos por el ministerio del transporte para dimensiones y pesos de remolques articulados.

## II. NECESIDAD PRIMITIVA

Optimizar el interior de un remolque de transporte de ganado ovino y porcino, aumentando la capacidad de carga de animales por metro cuadrado. Ya que la densidad animal o espacio designado a los animales dentro del vehículo tiene implicaciones en el bienestar animal mismo.

La FAO para el año 2004 tendría lineamientos básicos para el transporte de animales donde se debe tener en cuenta que los animales sean cargados, descargados y transportados fácilmente y con mínimo riesgo de lesiones; garantizando ventilación, salubridad en durante el transporte y apropiada cantidad de ganado por metro cuadrado, así se evita estrés en los animales, afecciones cardíacas por falta

de ventilación, e incluso evitar traumas por peleas entre las especies. El estrés puede llevar a la producción de carne de baja calidad. El estrés relativo de corto plazo puede producir carne pálida, suave y exudativa (PSE). Como su nombre lo indica, esta es pálida y poco atractiva en color, y pierde gran cantidad de agua por goteo o exudado. En todas las especies el estrés a largo plazo puede producir carne oscura, firme y seca (DFD). Aparte de tener una apariencia poco atractiva, es más susceptible a la descomposición bacteriana que la carne normal.

El conductor del transporte de ganado, previa consulta con el dueño, su representante o el agente, es responsable de asegurarse de que la densidad de carga y los arreglos de los corrales sean compatibles con el bienestar del ganado y la capacidad de transporte del vehículo. Cargar el ganado muy suelto o muy apretado predispone a lesiones. La densidad de carga debe ser determinada para minimizar lesiones y permitir a los animales caídos que puedan levantarse sin ayuda. Se usan diferentes tipos de vehículos de transporte para ganado y el sistema de transporte ha evolucionado para adaptarse al sistema de crianza en cada área.

### III. ANÁLISIS DE LA NECESIDAD

Los costos de un remolque para el transporte de animales son muy elevados; generalmente en este tipo de vehículos no se pueden transportar grandes cantidades de animales, debido a las configuraciones de diseños más comunes en el mercado

donde se utiliza un solo piso como estándar en la fabricación.

Se busca diseñar un remolque dotado de dos pisos en su interior, el cual sirva para el transporte de la mayor cantidad de ganado ovino y porcino, optimizando así la cantidad de animales a transportar por metro cuadrado, teniendo en cuenta las densidades de carga de acuerdo al peso promedio, condición, tamaño, forma del ganado, así como con las condiciones predominantes y la distancia de transporte. Hay que tener en cuenta cuando se transportan más animales que las densidades recomendadas, que los animales caídos difícilmente puedan pararse.

### IV. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Comúnmente en la industria del transporte de ganado pequeño se ha visto que los empresarios poseen problemas con movilidad de los animales, comúnmente los vehículos de transporte de animales, son vehículos que fueron diseñados con una sola plataforma para el transporte, lo cual disminuye el aprovechamiento del volumen total del vehículo lo que repercute en pagar el mismo costo por el transporte de menos animales, nace de ahí la necesidad de diseñar un remolque con doble plataforma (doble piso) en cual sería una optimización adecuada, garantizando un mejor aprovechamiento del volumen total del remolque, pudiendo así transportar mayor cantidad de animales por metro cuadrado. Todo el proceso de diseño estará dando cumplimiento a las especificaciones de

dimensionalidad y carga máxima para remolques que la resolución 4100 de 2004 del ministerio del transporte específica, como lo son:

- Alto máximo 4.2m.
- Ancho máximo 2.5m.
- Largo máximo 12.6m incluyendo el vehículo de tracción y el remolque.

Se debe tener en cuenta para el diseño que el remolque y sus accesorios deben ser suficientemente fuertes como para contener a los animales y prevenir su fuga. El diseño debe ser tal que el ganado no pueda brincar fuera de la jaula bajo condiciones normales, además, el espacio entre pisos debe ser suficiente como para que el ganado pueda pararse en posición natural sin pegarse con estructuras que estén por sobre sus cabezas.

También hay que tener en cuenta el comportamiento del ganado durante el transporte, debe tomarse en consideración al decidir el método de transporte, tamaño del vehículo y número de grupos de ganado que debe ser cargado, Los factores importantes que determinan el bienestar animal durante el transporte en carretera son el diseño del vehículo, densidad de carga, ventilación, la calidad del manejo y de las carreteras.

Para el proceso de selección de la cantidad de animales a transportar, se llevó a cabo, basándonos en el documento de investigación "Conformación corporal de las razas ovinas Pelibuey, Dorper y Kathadin

en el estado de Veracruz, México" gracias a estos estudios se logra tener en cuenta las características de tres razas ovinas, las cuales se estimaron 10 medidas zoométricas: altura a la grupa (AP); perfil fronto nasal (arco; PFN); longitud de la oreja (LO); altura a la cruz (AC); longitud del tronco (LT); perímetro torácico (PT); circunferencia de la caña (CC); anchura de la cabeza (C); longitud de la grupa (LG); ancho de la grupa (AG), además de registrarse el PV y edad (E). El PV fue medido en kg, la E en años y las medidas zoométricas (A, AC, LT, PT, CC, C, PFN, LO, LG, AG) en cm especificadas en la tabla 1.

**Tabla 1.** Medidas zoométricas de ovejas raza Pelibuey, Kathadin y Dorper.

Cuadro. 2 Medidas zoométricas de ovejas raza Pelibuey, Kathadin y Dorper.

Variable	Pelibuey	Kathadin	Dorper
Peso Vivo (PV; kg)	41,13±5,0	52,53±11,45	57,83±8,5
Edad (E; años)	4,2±1,5	3,6±1,2	3,4±1,1
Anchura cabeza (C; cm)	11,3±0,71	11,93±0,87	12,23±0,9
Longitud de la oreja (O; cm)	10,85±0,90	11,57±0,83	11,77±1,05
Perfil frontol-nasal (PFN; cm)	18,94±1,07	19,25±1,45	18,70±1,40
Altura de la grupa (A; cm)	64,55±3,05	66,62±3,99	64,98±2,36
Altura a la cruz (AC; cm)	65,18±2,77	67,14±3,50	65,14±2,81
Perímetro torácico (PT; cm)	81,2±5,06	84,85±5,87	87,78±5,2
Longitud del tronco (LT; cm)	64,05±3,96	73,52±5,4	74,52±4,2
Longitud de la grupa (LG; cm)	19,29±1,44	21,56±1,97	21,65±1,33
Ancho de la grupa (AG; cm)	16,33±1,38	18,38±2,16	19,02±1,3
Circunferencia de caña (CC; cm)	8,74±0,48	9,69±0,88	9,82±0,81

Finalmente, los principales parámetros para la definición del problema son:

- Carga de ganado caprino y porcino máximo de 30 animales.
- Doble plataforma dotada de un sistema hidráulico o mecánico.
- Diseño para un vehículo de 3000cc dotado con tiro de arrastre con capacidad máxima de 3 ton.

- Carga máxima de estructura y animales será de 1 ton.
- Especificaciones para uso en vías nacionales.
- Posible utilización de doble eje.
- Diseñado para un tiro de arrastre de agarre de bola.
- Largo máximo remolque 7.8m

## V. REVISIÓN DE SOLUCIONES EN EL PASADO

### A) Remolque de ganado

1. Código: US2934371
2. *Resumen:* la presente invención se ha encargado de la mejora de los trailers de dos pisos en las cuales han pensado en la mejora en la limpieza y protección para los animales que estos cargan, esta sección intermedia se puede extraer para poder ingresar animales más grandes como vacas y caballos.
3. URL: <https://patents.google.com/patent/US2934371A/en?q=us2934371>

### B) Estructura de carga de remolque de dos pisos

1. Código: US3020083A
2. *Resumen:* La presente invención se refiere a la carga y descarga de ganado de hasta un segundo piso del tráiler, esto se hace con el fin de reducir la mano de obra en el transporte de animales, ya que los métodos utilizados

requerían mano de obra de por lo menos dos personas, porque estas rampas se cargaban en las partes laterales de los trailers haciendo más complicada su utilización.

3. URL: <https://patents.google.com/patent/US3020083A/en?q=us3020083>

### C) Mejoras relacionadas con la manipulación de pequeño ganado

1. Código: GB1604298A
2. *Resumen:* Esta invención se refiere a mejoras relacionadas con el manejo de ganado pequeño, y en particular a contenedores del tipo (en lo sucesivo denominado del tipo especificado) adecuados para su uso en el manejo de ganado pequeño. La invención se ha diseñado particularmente para su uso en relación con el manejo de aves de corral tales como pollos, pavos y similares. Sin embargo, debe apreciarse que la invención puede usarse con ventaja en el manejo de otro ganado pequeño.
3. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/010192793/publication/GB1604298A?q=GB1604298A>

### D) Remolque ganadero con plataforma elevadora cerrada

1. Código: US 2017 267 153A1
2. *Resumen:* La presente invención se refiere en general al campo de los remolques de ganado, y más específicamente, a un remolque de ganado que utiliza una plataforma de ascensor cerrada para cargar y



descargar animales. La plataforma del elevador está ubicada dentro de un hueco del elevador dentro del marco del remolque de ganado. La plataforma del elevador está configurada para proteger y confinar al ganado a medida que atraviesa el hueco del elevador durante las operaciones de carga y descarga. El remolque de ganado puede comprender además un sistema de ventilación, un sistema de rociadores y/o un sistema de riego para ayudar en el bienestar, salud y seguridad del ganado durante el transporte. El propósito de la invención es proporcionar un remolque de ganado y un método para cargar y descargar ganado en el remolque de ganado que minimice el riesgo de lesiones graves tanto para el animal como para el manipulador durante las operaciones de carga, descarga y transporte.

3. URL: <https://patentswarm.com/patents/US20170267153A1>

**E) Remolque monocasco para el transporte de caballos perfeccionado**

1. Código: ES2284401B1
2. Resumen: Remolque monocasco para el transporte de caballos perfeccionado. Remolque monocasco para el transporte de caballos. Constituido por un chasis sobre el que descansa un casco de madera sumergida en sucesivas capas que la recubran de masa hecha de fibra de resina de poliéster armada con fibra de vidrio hasta

quedar convertido en un remolque compacto de esquinas y formas redondeadas, ligero de peso, con claraboya y ventanas de ventilación y un ligero alerón estabilizador, rampa embutida en chasis, no presentando los guardabarros aristas. En el interior presenta una estructura de barras regulables en longitud y desmontables desde fuera y en la parte anterior montereros, armarios montereros, cubre monturas y un pesebre.

3. URL: <https://patents.google.com/patent/ES2284401B1/en>

**VI. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

Se utilizó el método de lluvia de ideas para recopilar la mayor cantidad de diseños posibles para el diseño.


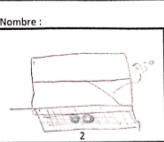
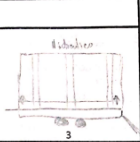
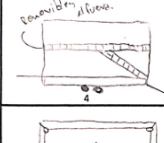
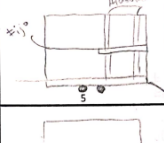
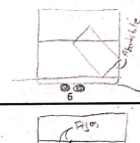
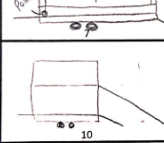
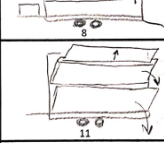
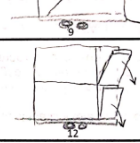
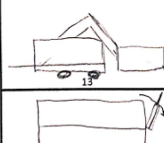
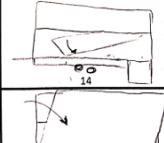
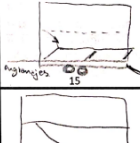
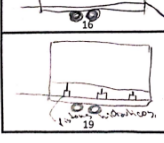
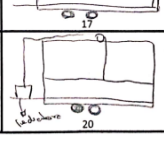
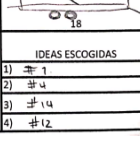
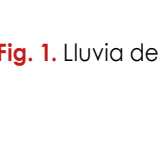
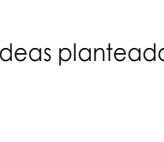
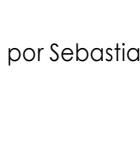


lluvia de ideas	Nombre :	
		
		
		
		
		
		
		<p>IDEAS ESCOGIDAS</p> <p>1) # 1</p> <p>2) # 4</p> <p>3) # 14</p> <p>4) # 12</p>

Fig. 1. Lluvia de ideas planteada por Sebastian Rojas.

## VII. ANÁLISIS COMPARATIVO

Se realizó una matriz (tabla 2) para el análisis de las 4 mejores ideas dentro de las que planeó cada estudiante, el resultado se muestra en las tablas 3, 4 y 5. Este análisis se realizó dando un rango de evaluación, para este caso **1** es cuando el diseño **no cumple** o cumple muy poco y **10** cuando el diseño **cumple** o es muy adecuado para el factor de diseño especificado.

De esta manera los factores son:

La **seguridad**, con un 20%, es de vital importancia que el sistema sea seguro tanto para el vehículo que transporta el remolque como para los animales y demás vehículos alrededor, pues el remolque transitaría por vías nacionales.

La **facilidad de carga y descarga** de los animales con un 10%, es indispensable garantizar que los animales puedan subir con facilidad, además de que el operario de las plataformas pueda manipularlas con facilidad y sin gastar tanto tiempo en el trabajo, pues el tiempo es un factor importante en el transporte de animales.

**Costo de producción** del mismo con un 15%, pues un elevado costo de producción genera un elevado costo de venta, el

cual no competiría en el mercado con otros modelos.

**Peso** con 15%, si el remolque sobrepasa la carga máxima permitida puede generar problemas de estructura, incumplimiento de las normas de tránsito y problemas con el vehículo de tracción, e incluso deformaciones que alterarán su funcionamiento llegando a ser hasta peligroso.

**Tamaño** con 5%, debe cumplir con las normas de tránsito ya nombradas.

**Confiabilidad de sistema** de carga de los animales para la segunda plataforma con 20%, una falla del sistema conllevará más gastos de mantenimiento o reemplazo y problemas a la hora de descargue o cargue de los animales, por lo tanto, debe asegurar su buen funcionamiento el mayor tiempo posible.

Otros usos con 5%, es claro que el remolque puede ser utilizado para el transporte de otros elementos, tanto animales como objetos materiales, de allí que su uso no se radique única y exclusivamente en el transporte de ganado pequeño.

**Acabados superficiales** con 5%, primando y garantizando desde el diseño la mejor utilización de materiales.



**Tabla 2.** Matriz evaluación de proyectos.

#	Seguridad 25%	Facilidad carga y descarga 10%	Costo producción 15%	Peso 15%	Tamaño 5%	Confiabilidad sistema 2 piso 20%	Otros usos 5%	Acabados superficiales 5%	Total 100%
									0
									0
									0
									0

Teniendo en cuenta la matriz de evaluación de proyectos, se tiene:

**Tabla 3.** Matriz evaluación de ideas Figura 1.

#	Seguridad 25%	Facilidad carga y descarga 10%	Costo producción 15%	Peso 15%	Tamaño 5%	Confiabilidad sistema 2 piso 20%	Otros usos 5%	Acabados superficiales 5%	Total 100%
4	6	7	5	3	6	8	8	8	6,1
7	5	8	7	4	6	6	2	6	5,6
18	8	7	5	3	6	7	2	6	6
5	5	7	2	2	5	6	2	7	4,45

Se realizó la selección de los diseños 4, 5, 7 y 18; en el diseño #4 se tuvo en cuenta que la plataforma poseía láminas de acero deslizables lo que disminuiría el peso de la estructura. Para el diseño #5 se resalta la posibilidad de usar gatos hidráulicos para elevar la plataforma móvil del segundo piso, lo cual puede ser muy confiable y resistir grandes cargas al momento de la

elevación. En el diseño #7 la utilización de poleas y cables para la elevación los hace ser una opción tentadora y de más fácil mantenimiento que la anterior. Finalmente, el diseño #18 resalta con una característica que es una plataforma fija en su interior (a modo de escalera), lo que reduce el peso y aumenta seguridad.

**Tabla 4.** Matriz evaluación de ideas Figura 2.

#	Seguridad 25%	Facilidad carga y descarga 10%	Costo producción 15%	Peso 15%	Tamaño 5%	Confiabilidad sistema 2 piso 20%	Otros usos 5%	Acabados superficiales 5%	Total 100%
21	7	9	6	8	8	6	7	8	7,1
22	8	9	5	6	7	7	9	8	7,15
25	8	9	6	5	7	7	9	8	7,15
27	7	7	7	6	8	8	7	8	7,15

Fueron seleccionados los diseños 21, 22, 25 y 27. De estos el #21 la posibilidad de usar una estructura abatible lo hace llamativo.

Finalmente, en el caso del diseño #27 se realiza la elevación mediante un extremo fijo de la plataforma y el otro móvil, de nuevo por medio de poleas y cables.

**Tabla 5.** Matriz evaluación de ideas Figura 3.

#	Seguridad 25%	Facilidad carga y descarga 10%	Costo producción 15%	Peso 15%	Tamaño 5%	Confiabilidad sistema 2 piso 20%	Otros usos 5%	Acabados superficiales 5%	Total 100%
44	8	7	7	7	8	6	5	7	7
49	6	6	8	6	8	7	5	7	6,6
52	4	6	4	6	8	6	5	7	5,3
59	7	5	6	6	8	7	5	7	6,45

Para la última compilación de diseños se seleccionaron los diseños 44, 49, 52 y 59. En el caso del diseño #44 se retoman ideas anteriores de utilización de poleas y cables como método de elevación de la segunda plataforma, esta vez utilizando poleas y cables enfrentados lo que daría mejores distribuciones de esfuerzos en las mismas. En el diseño #49 se tuvo en cuenta que se utilice una plataforma extraíble por fuera de las dimensiones del remolque, ahorrando así un sistema de elevación. El #52 retoma la idea del diseño #27, con pequeñas variaciones, para el caso la elevación por sistema hidráulico.

Finalmente, el diseño #59 destaca con una plataforma extraíble.

De los 12 diseños escogidos se realizó un nuevo análisis para determinar el diseño más adecuado de acuerdo con los factores ya mencionados además viendo más a fondo sus debilidades y fortalezas presentadas, el equipo de trabajo tomó una decisión para el diseño del remolque.

Para este caso con la nueva evaluación entre los seleccionados el resultado definitivo se realizó con el diseño #44, este tipo de diseño resalta por ciertas características por encima del resto, el primero de sus beneficios se trata de la **seguridad**, otorgando buena seguridad por el tipo de perfil que se utilizaría. Además, realizando un análisis el cable y las poleas son buenos multiplicadores de fuerza lo que daría una seguridad extra y **confiabilidad del sistema** al momento de la **facilidad de carga y descarga** del ganado del remolque, por otro lado, su **costo de producción** no sería tan elevado como con plataformas hidráulicas y además ese sistema de elevación ayudaría para que el remolque pueda tener **otros usos**, siendo de fácil elevación, además, este mismo sistema colabora a reducir el **peso** en total del remolque, lo que influye directamente en el **tamaño** del mismo. Finalmente, los **acabados superficiales** dependen del material que se use.

## VIII. DISEÑO PRELIMINAR

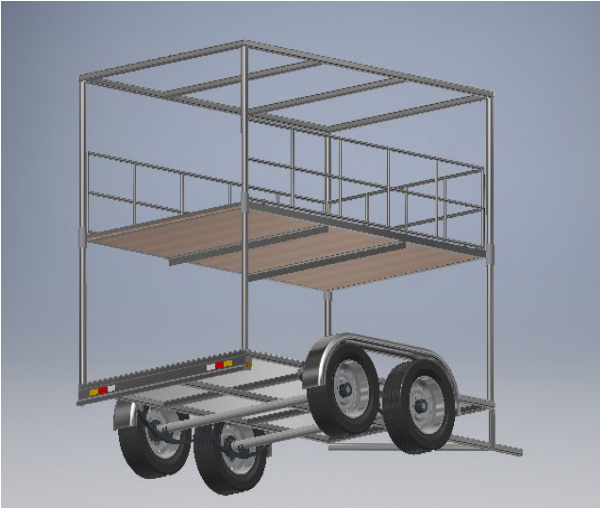


Fig. 2 . Lluvia de ideas planteada por Sebastián Rojas.

Funcionalmente el sistema es quizás el mejor teniendo en cuenta los costos de producción, de mantenimiento, y además para la movilización de los animales, se adecúa de la mejor manera a las necesidades ya expuestas desde el inicio.

Para garantizar que la estructura cumpla con los requerimientos de transporte, además de que sea segura para el tránsito por las vías nacionales, se diseñará con mínimo un factor de seguridad de 1; por otro lado, desde la lluvia de ideas se pensó una distribución de dos ejes, lo que conlleva directamente a una mejor distribución del peso de la estructura, esto va de la mano con el material estructuras a utilizar, para este caso ASTM A500 grado C.

Partiendo de la estructura de chasis seleccionada se hicieron los siguientes análisis:

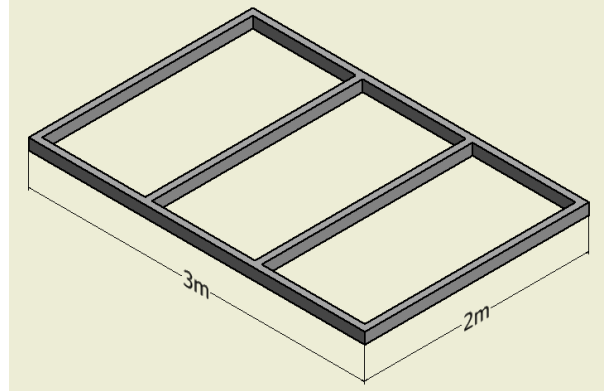


Fig. 3. Diseño de chasis.

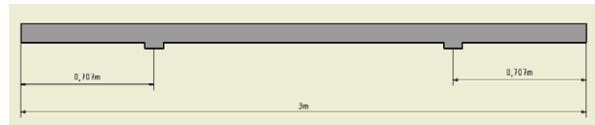


Fig. 4. Viga y apoyos.

El chasis del remolque está construido con dos perfiles longitudinales y 4 transversales como se ve en la figura 5. Para realizar el análisis del chasis del remolque se tomará un solo perfil para ser planteado como una viga soportada por dos apoyos, expuesta a una carga de 10000N analizada totalmente a flexión; pero se plantean dos casos: el primero como carga puntual y el segundo como carga distribuida. Las dimensiones de la viga y sus apoyos se muestran en la figura 6.

Independientemente de que sea fuerza puntual o distribuida el chasis trabajara con una fuerza de 10000N, teniendo en cuenta esto las reacciones en a y en b equivalen a 5000N cada una.

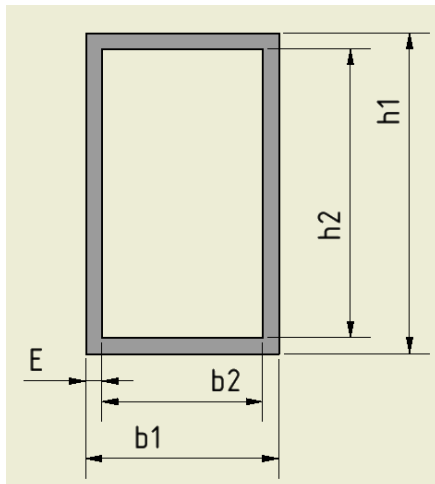


Fig. 5. Medidas del perfil.

En este punto del proceso se realiza un análisis para encontrar las mejores dimensiones del perfil, que sean capaces de soportar la carga.

Se plantean los casos de estudio:

### A) CASO I. CARGA PUNTUAL

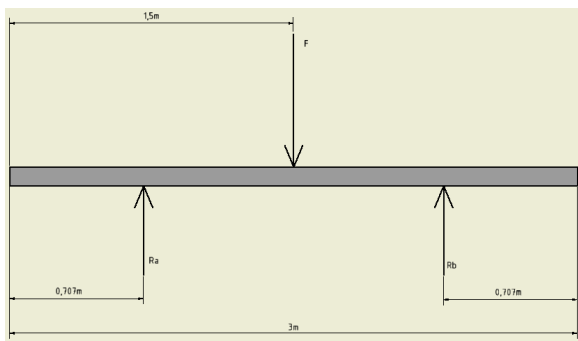


Fig. 6. DCL de la carga puntual.

Se plantea la viga de  $3\text{m}$  sometida a una sola carga puntual  $F$  ubicada justo en la mitad de esta, con dos apoyos  $R_a$  y  $R_b$  ubicados a  $0,707\text{m}$  metros de cada extremo como se muestra en la figura 8.

Este planteamiento se hace para tener un caso más crítico para el chasis del remolque.

Teniendo en cuenta  $F=10\text{kN}$ ,  $R_a=5\text{kN}$  y  $R_b=5\text{kN}$ ; se generan las gráficas de fuerza cortante y momento flector.

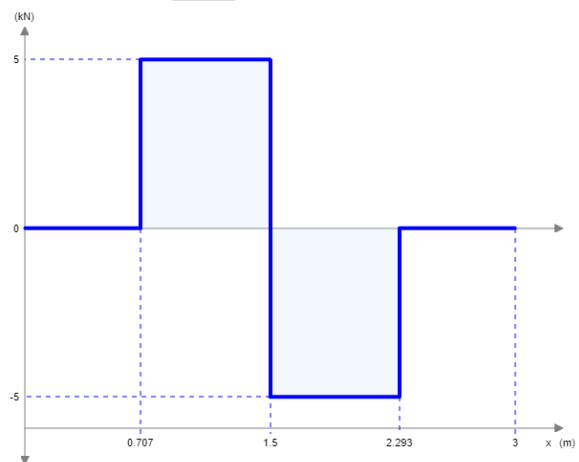


Fig. 7. Fuerza cortante para el caso I.

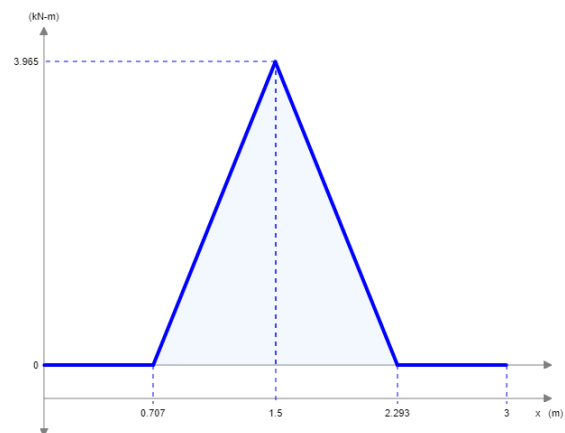
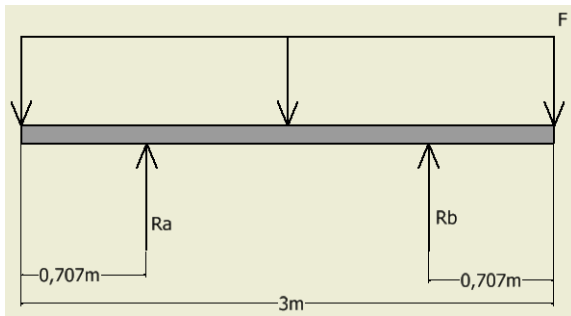


Fig. 8. Momento flector para el caso I.

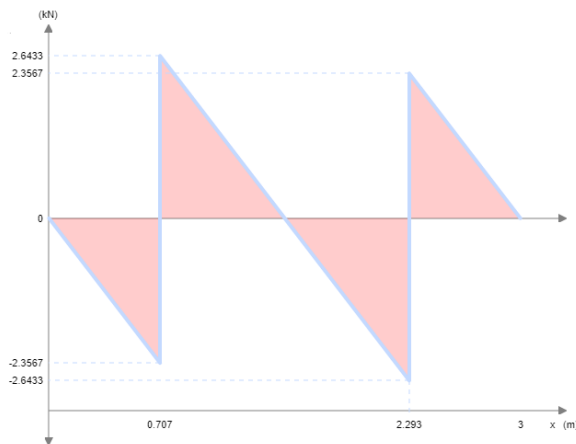
De las gráficas se obtiene que el momento máximo es igual a  $3,965\text{kN}$  y un momento mínimo igual a  $0$ .

**B) CASO II. CARGA DISTRIBUIDA**

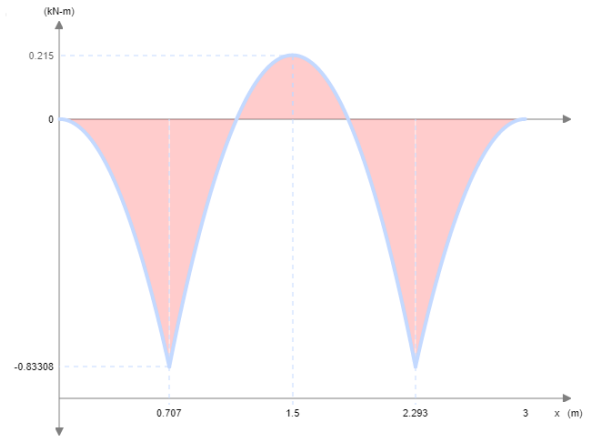


**Fig.9 .** DCL con carga distribuida.

Ahora la misma viga de 3m se somete a una carga distribuida  $F=3333.33\text{N}$ ; esta configuración se hace con el fin de ver un caso un poco más verdadero y no tan crítico y también tener en cuenta la flexión y deformaciones que sufrirá la viga. De acá se obtienen las siguientes gráficas de cortante (figura 12) y momento flector (figura 13).



**Fig. 10.** Fuerza cortante para el caso II.



**Fig. 11.** Momento flector para el caso II.

De estas gráficas se obtiene que el momento flector máximo es de 833Nm y el momento flector mínimo es 215Nm.

De los anteriores análisis se obtiene que:

**Tabla 6.** Momentos máximos y mínimos para los casos I y II.

Carga puntual	Mmax [Nm]	3965
	Mmin [Nm]	0
Carga distribuida	Mmax [Nm]	833
	Mmin [Nm]	215

Con ayuda del programa Microsoft Excel y con el fin de facilitar la obtención de datos se hace el procedimiento varias veces con varios tipos de perfiles variando altura base y espesor; de esta manera se busca y se escoge un perfil que cumpla con buenos factores de seguridad especificados anteriormente.

<b>b1</b>	2 1/2"	espesor[m]	b1[m]	h1[m]	b2[m]	h2[m]	I1[m^4]	I2[m^4]	IT[m^4]	c[m]	σ <sub>max</sub> [Mpa]	σ <sub>min</sub> [Mpa]
<b>h1</b>	2 1/2"	0,00635	0,0635	0,0635	0,05715	0,05715	1,4E-06	8,3E-07	4,7E-07	0,03175	270,172	0
<b>E</b>	1/4"	<b>AISI 1020 HR</b>										
		Sut[Mpa]	Sy[Mpa]	S'e[Mpa]	ka	kb	kc	kd	ke			
		380	210	190	0,81076		1	1	1	0,897		
		Se[Mpa]	σa[Mpa]	σm[Mpa]	n(goodman)	n(soderberg)						
		138,177	135,09	135,09	0,75012	0,61694						
<b>b1</b>	2 1/2"	espesor[m]	b1[m]	h1[m]	b2[m]	h2[m]	I1[m^4]	I2[m^4]	IT[m^4]	c[m]	σ <sub>max</sub> [Mpa]	σ <sub>min</sub> [Mpa]
<b>h1</b>	3 1/2"	0,00635	0,0635	0,0889	0,05715	0,08255	3,7E-06	2,7E-06	1E-06	0,04445	163,659	0
<b>E</b>	1/4"	<b>AISI 1020 HR</b>										
		Sut[Mpa]	Sy[Mpa]	S'e[Mpa]	ka	kb	kc	kd	ke			
		380	210	190	0,81076		1	1	1	0,897		
		Se[Mpa]	σa[Mpa]	σm[Mpa]	n(goodman)	n(soderberg)						
		138,177	84,829	84,829	1,19453	0,38245						
<b>b1</b>	6cm	espesor[m]	b1[m]	h1[m]	b2[m]	h2[m]	I1[m^4]	I2[m^4]	IT[m^4]	c[m]	σ <sub>max</sub> [Mpa]	σ <sub>min</sub> [Mpa]
<b>h1</b>	10cm	0,00635	0,06	0,1	0,05365	0,09365	5E-06	3,7E-06	1,3E-06	0,05	143,293	0
<b>E</b>	1/4"	<b>AISI 1020 HR</b>										
		Sut[Mpa]	Sy[Mpa]	S'e[Mpa]	ka	kb	kc	kd	ke			
		380	210	190	0,81076		1	1	1	0,897		
		Se[Mpa]	σa[Mpa]	σm[Mpa]	n(goodman)	n(soderberg)						
		138,177	74,647	74,647	1,35748	1,11647						
<b>b1</b>	3"	espesor[m]	b1[m]	h1[m]	b2[m]	h2[m]	I1[m^4]	I2[m^4]	IT[m^4]	c[m]	σ <sub>max</sub> [Mpa]	σ <sub>min</sub> [Mpa]
<b>h1</b>	4"	0,00635	0,0762	0,1016	0,06385	0,09525	6,7E-06	5E-06	1,6E-06	0,0508	123,605	0
<b>E</b>	1/4"	<b>AISI 1020 HR</b>										
		Sut[Mpa]	Sy[Mpa]	S'e[Mpa]	ka	kb	kc	kd	ke			
		380	210	190	0,81076		1	1	1	0,897		
		Se[Mpa]	σa[Mpa]	σm[Mpa]	n(goodman)	n(soderberg)						
		138,177	61,802	61,802	1,63359	1,3485						

Fig. 12. Diferentes pruebas realizadas con diferentes medidas de perfiles.

<b>b1</b>	3"	espesor[m]	b1[m]	h1[m]	b2[m]	h2[m]	I1[m^4]	I2[m^4]	IT[m^4]	c[m]	σ <sub>max</sub> [Mpa]	σ <sub>min</sub> [Mpa]
<b>h1</b>	5"	0,00635	0,0762	0,127	0,06985	0,12065	1,3007E-05	1,0223E-05	2,7845E-06	0,0635	90,4212075	0
<b>E</b>	1/4"	<b>AISI 1020 HR</b>										
		Sut[Mpa]	Sy[Mpa]	S'e[Mpa]	ka	kb	kc	kd	ke			
		380	210	190	0,8107579		1	1	1	0,897		
		Se[Mpa]	σa[Mpa]	σm[Mpa]	n(goodman)	n(soderberg)						
		138,17747	45,2106	45,2106	2,24131036	1,84338292						

Fig. 13. Primeras dimensiones.

En la búsqueda de dimensiones que fueran capaces de cumplir los factores de seguridad, con la condición  $F.S > 1$  se encuentran las siguientes dimensiones:

- Base 1 = 3in
- Altura 1 = 5in

- Espesor = 1/4in

Siendo el material un ASTM A500 con el que se hace la búsqueda de las dimensiones; los datos anteriores se encuentran al hacer varias combinaciones de diferentes medidas de perfil con el fin de jugar con sus inercias para que así soportara la carga. Ahora teniendo en cuenta estas medidas



aproximadas se procede a buscar en varios catálogos un perfil semejante.

Con la información encontrada en el catálogo de la empresa Ternium Colombia (figura 16) y en la base de datos MatWeb, los datos para el perfil a usar son:

- Espesor = 0,4cm (Figura 16)
- Material = ASTM A500 grado C (Figura 16)
- $S_{ut} = 425\text{Mpa}$  (Figura 17)
- $S_y = 345\text{Mpa}$  (Figura 17)
- Base  $b = 5\text{ cm}$  (Figura 16)
- Altura  $h = 15\text{cm}$  (Figura 16)

espesor[m]	b1[m]	h1[m]	b2[m]	h2[m]	I1[m^4]	I2[m^4]	IT[m^4]	c[m]	$\sigma_{max}$ [Mpa]	$\sigma_{min}$ [Mpa]
0,004	0,05	0,15	0,046	0,146	1,4063E-05	1,193E-05	2,1326E-06	0,075	139,4395	0
<b>ASTM A500 gr C</b>										
Sut[Mpa]	Sy[Mpa]	S'e[Mpa]	ka	kb	kc	kd	ke			
425	345	212,5	0,7481567	1	1	1	0,897			
Se[Mpa]	$\sigma_a$ [Mpa]	$\sigma_m$ [Mpa]	n(goodman)	n(soderberg)						
142,60802	69,71975	69,71975	1,5315406	1,4472261						

Fig. 14. Cálculos con carga puntual.

espesor[m]	b1[m]	h1[m]	b2[m]	h2[m]	I1[m^4]	I2[m^4]	IT[m^4]	c[m]	$\sigma_{max}$ [Mpa]	$\sigma_{min}$ [Mpa]
0,004	0,05	0,15	0,046	0,146	1,4063E-05	1,193E-05	2,1326E-06	0,075	29,2946038	7,56103218
<b>ASTM A500 gr C</b>										
Sut[Mpa]	Sy[Mpa]	S'e[Mpa]	ka	kb	kc	kd	ke			
425	345	212,5	0,7481567	1	1	1	0,897			
Se[Mpa]	$\sigma_a$ [Mpa]	$\sigma_m$ [Mpa]	n(goodman)	n(soderberg)						
142,60802	10,866786	18,427818	8,3640043	7,7151951						

Fig. 15. Cálculos con carga distribuida.

De esta manera, se ingresan los datos a la plantilla realizada en Excel y se obtiene que el perfil de 5x15cm con espesor 4mm de material ASTM A500 grado C cumple con los factores de seguridad. Los datos para el caso 1 mostrado en la figura 18; en el que se plantea la fuerza de 10kN como puntual con el fin de ser el caso más crítico para el remolque con un esfuerzo en flexión máximo igual a 139,43Mpa y

esfuerzo mínimo igual a 0 se obtienen factores de seguridad:  $n = 1,53$  y  $n = 1,44$ .

Ahora para el segundo caso (figura 19) donde la fuerza de 10kN se toma como distribuida a lo largo de la viga; con esfuerzo máximo a flexión igual 29,29Mpa y esfuerzo mínimo igual a 7,56Mpa se obtienen factores de seguridad:  $n = 8,36$  y  $n = 7,71$ .

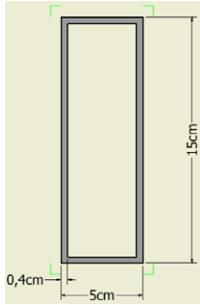


Fig. 16. Perfil.

Se genera el mismo procedimiento, pero para los perfiles transversales ver figura 5, teniendo en cuenta las medidas de los perfiles longitudinales, los perfiles transversales tendrán una medida de 1,9m; con apoyos ahora en sus extremos como se ve en la figura 21.

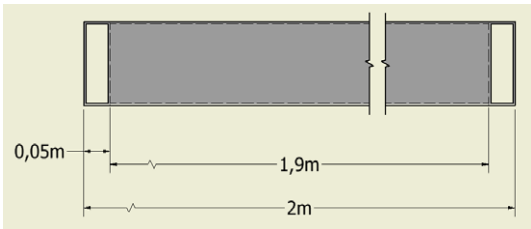


Fig. 17. Perfil transversal.

**C) CASO I. CARGA PUNTUAL**

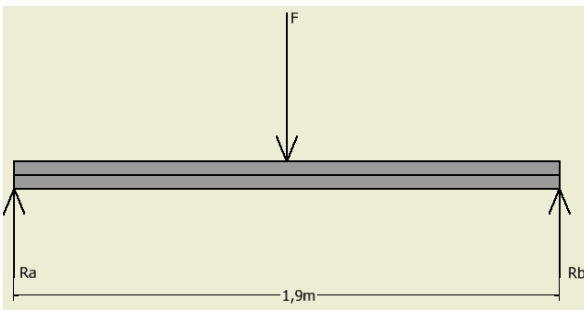


Fig. 18. DCL perfil transversal.

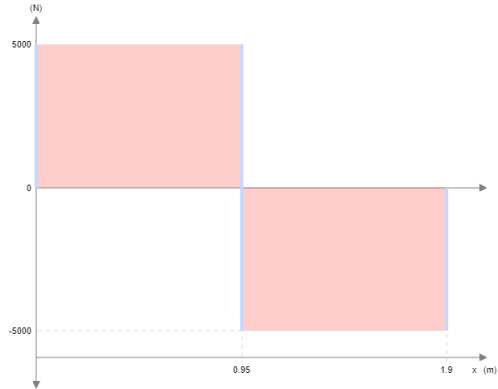


Fig. 19. Fuerza cortante para el segundo perfil con carga puntual.

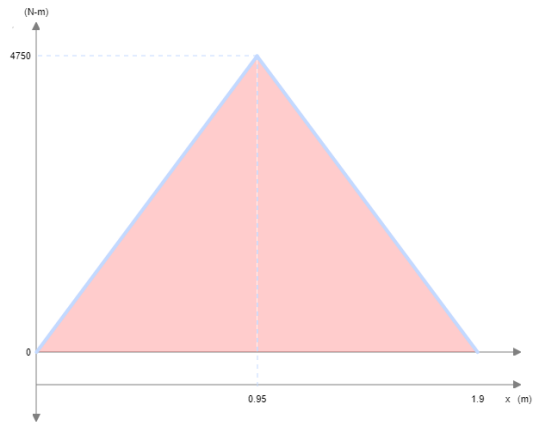


Fig. 20. Momento flector para el segundo perfil con carga puntual.

**D) CASO II. CARGA DISTRIBUIDA**

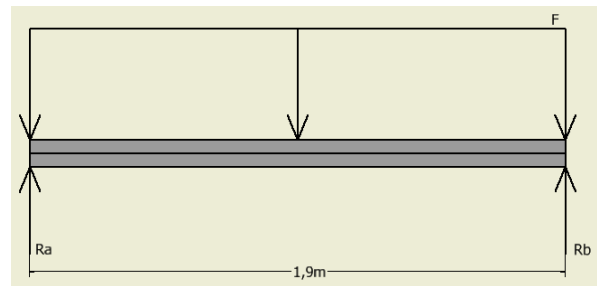
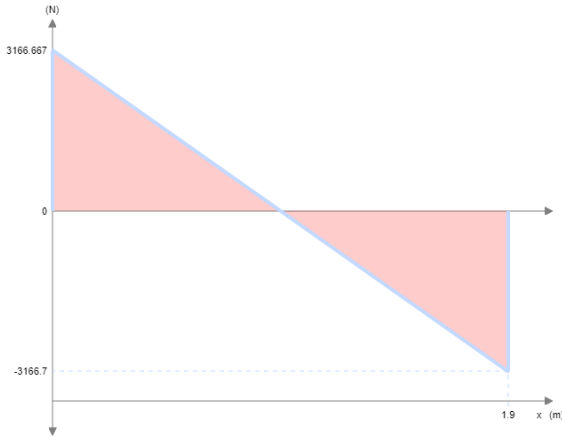
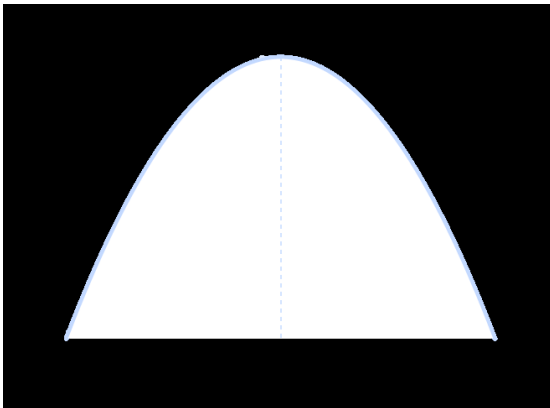


Fig. 21. DCL carga distribuida perfil transversal.



**Fig. 22.** Fuerza cortante para el perfil transversal con carga distribuida.



**Fig. 23.** Momento flector para el perfil transversal con carga distribuida

Del análisis de estas gráficas se obtiene entonces:

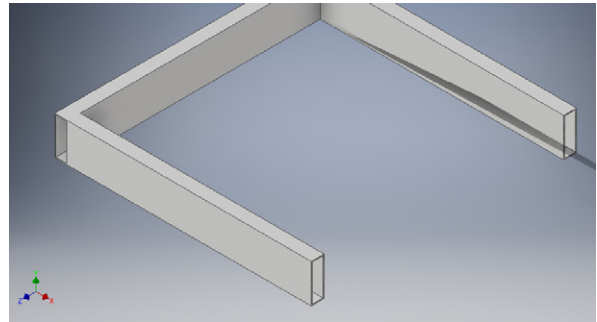
**Tabla 7.** Momentos máximos y mínimos para el perfil transversal en los casos I y II.

Carga puntual	<b>Mmax [Nm]</b>	<b>4750</b>
	<b>Mmin [Nm]</b>	<b>0</b>
Carga distribuida	<b>Mmax [Nm]</b>	<b>1504,167</b>
	<b>Mmin [Nm]</b>	<b>0</b>

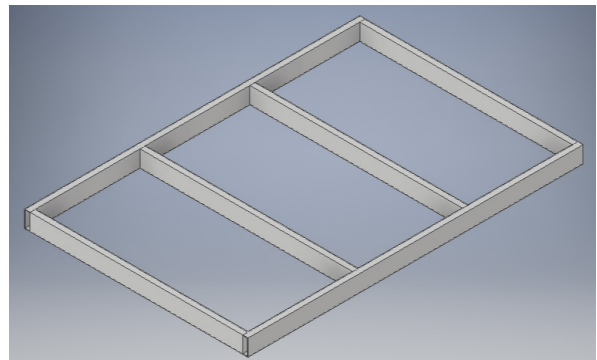
Se usan los mismos datos del perfil anterior para calcular los esfuerzos máximos, mínimos y los factores de seguridad.

- Base 1 = 5 cm (Figura 16)
- Altura 1 = 15cm (Figura 16)
- Espesor = 0,4cm (Figura 16)
- Material = ASTM A500 grado C (Figura 16)
- $S_{ut} = 425\text{Mpa}$  (Figura 17)
- $S_y = 345\text{Mpa}$  (Figura 17)

Se decide usar el mismo perfil para las secciones transversales y longitudinales figuras 30 y 31.



**Fig. 24.** Vista seccionada.



**Fig. 25.** Aproximación para el chasis.

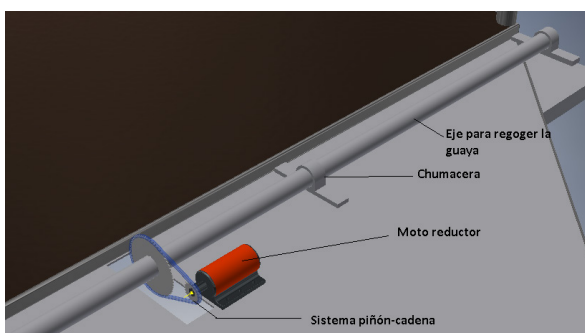
Por otro lado, se realizaron cálculos preliminares de soldadura para las juntas.

Se escogió un electrodo revestido E7018, se realizarán dos pases:

- Pase 1. Cordón de raíz con electrodo 7018 de 1/8" en todo alrededor.
- Pase 2. Cordón de relleno y presentación con electrodo 7018 de 1/16" en todo alrededor.

Se evidencia un factor de seguridad de 11.26, lo que asegura una junta soldada que cumple con las especificaciones mínimas de seguridad.

El sistema de elevación de la plataforma superior se pensó principalmente, como un sistema de poleas en el cual se reduce el costo de fabricación del remolque, este sistema de elevación, consiste principalmente en una distribución de cargas, para minimizar la fuerza a realizar, y que se pueda realizar el trabajo manualmente, si el cliente lo desea; por otra parte, se instaló un moto reductor eléctrico, el cual se va a encargar del sistema de elevación.

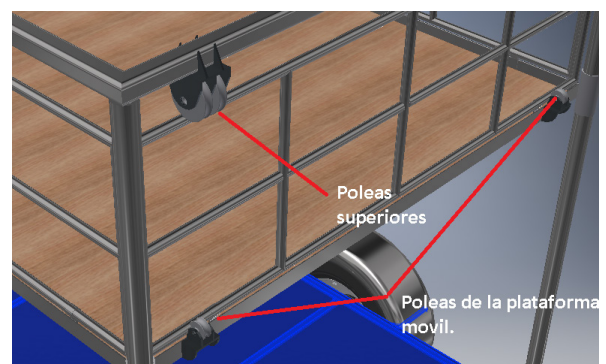


**Fig. 26.** Sistema de moto reductor para recoger enrollar la guaya.

El funcionamiento consiste, principalmente, en una barra sujeta a rodamientos, y por medio de un sistema de piñón-cadena va conectada a motor reductores conocidos como chumaceras, el cual va recogiendo o soltando la guaya que va conectada a las poleas del techo y la plataforma respectivamente.

En la figura 28 se muestra la forma en que las poleas van conectadas entre sí por medio de la guaya y van elevando la plataforma móvil.

Este diseño de plataforma móvil nos permite cargar los animales de una forma más fácil; con este sistema optimizado se puede aprovechar el espacio, ya que cuando no necesitamos la plataforma superior, se puede recoger y dejarla en la parte superior, con esto podemos utilizar el remolque para otros oficios y no solo cargar animales pequeños.



**Fig. 27.** Poleas superiores y poleas de la plataforma móvil.

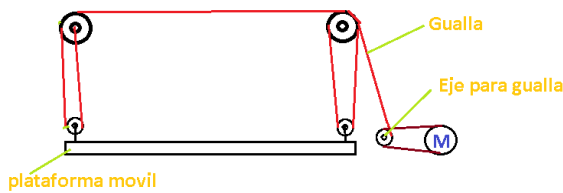


Fig. 28. Sistema de elevación.

## IX. CONCLUSIONES

Se evidenció un problema con la adquisición de la materia prima, normalmente para el tipo de perfiles seleccionados es difícil conseguir materia al detal, generalmente empresas grandes como los catálogos consultados, realizan venta al por mayor de sus productos.

El material es importante a la hora de la selección, pero lo que más juega con la resistencia que tenga la estructura es la inercia con la que uno plantea el perfil y la posición del mismo.

Se hicieron pruebas con el mismo perfil, pero acostado y arrojaba factores de seguridad muy bajos, los cuales no coincidían con los factores de diseño preliminares, por lo tanto, se escoge un perfil posicionado de manera vertical.

Otro factor que influye, pero con menos importancia es el espesor del perfil, sin embargo, lo que realmente influye es el cambio en la altura del perfil, aumentando el factor de seguridad, que es lo que se busca debido a las cargas a las que estará sometido el remolque.

Finalmente, los factores de diseño a tener en cuenta, fueron cumplidos durante los cálculos y el diseño en general, buscando satisfacer a cabalidad todos los ámbitos previamente definidos desde las etapas iniciales teniendo en cuenta las propiedades del material seleccionado y, además, cumpliendo los requerimientos de la NTC 4526:2012 para la operación del remolque en vías a nivel nacional.

## X. DISEÑO DEFINITIVO

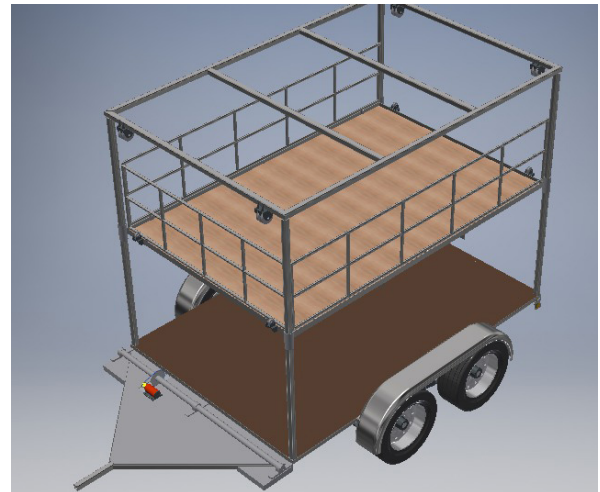


Fig. 29. Detalle parte delantera aproximada de diseño final.



Fig. 30. Detalle de segundo piso aproximado de diseño final.



**Fig. 31.** Detalle parte trasera aproximado de diseño final.

## REFERENCIAS

- [1] Catálogo Tubería y Perfiles Ternium Colombia. Recuperado el 12 de mayo de 2020 de: <https://co.ternium.com/media/1bajaxyo/cata-logo-productos-tuberia-y-perfiles-ternium-colombia.pdf>
- [2] Norma técnica colombiana. (2012). NTC 4526:2012. *Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional.*
- [3] Catálogo Tubos Colmena. *Perfil Estructural tubular.* Recuperado el 12 de mayo de 2020 de: <http://tuboscolmena.com/colmena/wp-content/uploads/2018/03/perfil-estructural.pdf>
- [4] Ministerio del Transporte. (2004) Resolución 4100 de 2004.
- [5] Redacción motora. (2008). *No es cierto que se necesite licencia de tránsito de sexta categoría para conducir un carro con remolque.* Recuperado el 31 de marzo de 2020 de: <https://www.motor.com.co/actualidad/tecnologia/necesite-licencia-transito-sexta-categoria-conducir-carro-remolque/1745>
- [6] Vilaboa, J., Bozzi, R., Díaz, P. & Bazzi, L. (2010). Conformación corporal de las razas ovinas Pelibuey, Dorper y Kathadin en el estado de Veracruz, México. Recuperado el 2 de abril de 2020 de: <http://www.bioline.org.br/pdf?zt10032>
- [7] Remolque de ganado Código: US2934371 URL: <https://patents.google.com/patent/US2934371A/en?q=us2934371>
- [8] Estructura de carga de remolque de dos pisos. Código: US3020083A 3) URL: <https://patents.google.com/patent/US3020083A/en?q=us3020083>
- [9] Mejoras relacionadas con la manipulación de pequeño ganado. Código: GB1604298A 3) URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/010192793/publication/GB1604298A?q=GB1604298A>
- [10] *Remolque ganadero con plataforma elevadora cerrada.* Código: US 2017 267 153A1 URL: <https://patentswarm.com/patents/US20170267153A1>



[11] Remolque monocasco para el transporte de caballos perfeccionado. Código: ES2284401B1 3) URL: <https://>

[patents.google.com/patent/ES2284401B1/en](https://patents.google.com/patent/ES2284401B1/en)