

Diseño y Construcción de un Remolque para Traslado de Coches Tipo Skuk con Capacidad de  
Media Tonelada para Sermant Cía. Ltda.

Diego Alberto Novoa Novillo

Universidad Internacional SEK

Nota de Autor

Diego Alberto Novoa Novillo, Facultad de Arquitectura e Ingenierías, Universidad  
Internacional SEK; Director Ing. Jaime Molina, M. Sc.

Este trabajo fue auspiciado por la empresa Sermant Cía. Ltda.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

[dn\\_diegonovoa@hotmail.com](mailto:dn_diegonovoa@hotmail.com)

**Declaración Juramentada**

Yo, DIEGO ALBERTO NOVOA NOVILLO, con cédula de identidad 172219625-8, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

DIEGO ALBERTO NOVOA NOVILLO

C.I.: 172219625-8

### **Dedicatoria**

A Dios por haberme permitido cumplir un objetivo más en mi vida y brindarme sabiduría, coraje y humildad para poder seguir adelante en cada uno de los proyectos de mi vida.

A toda mi familia y amigos por el apoyo incondicional durante este recorrido académico, dando paso a conocer un sentimiento verdadero de interés y amistad, gracias a todos ellos por haber contribuido en la realización de este proyecto.

A todos mis docentes por brindarme sus conocimientos, tiempo dedicado a mi persona y en especial por permitirme su amistad, esto me ha ayudado a crecer como ser humano y además como profesional, pudiendo así culminar una etapa más de mi vida y dando paso a una mejor y próxima etapa; a mis docentes Jaime Molina, Paolo Salazar, Santiago Celi y Diana Peralta por su colaboración e interés para el desarrollo de este proyecto.

Diego Alberto Novoa Novillo

### **Agradecimientos**

A Dios por saber poner en mi camino a las personas correctas, para así poder salir juntos adelante y apoyarnos en los momentos más difíciles.

Un muy sincero agradecimiento a todos mis docentes por sus enseñanzas y tiempo impartido durante toda la carrera universitaria, por formarme como profesional y como un buen ser humano.

A Sermant Cía. Ltda., junto con todos mis compañeros de trabajo, por apoyarme en el diseño y construcción de mí proyecto, impulsando así mi desarrollo profesional y personal.

Diego Alberto Novoa Novillo

## Índice de Contenidos

Índice de Tablas .....	11
Índice de Figuras .....	12
Resumen.....	14
Abstract .....	15
Simbología .....	16
Introducción .....	19
Antecedentes .....	19
Sermant Cía. Ltda. ....	19
Coches tipo skuk.....	20
Características del coche tipo skuk.....	20
Función de los coches tipo skuk .....	21
Proceso de transportación y limpieza .....	22
Objetivos .....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos .....	23
Justificación.....	24
Estado del Arte .....	25
Proceso de diseño .....	25
Fases del proceso de diseño.....	25

Consideraciones de diseño.....	26
Sistema de Suspensión para Remolques.....	26
Suspensión de eje rígido.....	27
Elementos de suspensión simples.....	27
Ballestas.....	27
Montaje de ballestas.....	28
Ruedas y neumáticos.....	30
Índice de carga.....	30
Índice o código de velocidad.....	31
Sujeción de la Carga en el Transporte.....	33
Cintas de Trincaje.....	34
El proceso de soldadura por arco de metal y gas (GMAW).....	34
Clasificación AWS para los metales de aporte.....	37
Remolques.....	38
Pesos y dimensiones.....	38
Sistema eléctrico.....	38
Tipos de remolques.....	39
Categorías según sus aplicaciones.....	40
Clasificación según su peso.....	40
Clasificación por tipos de remolques.....	41

Método .....	42
Diagrama de procesos para diseño del remolque .....	42
Generalidades .....	42
Diseño, peso y dimensiones.....	43
Diseño para la estructura principal .....	45
Remolque en reposo .....	46
Determinación del tipo de carga remolque en reposo .....	46
Carga muerta.....	46
Carga viva.....	46
Cargas aplicadas remolque en reposo .....	47
Cálculo para cargas aplicadas remolque en reposo .....	47
Ecuación de los tres momentos remolque en reposo .....	50
Tramo 1 remolque en reposo.....	53
Cálculos para tramo 1 remolque en reposo .....	55
Tramo 2 remolque en reposo.....	57
Cálculos para tramo 2 remolque en reposo .....	59
Resultados tramo 1 y 2 remolque en reposo .....	61
Cargas aplicadas a estructura principal remolque en reposo.....	62
Cálculo para determinar tipo de perfil de estructura principal remolque en reposo.....	62
Recálculo para determinar tipo de perfil de estructura principal remolque en reposo .....	65

Cargas aplicadas al perfil de apoyo remolque en reposo .....	66
Cálculo para determinar tipo de perfil de apoyo remolque en reposo.....	66
Recálculo para determinar tipo de perfil de apoyo remolque en reposo .....	68
Cargas aplicadas a travesaños remolque en reposo.....	69
Cálculo para cargas aplicadas a travesaños remolque en reposo.....	71
Cálculo para determinar tipo de perfil de travesaños remolque en reposo.....	74
Recálculo para determinar tipo de perfil de travesaños remolque en reposo .....	76
Remolque en movimiento .....	77
Determinación del tipo de carga remolque en movimiento.....	77
Efecto dinámico de las fuerzas vivas.....	77
Cargas aplicadas remolque en movimiento.....	78
Cálculo para cargas aplicadas remolque en movimiento.....	78
Ecuación de los tres momentos remolque en movimiento .....	81
Tramo 1 remolque en movimiento .....	84
Cálculos para tramo 1 remolque en movimiento.....	86
Tramo 2 remolque en movimiento .....	88
Cálculos para tramo 2 remolque en movimiento.....	90
Resultados tramo 1 y 2 remolque en movimiento.....	92
Cargas aplicadas a estructura principal remolque en movimiento.....	93
Cálculo para determinar tipo de perfil de estructura principal remolque en movimiento.....	93

Recálculo para determinar tipo de perfil de estructura principal remolque en movimiento . 96

Cargas aplicadas para determinar tipo de perfil de apoyo remolque en movimiento ..... 97

    Cálculo para determinar tipo de perfil de apoyo remolque en movimiento ..... 97

    Recálculo para determinar tipo de perfil de apoyo remolque en movimiento..... 99

Cargas aplicadas a travesaños remolque en movimiento ..... 100

    Cálculo para cargas aplicadas a travesaños remolque en movimiento ..... 102

    Cálculo para determinar tipo de perfil de travesaños remolque en movimiento ..... 105

    Recálculo para determinar tipo de perfil de travesaños remolque en movimiento ..... 107

Comparación de resultados remolque en reposo y movimiento ..... 108

    Para remolque en reposo..... 108

    Para remolque en movimiento ..... 108

Cargas aplicadas para determinar fuerza de tiro ..... 109

    Cálculo para determinar fuerza de tiro ..... 110

Cargas aplicadas para determinar diámetro del pasador ..... 112

    Calculo para determinar diámetro del pasador ..... 113

Diseño de soldadura ..... 115

Cargas aplicadas para determinar diseño de soldadura ..... 116

    Cálculo para determinar el diseño de la soldadura. .... 117

Selección de elementos normalizados ..... 121

    Sistema eléctrico ..... 121

Neumáticos .....	122
Eje y ballestas .....	122
Elementos de seguridad .....	123
Materiales utilizados para la construcción del remolque .....	123
Materiales adicionales para usar de refuerzos .....	124
Resultados del análisis de diseño para el remolque .....	124
Discusión.....	125
Conclusiones .....	127
Recomendaciones.....	128
Bibliografía .....	129
Anexos .....	133
Anexo A. Tabla del índice de carga .....	133
Anexo B. Tabla del índice o código de velocidad.....	133
Anexo C. Tabla nacional de pesos y dimensiones máximas permitidas para remolques y semirremolques .....	134
Anexo D. Tabla de especificaciones Chevrolet D-Max Diésel 3.0 CD 4x2 .....	135
Anexo E. Tabla de dimensiones y capacidades Chevrolet D-Max Diésel 3.0 CD 4x2 .....	135
Anexo F. Diagrama eléctrico del remolque .....	136
Anexo G. Reacciones de viga conjugada para diversas solicitaciones de carga.....	136
Anexo H. Tabla de clasificación vehicular de remolques por categoría.....	137

Anexo I. Tabla de perfiles estructurales tipo correas "G" .....	138
Anexo K. Tabla de tubo estructural tipo cuadrado.....	140
Anexo L. Tabla de perfiles laminados tipo varilla redonda lisa.....	141
Anexo M. Propiedades de materiales .....	142
Anexo N. Especificaciones de alambre de soldadura ER70S-6.....	142
Anexo O. Propiedades de flexión de la soldadura .....	143
Anexo P. Vista frontal del skuk .....	144
Anexo Q. Vista superior del remolque.....	144
Anexo R. Vista isométrica del remolque .....	145
Anexo S. Remolque para coches tipo skuk a plena carga.....	145
Anexo T. Remolques para coches tipo skuk de Aymesa y General Motors .....	146
Anexo U. Camioneta Chevrolet D-Max Diésel 3.0 CD 4x2.....	146
Anexo V. Pruebas de traslado de coches tipo skuk.....	147
Anexo W. Vistas e isometría de la estructura principal del remolque .....	147

### Índice de Tablas

Tabla 1. Resultado de reacciones y momentos del remolque en reposo.....	49
Tabla 2. Resultado de reacciones y momentos tramo 1 remolque en reposo .....	54
Tabla 3. Resultado de reacciones y momentos tramo 2 remolque en reposo .....	58
Tabla 4. Resultado de reacciones y momentos travesaños remolque en reposo.....	70

Tabla 5. Resultado de reacciones y momentos del remolque en movimiento ..... 79

Tabla 6. Resultado de reacciones y momentos tramo 1 remolque en movimiento..... 85

Tabla 7. Resultado de reacciones y momentos tramo 2 remolque en movimiento..... 89

Tabla 8. Resultado de reacciones y momentos travesaños remolque en movimiento ..... 101

Tabla 9. Resultados del análisis de diseño para el remolque ..... 124

Tabla 10. Discusión de resultados análisis de remolque en reposo y movimiento..... 125

Tabla 11. Discusión de resultados análisis de remolque en movimiento según normalización de tabla de pesos y dimensiones para remolques..... 126

### Índice de Figuras

Figura 1. Coche tipo skuk ..... 20

Figura 2. Skuk en estación de pintura..... 21

Figura 3. Skuk en estación de horno ..... 21

Figura 4. Skuk en estación de ensamble ..... 22

Figura 5. Fases del proceso de diseño..... 25

Figura 6. Suspensión de eje rígido ..... 27

Figura 7. Ballesta ..... 28

Figura 8. Unión de la ballesta al bastidor y eje de rueda ..... 29

Figura 9. Ballesta por debajo del eje..... 29

Figura 10. Abrazaderas que enlazan la ballesta al eje ..... 30

Figura 11. Índice de carga..... 31

Figura 12. Índice o código de velocidad..... 32

Figura 13. Medidas de un neumático..... 33

Figura 14. Cinta de trincaje.....	34
Figura 15. Soldadura con arco eléctrico y gas .....	35
Figura 16. Pistola para soldadura metálica con arco eléctrico y gas .....	35
Figura 17. Esquema del proceso GMAW .....	36
Figura 18. Alambre para soldadura MIG .....	37
Figura 19. Remolque para coches tipo skid.....	43
Figura 20. Remolque para coches tipo skid con carga.....	43
Figura 21. Esquema y dimensiones del remolque .....	45
Figura 22. D.C.L., reacciones y momentos del remolque en reposo .....	48
Figura 23. D.C.L., reacciones y momentos tramo 1 remolque en reposo.....	53
Figura 24. D.C.L., reacciones y momentos tramo 2 remolque en reposo.....	57
Figura 25. D.C.L., reacciones y momentos travesaños remolque en reposo .....	69
Figura 26. D.C.L., reacciones y momentos del remolque en movimiento .....	79
Figura 27. D.C.L., reacciones y momentos tramo 1 remolque en movimiento .....	84
Figura 28. D.C.L., reacciones y momentos tramo 2 remolque en movimiento .....	88
Figura 29. D.C.L., reacciones y momentos travesaños remolque en movimiento .....	100
Figura 30. D.C.L., rueda del remolque .....	109
Figura 31. D.C.L., pasador del remolque.....	112
Figura 32. Alambre ER70S-6 .....	115
Figura 33. Cargas aplicadas para diseñar la soldadura .....	116
Figura 34. Enchufe o clavija de 7 polos.....	121

### Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo principal diseñar y construir un remolque para traslado de coches tipo skuk, el cual está conformado de un eje articulado delantero y de un eje fijo trasero, el mismo que está previsto para soportar una capacidad de carga de media tonelada.

El remolque será construido con diferentes perfiles estructurales en acero A36 debido a que este posee características para resistir cargas dinámicas y estáticas, además se debe tomar en cuenta el análisis de su comportamiento estructural y su diseño, garantizando la transportación de los coches tipo skuk.

En la construcción de la estructura principal del remolque se utilizó perfiles estructurales laminados en caliente: correas “G”, “U” y ángulos; varilla redonda lisa “VRL”; tubo estructural: cuadrado y redondo.

Para completar su construcción se deberá realizar el armado y ensamblado de los perfiles estructurales junto con el eje articulado delantero, un eje fijo trasero, un par de suspensión de ballestas las cuales irán situadas por debajo del eje trasero, cuatro llantas, un par de triángulos de seguridad, cinta reflectiva y sus respectivas luces indicadoras las cuales sirven para la señalización del remolque.

El proyecto surge por la necesidad de transportación que posee la empresa, para realizar el traslado de los coches tipo skuk de una forma mucho más fácil y ergonómica, teniendo en cuenta que dicho remolque permita realizar un trabajo mucho más fácil y seguro.

*Palabras Clave:* Remolque, Traslado, Skuk, Estructura.

### **Abstract**

The main objective of this project is to design and build a skuk-type car trailer, which is made up of a front articulated axle and a fixed rear axle, which is designed to support a half-ton load capacity.

The trailer will be built with different structural profiles in steel A36 because it has characteristics to resist dynamic and static loads, it must also take into account the analysis of its structural behavior and design, ensuring the transportation of skuk cars.

In the construction of the main structure of the trailer, hot-rolled structural profiles were used: belts "G", "U" and angles; smooth round rod "VRL"; Structural tube: square and round.

To complete its construction, it will be necessary to assemble and assemble the structural profiles together with the articulated front axle, a fixed rear axle, a pair of springs suspension which will be located below the rear axle, four rims, a pair of triangles of security, reflective tape and their respective indicator lights which serve for the signaling of the trailer.

The project arises from the need for transportation that the company has, to make the transfer of skuk-type cars in a much easier and ergonomic way, taking into account that this trailer allows a much easier and safer work.

*Keywords: Trailer, Transfer, Skuk, Structure.*

### Simbología

GMAW, (gas metal arc welding) soldadura por arco metálico con gas

MIG, (metal inert gas) gas inerte de metal

AWS, (american welding society) sociedad americana de soldadura

ONU, organización de las naciones unidas

ISO, (international organization for standardization) organización internacional de normalización

PBV, peso bruto vehicular

INEN, instituto ecuatoriano de normalización

D.C.L., diagrama de cuerpo libre

$C$ , peso del coche tipo skuk

$C_v$ , carga Viva

$Q_1$ , carga puntual en tramo 1 remolque en reposo

$Q_2$ , carga puntual en tramo 2 remolque en reposo

$M_1$ , momento en el primer apoyo

$l_1$ , distancia entre primer apoyo al segundo apoyo

$M_2$ , momento en el segundo apoyo

$l_2$ , distancia entre segundo apoyo al tercer apoyo

$M_3$ , momento en el tercer apoyo

$A_1$ , área del diagrama de momentos en tramo 1 remolque

$a_1$ , distancia entre anterior apoyo al centroide del diagrama de momentos

$A_2$ , área del diagrama de momentos en tramo 2 remolque

$b_2$ , distancia entre centroide del diagrama de momentos al siguiente apoyo

$\alpha_2$ , reacción viga conjugada para cargas distintas del centro

$\alpha_1$ , reacción viga conjuaga para cargas situadas en el centro

$\sigma_{MAX}$ , esfuerzo máximo del perfil

$M_{MAX}$ , momento máximo

$S_{XX}$ , sección del perfil

$\sigma_{MAT}$ , esfuerzo máximo del material

$S_Y$ , resistencia a la fluencia del material

$F.S.$ , factor de seguridad

$Cv'$ , carga viva considerando el efecto dinámico

$Q3$ , carga puntual en tramo 1 remolque en movimiento

$Q4$ , carga puntual en tramo 2 remolque en movimiento

$FTN$ , fuerza de tiro necesaria para mover el remolque

$FTR$ , fuerza de tiro real del remolque

$PTR$ , peso total del remolque cargado

$f_r$ , fuerza de fricción

$u$ , coeficiente de fricción

$N$ , normal

$r(PASADOR)$ , radio del pasador

$\emptyset(PASADOR)$ , diámetro del pasador

$\tau(A36)$ , resistencia a la tracción del acero A36

$\tau(PASADOR)$ , resistencia a la tracción del pasador

$A(PASADOR)$ , área del pasador

$h$ , medida de la garganta de soldadura

$\sigma_x$ , esfuerzo normal para el metal de soldadura

$\tau_{xy}$ , esfuerzo cortante para el metal de soldadura

$M(SOLDADURA)$ , momento producido en la soldadura

$A(G SOLDADURA)$ , área de la garganta de soldadura

$b$ , Ancho del perfil soldado

$d$ , Alto del perfil soldado

$I_u$ , Momento unitario de inercia

$I$ , Inercia de la soldadura

$c$ , centroide de la soldadura

## **Introducción**

### **Antecedentes**

#### **Sermant Cía. Ltda.**

Sermant Cía. Ltda., es una empresa la cual brinda servicios de limpieza (Water Blasting), mantenimiento, diseño, construcción y montaje en el campo de la ingeniería eléctrica y mecánica industrial, es decir en todo tipo de proyectos electro-mecánicos (Sermant, 2016).

Una de las mayores ventajas que caracteriza a la empresa es por brindar el servicio de limpieza (Water Blasting) único en el país, este es un proceso donde se utiliza agua a ultra alta presión hasta cuarenta mil psi, el cual que sirve para remover impurezas tales como pintura y evitando el deterioro del material tratado por dicho proceso.

La empresa actualmente brinda servicios de transportación y limpieza a los coches tipo skuk de la ensambladora automotriz GM-OBB, un total de sesenta coches tipo skuks son trasladados mensualmente para su debido mantenimiento programado, evitando su posterior deterioro y volviendo nuevamente a línea de producción.

Dicho servicio presenta una gran demanda en las ensambladoras automotrices, es por esto que se realizara un proyecto el cual pueda beneficiar a futuro a otras ensambladoras similares con el servicio de transportación y limpieza.

Para este caso tomaremos en cuenta a la ensambladora automotriz Aymesa a la cual se le brindara el servicio de transportación y limpieza para un total de veinte coches tipo skuk, los cuales serán trasladados mensualmente para su mantenimiento programado y puestos nuevamente en la línea de producción.

### **Coches tipo skuk**

Los coches tipo skuk (Figura 1), son dispositivos de arrastre de la línea de producción en la ensambladora automotriz Aymesa, dichos coches poseen características únicas debido a las carrocerías que estos transportan, estos siempre serán diferentes dependiendo de cada ensambladora.



*Figura 1. Coche tipo skuk, tomado de (Aymesa, 2016)*

### **Características del coche tipo skuk**

- Longitud: 4,80 m.
- Ancho: 0,95 m.
- Distancia entre ejes delanteros y posteriores: 2,50 m.
- Separación entre ejes: 0,70 m.
- Peso: 240 kg.

### **Función de los coches tipo skuk**

En las ensambladoras automotrices los coches tipo skuk son utilizados para transportar las carrocerías ensambladas a las estaciones de pintura, horno y ensamblaje (Figura 2, 3 y 4), para que así puedan pasar por cada uno de sus respectivos procesos.

Dentro de la estación de pintura es donde los skuks sufren la contaminación de partículas, las cuales se adhieren a él y una vez que estos pasan por la estación de horno estas quedan totalmente pegadas, formando una pequeña capa de pintura cada vez que se repite el proceso.

Dicho proceso se repite cerca de 30 veces para cada skuk, hasta que la capa de pintura sea excesivamente gruesa para que no puedan cumplir con su función específica.



*Figura 2. Skuk en estación de pintura, tomado de (Aymesa, 2016)*



*Figura 3. Skuk en estación de horno, tomado de (Aymesa, 2016)*



*Figura 4. Skuk en estación de ensamble, tomado de (Aymesa, 2016)*

### **Proceso de transportación y limpieza**

El proceso de transportación se lleva a cabo mediante el alquiler de un camión de carga de tipo pesado debido a la longitud y anchura que el skuk posee, este se moviliza desde la ensambladora automotriz Aymesa (GoogleMapsAymesa, 2016), hasta la ubicación del galpón de Sermant Cía. Ltda. (GoogleMapsSermant, 2016).

Es aquí donde se realiza el servicio de limpieza y posteriormente regresa de vuelta a la línea de producción de la ensambladora Aymesa y así sucesivamente con todos y cada uno de los skuks.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Construir un remolque para traslado de coches tipo skuk con una capacidad de media tonelada mediante el diseño y análisis de su estructura.

### **Objetivos Específicos**

Analizar los tipos de cargas aplicadas que soporta la estructura del remolque mediante teorías de diseño.

Mejorar las cualidades de diseño del nuevo remolque garantizando la transportación de los coches tipo skuks.

Transportar mensualmente veinte coches tipo skuk de la ensambladora automotriz Aymesa mediante el remolque de la empresa Sermant Cía. Ltda.

**Justificación**

El proyecto se lleva a cabo debido a la situación económica que actualmente presenta el país, donde la empresa Sermant Cía. Ltda., toma la decisión de buscar nuevas alternativas para el traslado de los coches tipo skuk debido al problema que este representa.

Al ser estos dispositivos de gran tamaño y peso, lograr su transportación es uno de los principales problemas a solucionar, ya que se debe alquilar un camión de tipo pesado para llevar los coches tipo skuk desde la ensambladora automotriz Aymesa, hasta la ubicación del galpón de Sermant Cía. Ltda., donde se realiza la limpieza de dichos dispositivos y posteriormente regresa de vuelta a la línea de producción en la ensambladora automotriz Aymesa, así sucesivamente con todos los skuks.

Además, también se presenta el problema de montaje y desmontaje de dichos dispositivos dentro del camión, requiriendo así un esfuerzo físico por parte del personal que lo traslada.

Es por esto que se determina diseñar y construir un remolque especial de tipo ligero con rampa, el cual permita transportar los coches tipo skuk de una forma mucho más fácil, eficiente y ergonómica, teniendo en cuenta que dicho remolque permita realizar un trabajo seguro y eficiente para el personal que lo opere.

El proyecto surge debido a la necesidad de transportación que posee la empresa Sermant Cía. Ltda., para realizar el traslado de los coches tipo skuk y en beneficio ergonómico del personal que lleva a cabo el traslado.

## Estado del Arte

### Proceso de diseño

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o para resolver un problema en particular (Budynas & Nisbett, 2012, pp. 4-16).

Si este resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, de tal manera que pueda fabricarse y usarse.

### Fases del proceso de diseño

El proceso de diseño (Figura 5), comienza con la identificación de una necesidad y la decisión de resolverla, después de muchas iteraciones, termina con la presentación de los planes para satisfacerla. Algunas fases se repiten durante la vida del producto, desde la concepción hasta la terminación

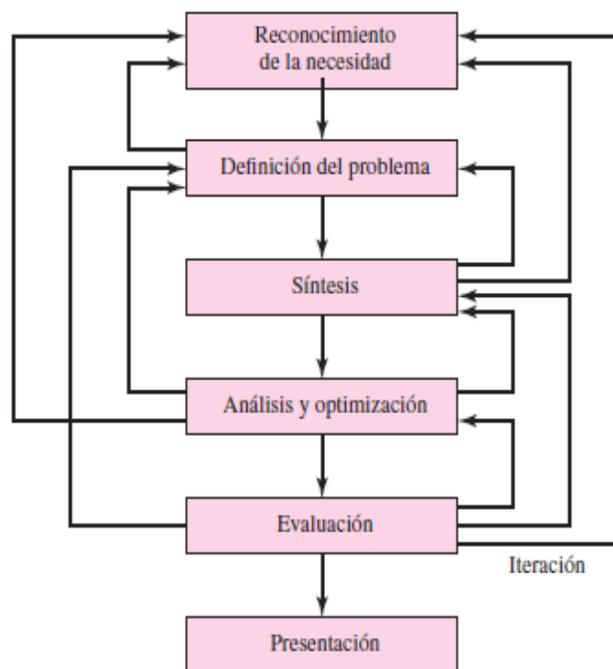


Figura 5. Fases del proceso de diseño, tomado de (Budynas & Nisbett, 2012, pp. 4-16)

### **Consideraciones de diseño**

La resistencia es la consideración de diseño más importante, es por esto que se debe tomar en cuenta algunas características o propiedades esenciales para cualquier tipo de diseño antes de realizarlo (Budynas & Nisbett, 2012, pp. 4-16), como por ejemplo:

- Funcionalidad
- Utilidad
- Facilidad de manufactura
- Forma
- Tamaño
- Peso
- Costo

Algunas de estas propiedades se relacionan de manera directa con las dimensiones, el material, el procesamiento y la unión de los elementos.

### **Sistema de Suspensión para Remolques**

El sistema de suspensión está compuesto por:

- Un elemento flexible o elástico (muelle de ballesta o helicoidal, barra de torsión, muelle de goma, gas o aire).
- Y un elemento de amortiguación (amortiguador).

La misión de estos elementos es neutralizar las oscilaciones de la masa suspendida originadas por el elemento flexible al adaptarse a las irregularidades del terreno (AficionadosalaMecanica, 2016).

### **Suspensión de eje rígido**

En las que la suspensión de una rueda va unida a la otra mediante un eje rígido (Figura 6), se transmiten las vibraciones de una rueda a la otra.



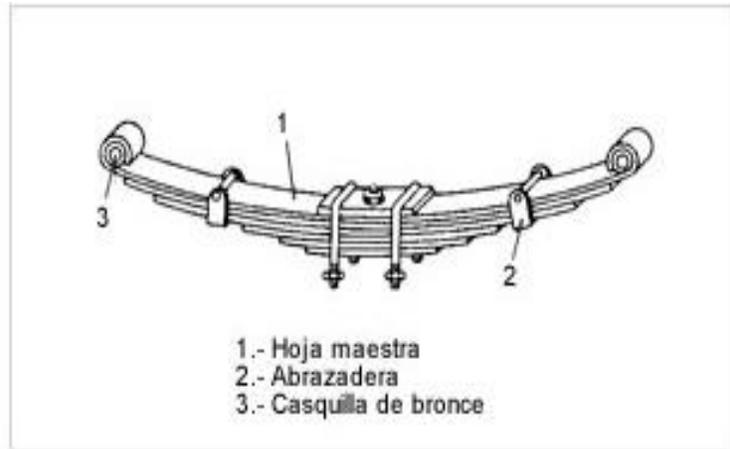
*Figura 6. Suspensión de eje rígido, tomado de (AficionadosalaMecanica, 2016)*

### **Elementos de suspensión simples**

En las suspensiones simples se utilizan como elementos de unión, unos resortes de acero elástico en forma de ballesta.

#### **Ballestas**

Las ballestas están constituidas por un conjunto de hojas o láminas de acero especial para muelles (Figura 7), unidas mediante unas abrazaderas, que permiten el deslizamiento entre las hojas cuando éstas se deforman por el peso que soportan (AficionadosalaMecanica, 2016).



*Figura 7. Ballesta, tomado de (AficionadosalaMecanica, 2016)*

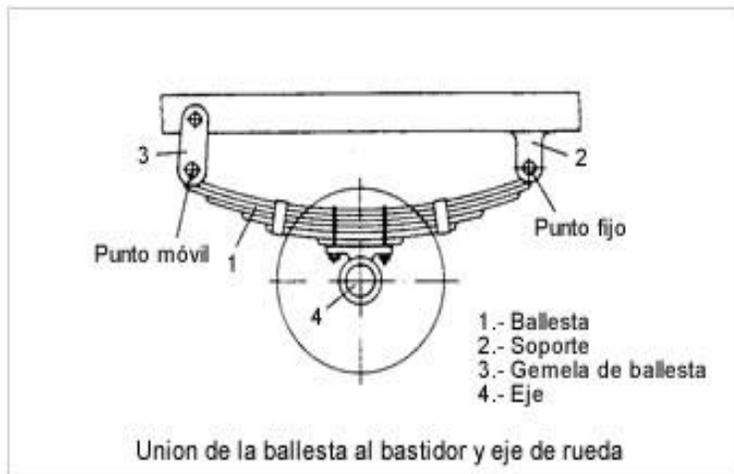
La hoja superior, llamada hoja maestra, va curvada en sus extremos formando unos ojos en los que se montan unos casquillos de bronce, para su acoplamiento al soporte del bastidor por medio de pernos o bulones.

### **Montaje de ballestas**

El montaje utilizado generalmente en camiones y autocares (Figura 8), se realiza con los siguientes pasos (AficionadosalaMecanica, 2016):

- Montando la ballesta con un punto fijo en la parte delantera de la misma (según el desplazamiento del vehículo).
- Y otro móvil, para permitir los movimientos oscilantes de la misma cuando se deforma con la reacción del bastidor.

El enlace fijo se realiza uniendo directamente la ballesta al soporte y, la unión móvil, interponiendo entre la ballesta y el bastidor un elemento móvil, llamado gemela de ballesta.



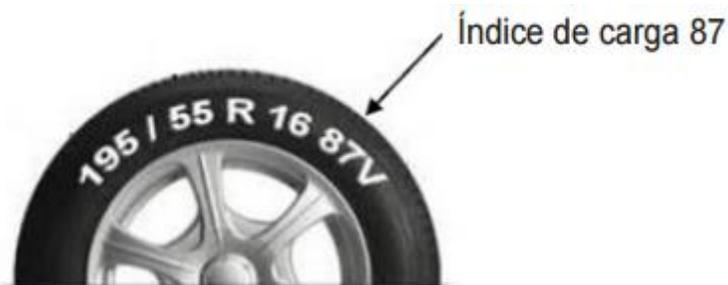
*Figura 8. Unión de la ballesta al bastidor y eje de rueda, tomado de (AficionadosalaMecanica, 2016)*

El montaje de la ballesta sobre el eje, puede realizarse con apoyo de la ballesta sobre el eje (Figura 8) o con el eje sobre la ballesta (Figura 9); este último montaje permite que la carrocería baje, ganando en estabilidad. La misión se realiza por medio de unas abrazaderas que enlazan la ballesta al eje (Figura 10).



*Figura 9. Ballesta por debajo del eje, tomado de (AficionadosalaMecanica, 2016)*





*Figura 11. Índice de carga, tomado de (EditorialMeta, 2016, pp. 4-6)*

Los neumáticos deben tener el índice de carga indicado en la documentación del vehículo, aunque también se permiten neumáticos con códigos de carga mayores a los indicados.

La carga del neumático multiplicada por dos debe cubrir la carga total de eje de su vehículo. Para conocer el índice de carga, sólo hay que fijarse en el flanco de uno de los neumáticos y compararlo con una tabla de índices de peso (Anexo A).

Se indica el diámetro de la llanta con un número que indica la carga que puede soportar el neumático. Hay que tener en cuenta que el índice de carga está relacionado con el de velocidad y con los requisitos de funcionamiento especificados por el fabricante.

Por lo que no sólo debemos respetar esta numeración, sino todos los demás marcajes del neumático.

### **Índice o código de velocidad**

El índice de velocidad se representa mediante una letra mayúscula e indica la velocidad máxima a la cual el neumático puede transportar la carga correspondiente a su índice de carga bajo condiciones de servicio específicas (Figura 12) (EditorialMeta, 2016, pp. 4-6).



Figura 12. Índice o código de velocidad, tomado de (EditorialMeta, 2016, pp. 4-6)

La velocidad máxima es función de la carga que soporte el neumático en el momento de su uso y de la presión en frío del aire de las ruedas.

El índice de velocidad del neumático lo podemos visualizar en uno de los flancos del neumático (Anexo B).

Todos los neumáticos vienen dotados de una serie de inscripciones grabadas en los propios materiales constructivos del mismo, obligatorios o voluntarios para el fabricante, que definen gran parte de sus características, además de la marca del fabricante, el modelo y el país de fabricación.

De esta manera, la identificación de un neumático (Figura 13), con independencia de su marca y modelo, sigue una nomenclatura estandarizada. Así, por ejemplo:

205/55 R16 91 W

- 205: Es el ancho de la sección o ancho del neumático expresado en mm. Se mide con la presión máxima de inflado y sin carga alguna.
- 55: Es la relación altura/anchura de la sección e indica que la altura del neumático es el 55 % de la anchura.

- R: Significa que es un neumático radial. Si la marca fuese una B significaría que el neumático está construido con capas circulares y si fuese una D, el neumático sería de construcción diagonal.
- 16: Es el diámetro de la llanta en pulgadas.
- 91: Es el índice de carga.
- W: Es el índice de velocidad.



*Figura 13. Medidas de un neumático, tomado de (EditorialMeta, 2016, pp. 4-6)*

### **Sujeción de la Carga en el Transporte**

Las vibraciones y perturbaciones dinámicas a las que se ve expuesta la carga durante el transporte a lo largo del camino, favorecen el deslizamiento de la carga, e incluso el volcamiento de la misma, por lo que ésta deberá siempre amarrarse, cuando menos para amortiguar dichas vibraciones y su efecto (Traxco, 2016).

Las fuerzas transversales y longitudinales son recogidas directamente mediante algún medio de sujeción al remolque y en contacto físico con la carga. Quien transporta cargas, busca seguridad y comodidad en el uso.

### **Cintas de Trincaje**

Las cintas de trincaje o cintas de amarre (Figura 14), son fundamentales para garantizar la seguridad en el transporte de cargas (Traxco, 2016).

Capacidad de amarre, que es la fuerza máxima que la cinta de amarre está diseñada para resistir en tracción recta. Fuerza manual normalizada: fuerza de operación manual de 500N (50daN), diseñado para amarre friccional. Existe una abundante normalización sobre las cintas de trincaje en las normas UNE-EN 1492-1:2000, 12195-2:2000 y 12195-2.



*Figura 14. Cinta de trincaje, tomado de (Traxco, 2016)*

### **El proceso de soldadura por arco de metal y gas (GMAW)**

Soldadura metálica con arco eléctrico y gas o Soldadura MIG (metal inert gas) es también conocida como Gas Arco Metal o MAG (BDigital, 2016, pp. 25-26).

GMAW (gas metal arc welding) es un proceso donde el electrodo es un alambre metálico desnudo consumible y la protección se proporciona inundando el arco eléctrico con un gas. El alambre desnudo se alimenta en forma continua (Figura 15) y automática desde una bobina a través de la pistola de soldadura (Figura 16).

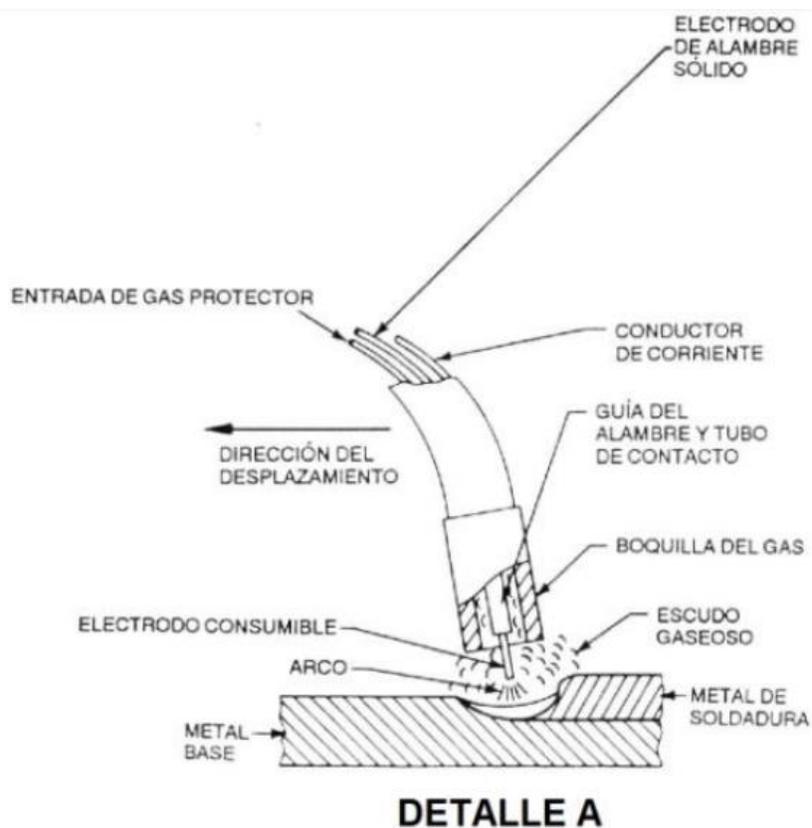


Figura 15. Soldadura con arco eléctrico y gas, tomado de (BDigital, 2016, pp. 25-26)

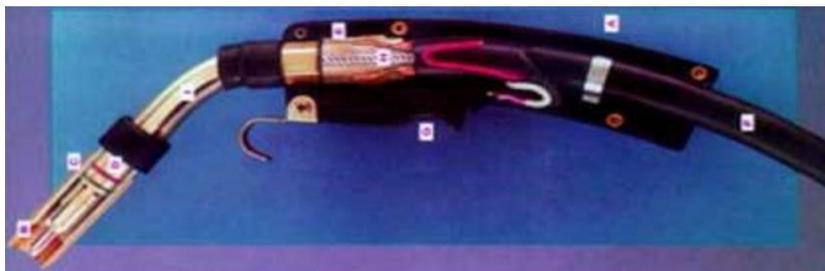


Figura 16. Pistola para soldadura metálica con arco eléctrico y gas, tomado de (BDigital, 2016, pp. 25-26)

En la GMAW se usan diámetros de alambre que van desde 0.8 a 6.4 mm, el tamaño depende del grosor de las partes que se van a unir y la velocidad de deposición deseada.

Para protección se usan gases inertes como el argón y el helio y también gases activos como el bióxido de carbono. La elección de los gases (y sus mezclas) dependen del material que se va a soldar, al igual que de otros factores. Se usan gases inertes para soldar aleaciones de aluminio y aceros inoxidable, en tanto que normalmente se usa CO<sub>2</sub> para soldar aceros al bajo y mediano carbono.

La combinación del alambre de electrodo desnudo y los gases protectores eliminan el recubrimiento de escoria en la gota de soldadura y, por tanto, evitan la necesidad del esmerilado y limpieza manual de la escoria. Por tal razón, el proceso de GMAW y gas (Figura 17), es ideal para hacer múltiples pasadas de soldadura en la misma unión.

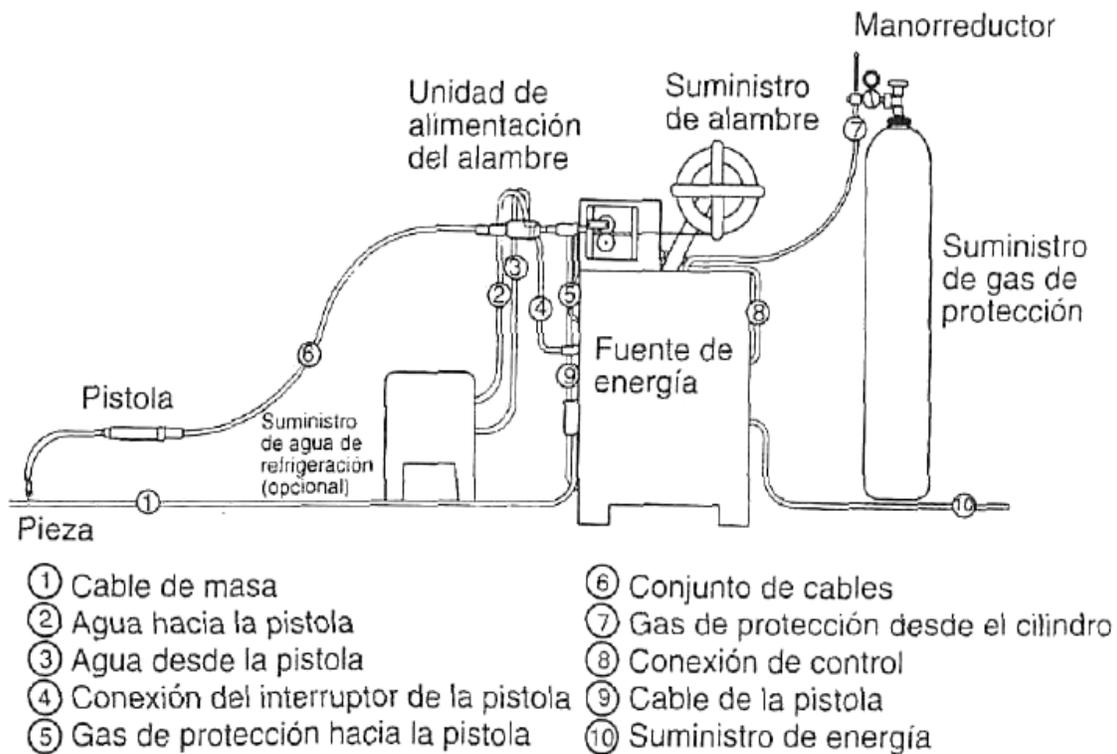


Figura 17. Esquema del proceso GMAW, tomado de (BDigital, 2016, pp. 25-26)

### Clasificación AWS para los metales de aporte

Electrodos de acero al carbón para soldadura de arco protegida por gas (IngeMecanica, 2018).

ER – XX S – X

- Las primeras dos letras identifican como alambre o varilla desnudas.
- Los tres primeros números indican la resistencia a la tracción en miles de lb/pulg 2.
- La letra intermedia indica que el tipo de alambre es sólido.
- Composición química del alambre.

Un buen procedimiento de soldada está caracterizado por la poca presencia de porosidad, buena fusión y una terminación libre de grietas o quebraduras, todo esto depende del tipo de alambre MIG (Figura 18) que se escoja para el proceso.



*Figura 18. Alambre para soldadura MIG, tomado de (MaquinasYHerramientas, 2017)*

## **Remolques**

Un remolque es todo vehículo carente de un medio de propulsión, el cual puede ser arrastrado o remolcado por un vehículo con acople o por otro tipo de vehículo especializado para realizar dicha función, como por ejemplo: tractor, camión, tráiler, entre otros (MotorGiga, 2016).

Dependiendo del remolque, estos han de estar equipados con dirección, luces de posición, de indicación y de pare, los cuales serán accionados desde el vehículo.

## **Pesos y dimensiones**

La longitud máxima y el peso total a plena carga son establecidos en función del número de ejes o puede estar descrito según la categoría del remolque, estos están descritos en el Código de Circulación, según Acuerdo Ministerial N. 018 artículo 3 y 4, donde se regula el uso y la conservación de los caminos públicos además de sus pesos y dimensiones (Anexo C) (MinisterioObrasPublicas, 2016, págs. 3-7).

Según el acuerdo ministerial anteriormente mencionado el peso y las dimensiones máximas permitidas para el diseño del remolque son: PBV (Peso bruto vehicular): 11 toneladas, largo: 13,20 metros, ancho: 2,60 metros y alto: 4,10 metros.

## **Sistema eléctrico**

De acuerdo a la Reglamentación Técnica No. 7 de la ONU, todo tipo de remolque deberá tener instalado un sistema de señalización, según ISO 3731 (Anexo F), el mismo que debe constar de luces direccionales, guías, freno y retro, las mismas que son alimentadas por la batería del vehículo remolcador (NormalizacionRemolques, 2017).

### **Tipos de remolques**

A continuación se describe los diferentes tipos de remolques (MarcaMotor, 2016).

- Remolque

Vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser remolcado por un vehículo que posea motor.

- Remolque de enganche o remolque completo

Remolque de al menos dos ejes y un eje de dirección como mínimo, provisto de un dispositivo de remolque que puede desplazarse verticalmente (en relación al remolque), que no transmita al vehículo de tracción una carga significativa (menos de 100 kg).

- Remolque con eje central

Remolque provisto de un dispositivo de enganche que no puede desplazarse verticalmente (en relación al remolque) y cuyo eje esté situado próximo al centro de gravedad del vehículo (cuando la carga esté repartida uniformemente) de forma que sólo se transmita al vehículo de tracción una pequeña carga estática vertical.

- Semirremolque

Vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser acoplado a un automóvil, sobre el que reposará parte del mismo, transfiriéndole una parte sustancial de su masa.

### **Categorías según sus aplicaciones**

A continuación se indica los remolques según sus aplicaciones (MotorGiga, 2016):

- Transporte de personas.
- Transporte de mercancías.
- Transporte de personas y mercancías.
- Uso especial o para transportes específicos.

### **Clasificación según su peso**

- Remolques ligeros

Se definen como remolques ligeros a aquellos cuyo peso total a plena carga no supera 750 kg; pueden ser arrastrados por cualquier vehículo, además deben llevar la misma matrícula que los vehículos que los remolcan (MotorGiga, 2016).

- Remolques medios

Un tipo medio lo constituye el remolque agrícola, destinado al transporte de materiales, máquinas, aperos agrícolas o ganado. Está formado por un bastidor dotado de órganos de arrastre, sobre el cual se halla montada una plataforma.

- Remolques pesados

El tipo pesado es un remolque arrastrado por un camión o un tractor, cuyas dimensiones y peso son superiores a los límites fijados por el Código de Circulación. Los remolques para transportes especiales se emplean para los movimientos de máquinas, para transportes especiales de equipos no desmontables y para máquinas de grandes dimensiones y pesos.

### **Clasificación por tipos de remolques**

A efectos de todas estas clasificaciones se excluyen los remolques tipo agrícolas (MarcaMotor, 2016) (Cascajosa, 2005, pp. 31-40) (InenClasificacionVehicular, 2018, pp. 8-10).

- Remolque y semirremolque ligero PBV (Peso bruto vehicular) ; 750 kg

Aquellos cuyo PBV (Peso bruto vehicular) no sea superior a 0,75 toneladas.

- Remolque y semirremolque  $750 \text{ kg} < \text{PBV}$  (Peso bruto vehicular) ; 3.500 kg

Aquellos cuyo PBV (Peso bruto vehicular) sea superior a 0,75 toneladas, pero no a 3,5 toneladas.

- Remolque y semirremolque  $3.500 \text{ kg} < \text{PBV}$  (Peso bruto vehicular); 10.000 kg

Aquellos cuyo PBV (Peso bruto vehicular) sea superior a 3,5 toneladas, pero no a 10 toneladas.

- Remolque y semirremolque  $\text{PBV}$  (Peso bruto vehicular)  $> 10.000 \text{ kg}$

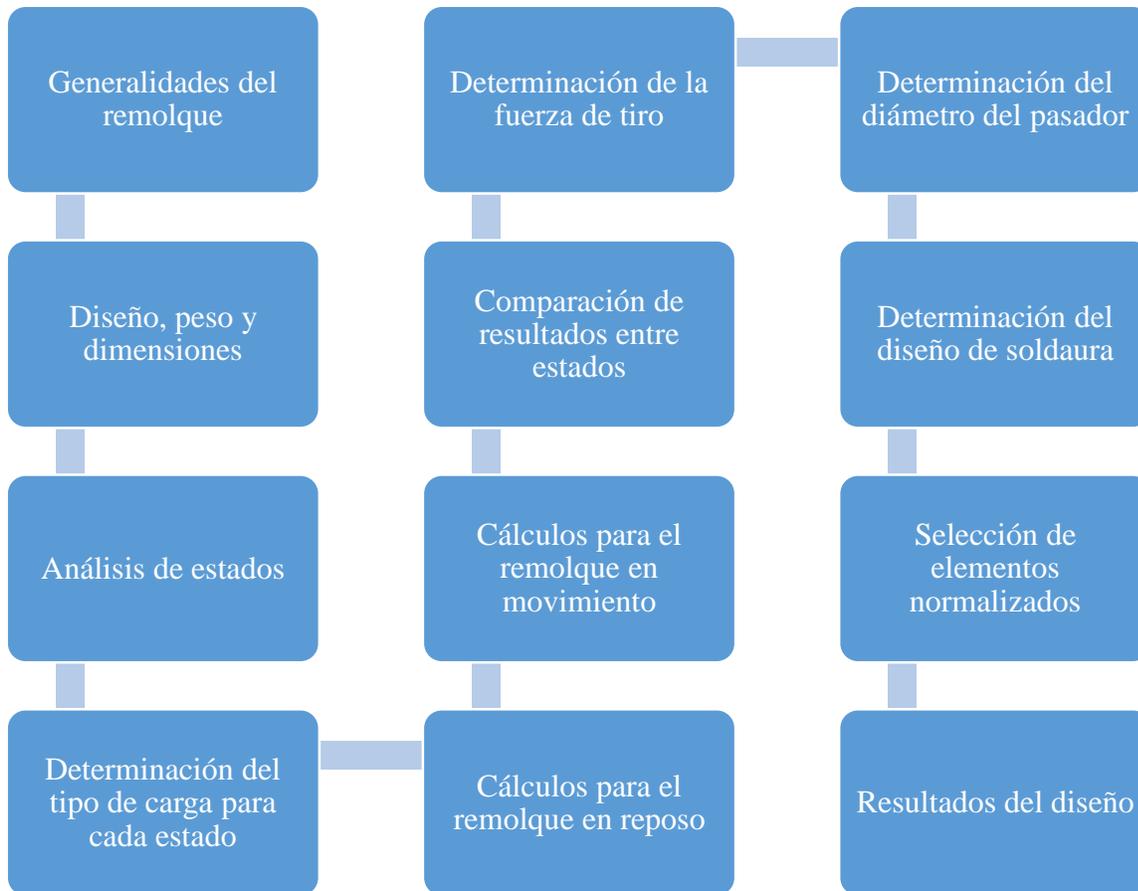
Aquellos cuyo PBV (Peso bruto vehicular) sea superior a 10 toneladas

Anteriormente mencionado según el acuerdo ministerial N. 018 artículo 3 y 4 tomar en cuenta que el peso y las dimensiones máximas permitidas para el diseño del remolque son: PBV (Peso bruto vehicular): 11 toneladas, largo: 13,20 metros, ancho: 2,60 metros y alto: 4,10 metros.

Por lo tanto al momento de realizar el diseño no se debe exceder estos parámetros, además se debe tomar en cuenta su clasificación vehicular según NTE INEN-ISO 3833:2008 (Anexo H).

## Método

### Diagrama de procesos para diseño del remolque



### Generalidades

El remolque se construye de un eje trasero fijo con una articulación delantera, el cual está previsto para soportar una carga de media tonelada, para su construcción se utiliza diferentes tipos de acero estructural, ya que son apropiados para resistir cargas estáticas y también dinámicas, considerando además en su bajo costo.

El remolque va a estar sometido a cargas estáticas, las cuales son causadas por su propio peso y del skuk, también actuarán cargas dinámicas debido al movimiento del remolque mientras se lo transporta.

Para determinar las reacciones principales y los momentos que actúan en la estructura del remolque, se procede a hacer un estudio suponiendo una estructura continua con cargas determinadas.

### **Diseño, peso y dimensiones**

El esquema se puede basar en un remolque que posee la empresa (Figura 19 y 20), el cual sirve para transportar los coches tipo skuk y skid de la ensambladora automotriz GM-OBB, este posee dimensiones menores a las máximas permitidas, además este cumple una función similar y posee una capacidad de carga mucho mayor.



*Figura 19. Remolque para coches tipo skid*



*Figura 20. Remolque para coches tipo skid con carga*

El peso y las dimensiones máximas permitidas para el diseño del remolque son: PBV (Peso bruto vehicular) 11 toneladas, largo: 13,20 metros, ancho: 2,60 metros y alto: 4,10 metros, según el Acuerdo Ministerial N. 018 artículos 3 y 4 (Anexo C).

Al diseñar un nuevo esquema para el remolque que transportará los coches tipo skuk de la ensambladora automotriz Aymesa, determinamos las dimensiones que este tendrá: largo: 5,57 metros, ancho: 1,38 metros y alto: 0,90 metros.

Dicho esquema cumple con los parámetros mencionados anteriormente y estos se encuentran dentro de la norma de los pesos y dimensiones nacionales (Anexo C), para así proceder a realizar los análisis y cálculos respectivos para concluir con su construcción.

Además tomando en cuenta que el remolque es diseñado y construido en base a las características del coche tipo skuk de la ensambladora automotriz Aymesa, para satisfacer las necesidades de transportación.

Para determinar el análisis de sus estados se debe tomar en cuenta que el remolque posee dos puntos de apoyo diferentes en cada uno de estos según su esquema y dimensiones (Figura 21) (Anexo W), por lo que se llevara a cabo un análisis con lo siguiente:

- El primer apoyo es el punto de acople entre el auto remolcador y el extremo del remolque.
- El segundo apoyo es el eje trasero fijo del remolque.

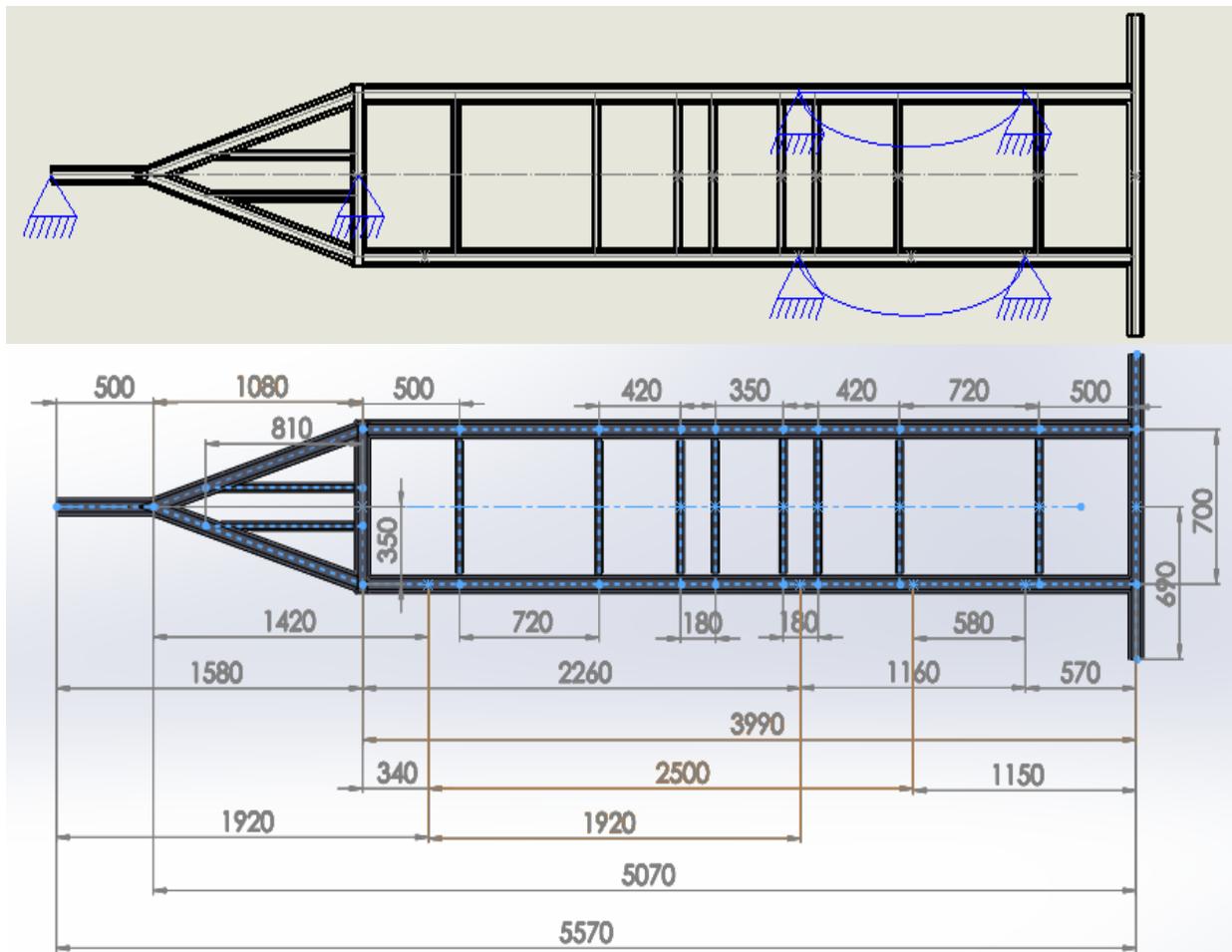


Figura 21. Esquema y dimensiones del remolque, elaboración propia tomado de (SolidWorks, 2017)

### Diseño para la estructura principal

Para determinar las reacciones y los momentos que actúan en la estructura principal del remolque se debe considerar a este como una estructura continua y se procede a realizar dos tipos de estudios:

- Cargas puntuales aplicadas a la estructura principal en reposo
- Cargas puntuales aplicadas a la estructura principal en movimiento

## Remolque en reposo

### Determinación del tipo de carga remolque en reposo

#### Carga muerta

La carga muerta es el peso total de la estructura con los elementos que le ayudan a su movimiento, para este caso se supondrá algunos tipos de perfil y el peso de varios elementos adicionales (McCormac, 2006, pp. 17-39).

#### Carga viva

La carga viva se determina, sumando la carga más una sobrecarga del 10% (Ecuación 1), que se aumenta para el dimensionamiento de este tipo de estructuras, la carga viene dada por el peso que posee el coche tipo skuk (McCormac, 2006, pp. 17-39).

$$Cv = C + (C * 0,1) \quad (1)$$

$$Cv = 240 \text{ Kg} + (240 \text{ Kg} * 0,1)$$

$$Cv = 240 \text{ Kg} + 24 \text{ Kg}$$

$$Cv = 264 \text{ Kg}$$

$$Cv = 264 \text{ Kgf} \left| \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ Kgf}} \right| = 2589,84 \text{ N}$$

$$Cv = 2589,84 \text{ N}$$

Donde:

$Cv$  = Carga Viva

$C$  = Peso del coche tipo skuk (Peso = 240 Kg.)

## Cargas aplicadas remolque en reposo

### Cálculo para cargas aplicadas remolque en reposo

Se analiza este tipo de estado para demostrar que la estructura del remolque puede soportar la carga del coche tipo skuk, para esto se debe tomar en cuenta el peso del mismo tomando en cuenta la carga viva.

Con la carga viva se obtiene las cargas puntuales aplicadas a dos puntos específicos de la estructura del remolque en reposo donde estas actúan, ya que es la distancia entre ejes delanteros y posteriores.

$$Q1 = Q2$$

$$Q1 = Q2 = \frac{Cv}{2}$$

$$Q1 = Q2 = \frac{2589,84 \text{ N}}{2}$$

$$Q1 = Q2 = 1294,92 \text{ N}$$

Donde:

$Q1$  = Carga puntual en tramo 1 remolque en reposo

$Q2$  = Carga puntual en tramo 2 remolque en reposo

Con este valor se puede realizar el diagrama de cuerpo libre (Figura 22) y los cálculos para determinar las reacciones y momentos para las cargas puntuales (Tabla 1), aplicadas a toda la longitud del remolque.

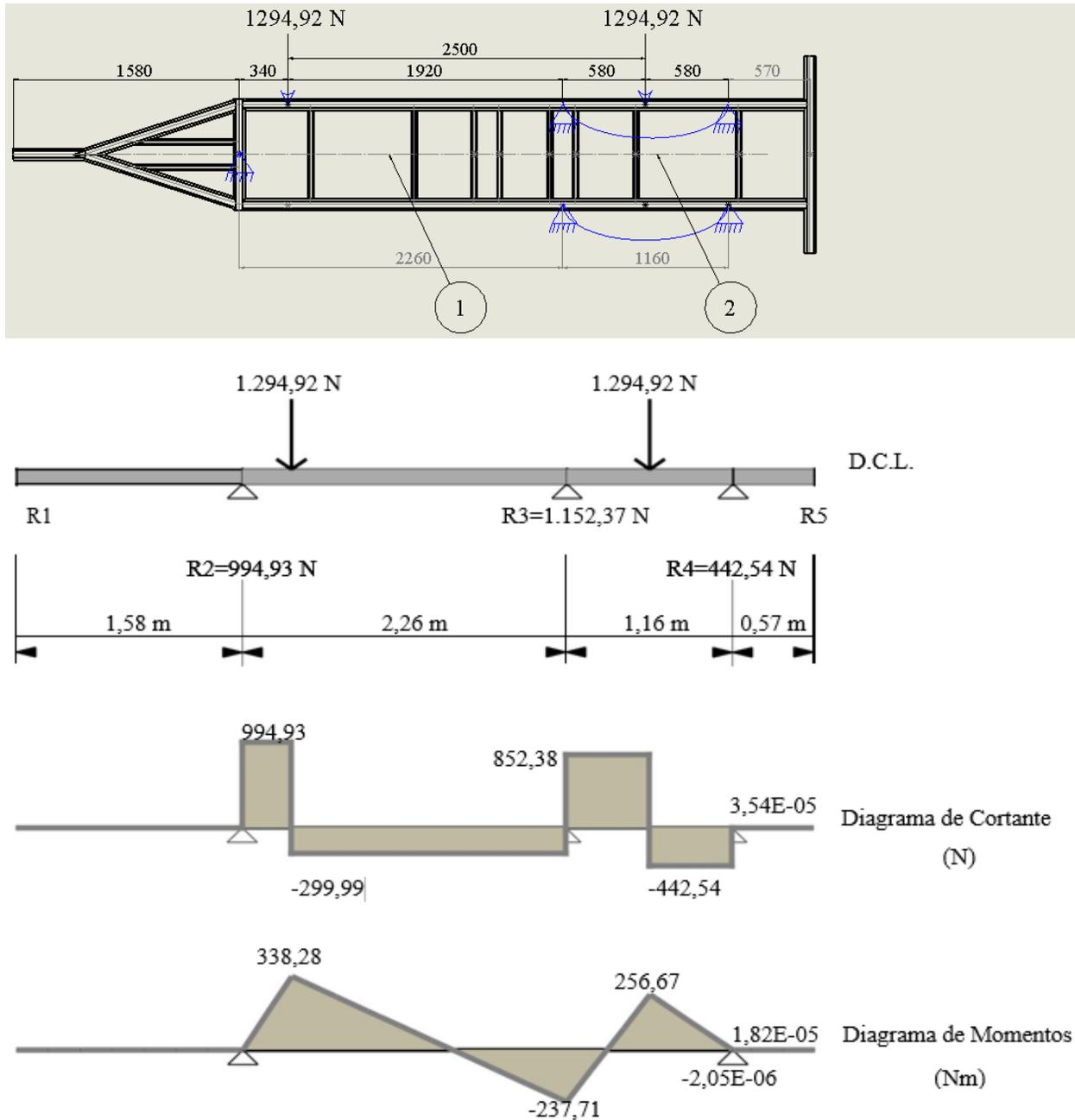


Figura 22. D.C.L., reacciones y momentos del remolque en reposo, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)

Con los resultados en los puntos críticos de la estructura del remolque se realiza la sumatoria de fuerzas que se aplican a la misma para determinar las ecuaciones que ayudaran a determinar las reacciones en R2, R3 y R4.

*Tabla 1. Resultado de reacciones y momentos del remolque en reposo, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)*

Sección	Distancia (m)	Cortante (N)	Momento (Nm)
1	0,00	0,00	0,00
2	0,22	0,00	0,00
3	0,45	0,00	0,00
4	0,67	0,00	0,00
5	0,89	0,00	0,00
6	1,11	0,00	0,00
7	1,34	0,00	0,00
8	1,56	0,00	0,00
9	1,58	994,93	0,00
10	1,78	994,93	201,37
11	1,92	-299,99	338,28
12	2,01	-299,99	312,72
13	2,23	-299,99	245,88
14	2,45	-299,99	179,04
15	2,67	-299,99	112,20
16	2,90	-299,99	45,36
17	3,12	-299,99	-21,47
18	3,34	-299,99	-88,31
19	3,56	-299,99	-155,15
20	3,79	-299,99	-221,99
21	3,84	852,38	-237,71
22	4,01	852,38	-92,46
23	4,23	852,38	97,45
24	4,42	-442,54	256,67
25	4,46	-442,54	240,74
26	4,68	-442,54	142,14
27	4,90	-442,54	43,55
28	5,00	3,54E-05	-2,05E-06
29	5,12	3,54E-05	2,36E-06
30	5,35	3,54E-05	1,03E-05
31	5,57	3,54E-05	1,82E-05

### Ecuación de los tres momentos remolque en reposo

Para determinar las reacciones y momentos que actúan en la estructura principal del remolque es necesario aplicar la ecuación de los tres momentos (Ecuación 2), ya que la estructura principal del remolque posee tres apoyos es decir dos tramos continuos, esto se utiliza para poder analizar estructuras estáticamente indeterminadas o también llamadas hiperestáticas (R. C. Hibbeler, 1997, pp. 484-493).

$$M_1 \cdot l_1 + 2M_2(l_1 + l_2) + M_3 \cdot l_2 = -6 \cdot \alpha_2 - 6 \cdot \alpha_1 \quad (2)$$

Donde:

$M_1$  = Momento en R2 remolque en reposo

$l_1$  = Distancia entre R2 a R3 remolque en reposo

$M_2$  = Momento en R3 remolque en reposo

$l_2$  = Distancia entre R3 a R4 remolque en reposo

$M_3$  = Momento en R4 remolque en reposo

$A_1$  = Área del diagrama de momentos en tramo 1 remolque en reposo

$a_1$  = Distancia entre R2 al centroide del diagrama de momentos

$A_2$  = Área del diagrama de momentos en tramo 2 remolque en reposo

$b_2$  = Distancia entre centroide del diagrama de momentos a R4

$\alpha_2$  = Reacción viga conjugada para cargas distintas del centro (Anexo G) (Ecuación 3)

$\alpha_1$  = Reacción viga conjugada para cargas situadas en el centro (Anexo G) (Ecuación 4)

$$\alpha_2 = \left( \frac{P \cdot a \cdot b}{6 \cdot L} (a + L) \right) \quad (3)$$

Donde:

$$P = Q1$$

$a$  = Distancia entre R2 a Q1

$b$  = Distancia entre Q1 a R3

$L$  = Distancia entre R2 a R3

$$\alpha_1 = \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right) \quad (4)$$

Donde:

$$P = Q2$$

$L$  = Distancia entre R3 a R4

Dicha ecuación relaciona los momentos internos de una viga continua en tres puntos de soporte con las cargas que actúan entre soportes, además por la aplicación sucesiva de esta ecuación a segmentos de viga, se obtiene un conjunto de ecuaciones que se pueden resolver al mismo tiempo para los momentos internos desconocidos en los soportes (Reemplazando ecuación 3 y 4 en ecuación 2) (Dr. Genner Villarreal Castro, 2018, pp. 238-242).

$$M_1 \cdot l_1 + 2M_2(l_1 + l_2) + M_3 \cdot l_2 = -6 \left( \frac{P \cdot a \cdot b}{6 \cdot L} (a + L) \right) - 6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right)$$

$$MR_2 \cdot l_1 + 2MR_3(l_1 + l_2) + MR_4 \cdot l_2 = -6 \left( \frac{P \cdot a \cdot b}{6 \cdot L} (a + L) \right) - 6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right)$$

Se toma en cuenta que en el diagrama de momentos al inicio y al final siempre es cero.

$$0(2,26 \text{ m}) + 2MR_3(2,26 \text{ m} + 1,16 \text{ m}) + 0(1,16 \text{ m}) = -6 \left( \frac{P \cdot a \cdot b}{6 \cdot L} (a + L) \right) - 6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right)$$

$$0 + 2MR_3(3,42 \text{ m}) + 0 = -6 \left( \frac{P \cdot a \cdot b}{6 \cdot L} (a + L) \right) - 6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right)$$

$$2MR_3(3,42 \text{ m}) = -6 \left( \frac{1294,92 \text{ N}(0,34 \text{ m})(1,92 \text{ m})}{6(2,26 \text{ m})} (0,34 \text{ m} + 2,26 \text{ m}) \right) - 6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right)$$

$$2MR_3(3,42 \text{ m}) = -6(162,08 \text{ Nm}^2) - 6 \left( \frac{1294,92 \text{ N}(1,16 \text{ m})^2}{16} \right)$$

$$MR_3(6,84 \text{ m}) = -972,5 \text{ Nm}^2 - 653,42 \text{ Nm}^2$$

$$MR_3(6,84 \text{ m}) = -1625,92 \text{ Nm}^2$$

$$MR_3 = \frac{-1625,92 \text{ Nm}^2}{6,84 \text{ m}}$$

$$MR_3 = -237,71 \text{ Nm}$$

Determinando uno de los momentos de la estructura se procede a determinar las reacciones de apoyo, para esto se descompone a la estructura en estados estáticos.

Con esto se puede realizar los cálculos para determinar las reacciones y momentos para la carga puntual aplicada al tramo 1 (Figura 23) (Tabla 2) y tramo 2 (Figura 24) (Tabla 3) de la longitud del remolque.

**Tramo 1 remolque en reposo**

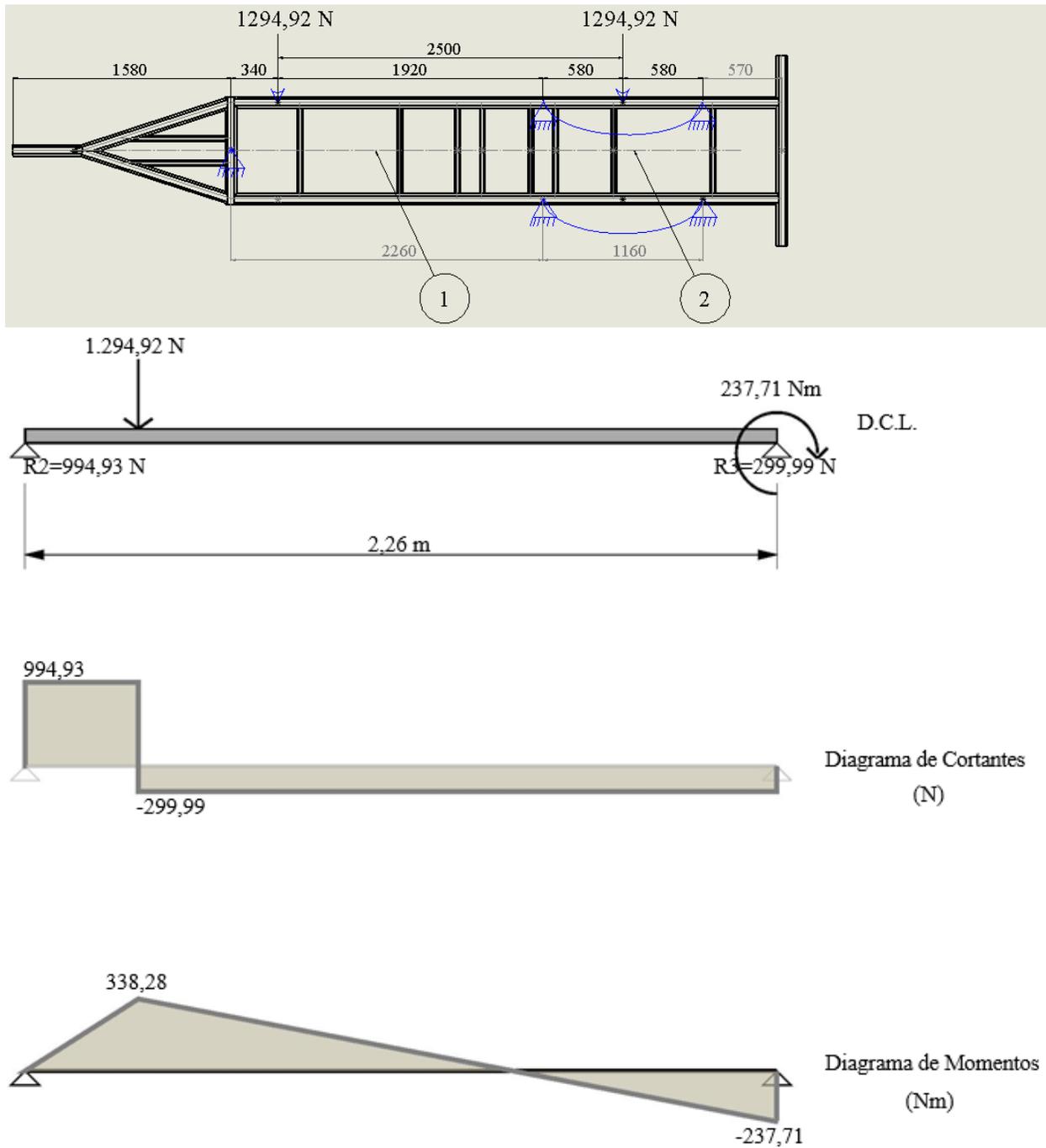


Figura 23. D.C.L., reacciones y momentos tramo 1 remolque en reposo, elaboración propia

tomado de (A-Tools, 2018)

*Tabla 2. Resultado de reacciones y momentos tramo 1 remolque en reposo, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)*

Sección	Distancia (m)	Cortante (N)	Momento (Nm)
1	0,00	994,93	0,00
2	0,09	994,93	89,94
3	0,18	994,93	179,88
4	0,27	994,93	269,82
5	0,34	-299,99	338,28
6	0,36	-299,99	331,80
7	0,45	-299,99	304,68
8	0,54	-299,99	277,56
9	0,63	-299,99	250,44
10	0,72	-299,99	223,32
11	0,81	-299,99	196,20
12	0,90	-299,99	169,08
13	0,99	-299,99	141,96
14	1,08	-299,99	114,84
15	1,18	-299,99	87,72
16	1,27	-299,99	60,60
17	1,36	-299,99	33,48
18	1,45	-299,99	6,36
19	1,54	-299,99	-20,76
20	1,63	-299,99	-47,87
21	1,72	-299,99	-74,99
22	1,81	-299,99	-102,11
23	1,90	-299,99	-129,23
24	1,99	-299,99	-156,35
25	2,08	-299,99	-183,47
26	2,17	-299,99	-210,59
27	2,26	-299,99	-237,71

**Cálculos para tramo 1 remolque en reposo**

Realizar la sumatoria de fuerzas que se aplican al tramo 1 de la estructura del remolque para determinar las ecuaciones que ayudaran a determinar las reacciones en R2 y R3.

$$\Sigma FY = 0 \uparrow +$$

$$R2 + R3 - 1294,92 N = 0$$

$$R2 + R3 = 1294,92 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en el punto R2 para poder determinar la reacción en el punto R3 y así determinar sus respectivos valores.

$$\Sigma MR2 = 0 \curvearrowright +$$

$$Q1(0,34 m) - R3(2,26 m) + 237,71 Nm = 0$$

$$1294,922 N(0,34 m) - R3(2,26 m) + 237,71 Nm = 0$$

$$440,27 Nm - R3(2,26 m) + 237,71 Nm = 0$$

$$R3(2,26 m) = 440,27 Nm + 237,71 Nm$$

$$R3(2,26 m) = 677,98 Nm$$

$$R3 = \frac{677,98 Nm}{2,26 m}$$

$$R3 = 299,99 N$$

Despejar la reacción R2 con el valor obtenido de la reacción R3.

$$R2 + R3 = 1294,92 N$$

$$R2 = 1294,92 N - R3$$

$$R2 = 1294,92 N - 299,99 N$$

$$R2 = 994,93 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en cada uno de los puntos críticos para determinar donde actúa el momento máximo.

$$MR2 = 0$$

$$MQ1 = MR2 + R2(0,34 m)$$

$$MQ1 = 0 + 994,93 N(0,34 m)$$

$$MQ1 = 338,28 Nm$$

$$MR3 = MQ1 - R3(1,92 m) + 237,71 Nm$$

$$MR3 = 338,28 Nm - 299,99 N(1,92 m) + 237,71 Nm$$

$$MR3 = 338,28 Nm - 575,98 Nm + 237,71 Nm$$

$$MR3 = 0$$

Identificar el momento máximo y el punto donde se localiza.

$$M_{MAX} = MQ1$$

$$M_{MAX} = 338,28 Nm$$

**Tramo 2 remolque en reposo**

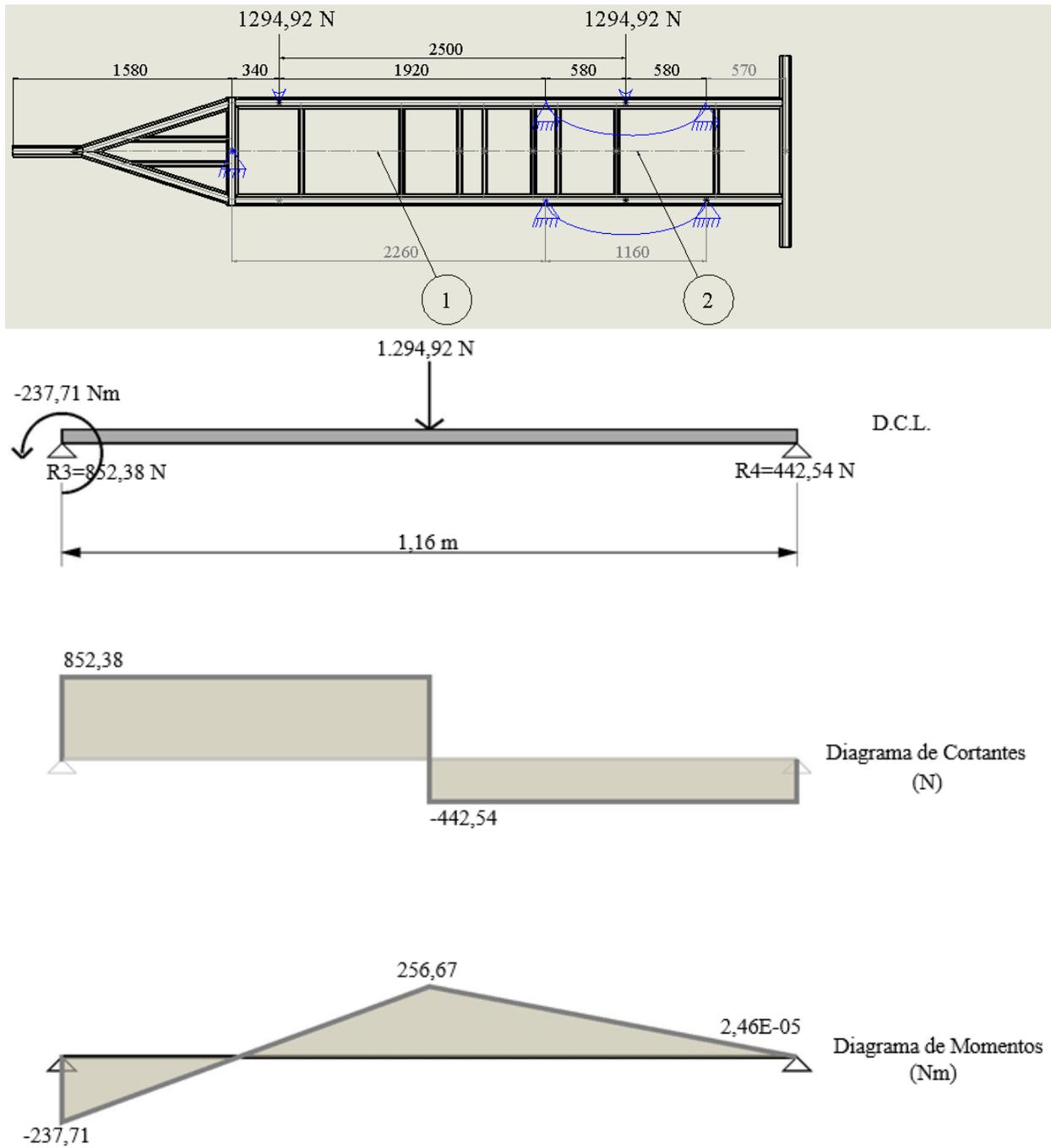


Figura 24. D.C.L., reacciones y momentos tramo 2 remolque en reposo, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)

*Tabla 3. Resultado de reacciones y momentos tramo 2 remolque en reposo, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)*

Sección	Distancia (m)	Cortante (N)	Momento (Nm)
1	0,00	852,38	-237,71
2	0,05	852,38	-198,16
3	0,09	852,38	-158,61
4	0,14	852,38	-119,06
5	0,19	852,38	-79,51
6	0,23	852,38	-39,96
7	0,28	852,38	-0,41
8	0,32	852,38	39,14
9	0,37	852,38	78,69
10	0,42	852,38	118,24
11	0,46	852,38	157,80
12	0,51	852,38	197,35
13	0,56	852,38	236,90
14	0,58	-442,54	256,67
15	0,60	-442,54	246,40
16	0,65	-442,54	225,87
17	0,70	-442,54	205,34
18	0,74	-442,54	184,80
19	0,79	-442,54	164,27
20	0,84	-442,54	143,74
21	0,88	-442,54	123,20
22	0,93	-442,54	102,67
23	0,97	-442,54	82,13
24	1,02	-442,54	61,60
25	1,07	-442,54	41,07
26	1,11	-442,54	20,53
27	1,16	-442,54	2,46E-05

**Cálculos para tramo 2 remolque en reposo**

Realizar la sumatoria de fuerzas que se aplican al tramo 2 de la estructura del remolque para determinar las ecuaciones que ayudaran a determinar las reacciones en R3 y R4.

$$\Sigma FY = 0 \uparrow +$$

$$R3 + R4 - 1294,92 N = 0$$

$$R3 + R4 = 1294,92 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en el punto R3 para poder determinar la reacción en el punto R4 y así determinar sus respectivos valores.

$$\Sigma MR3 = 0 \curvearrowright +$$

$$-237,71 Nm + Q1(0,58 m) - R4(1,16 m) = 0$$

$$-237,71 Nm + 1294,92 N(0,58 m) - R4(1,16 m) = 0$$

$$-237,71 Nm + 751,06 Nm - R4(1,16 m) = 0$$

$$R4(1,16 m) = 751,06 Nm - 237,71 Nm$$

$$R4(1,16 m) = 513,35 Nm$$

$$R4 = \frac{513,35 Nm}{1,16 m}$$

$$R4 = 442,54 N$$

Despejar la reacción R3 con el valor obtenido de la reacción R4.

$$R3 + R4 = 1294,92 N$$

$$R3 = 1294,92 N - R4$$

$$R3 = 1294,92 N - 442,54 N$$

$$R3 = 852,38 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en cada uno de los puntos críticos para determinar donde actúa el momento máximo.

$$MR3 = -237,71 Nm$$

$$MQ2 = MR3 + R3(0,58 m)$$

$$MQ2 = -237,71 Nm + 852,38 N(0,58 m)$$

$$MQ2 = -237,71 Nm + 494,38 Nm$$

$$MQ2 = 256,67 Nm$$

$$MR4 = MQ2 - R4(0,58 m)$$

$$MR4 = 256,67 Nm - 442,54(0,58 m)$$

$$MR4 = 256,67 Nm - 256,67 Nm$$

$$MR4 = 0$$

Identificar el momento máximo y el punto donde se localiza.

$$M_{MAX} = MQ2$$

$$M_{MAX} = 256,67 Nm$$

**Resultados tramo 1 y 2 remolque en reposo**

Una vez calculado las reacciones y momentos para las cargas aplicadas al tramo 1 y 2 del remolque en reposo, se obtiene las reacciones y momentos totales en la estructura.

Para el tramo 1 del remolque en reposo:

$$R2 = 994,93 \text{ N}$$

$$R3 = 299,99 \text{ N}$$

$$M_{MAX} = 338,28 \text{ Nm}$$

Para el tramo 2 del remolque en reposo:

$$R3 = 852,38 \text{ N}$$

$$R4 = 442,54 \text{ N}$$

$$M_{MAX} = 256,67 \text{ Nm}$$

Para obtener la reacción total en R3 se suma ambas reacciones entre el tramo 1 y 2.

$$RT3 = R3(\text{tramo 1}) + R3(\text{tramo 2})$$

$$RT3 = 299,99 \text{ N} + 852,38 \text{ Nm}$$

$$RT3 = 1152,37 \text{ N}$$

Con los cálculos se verifica los datos de elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018).

### Cargas aplicadas a estructura principal remolque en reposo

#### Cálculo para determinar tipo de perfil de estructura principal remolque en reposo

Para determinar el tipo de perfil adecuado que pueda soportar este tipo de cargas se debe relacionar el esfuerzo máximo que puede soportar dicho perfil, esto se logra junto con el momento máximo y la sección del perfil o el módulo de inercia que se va a escoger una vez realizado los cálculos respectivos (Ecuación 5) (*Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366*).

Además se debe tomar en cuenta el esfuerzo máximo que soporta el perfil que se va a escoger, esto se logra junto con el esfuerzo de fluencia que soporta dicho material y el factor de seguridad que se debe tomar para asegurar que en la estructura no exista ningún tipo de falla (Ecuación 6).

Por último se debe realizar una comparación entre el esfuerzo máximo del perfil que se va a escoger y el esfuerzo máximo real que puede resistir (Ecuación 7).

$$\sigma_{MAX} = \frac{M_{MAX}}{S_{XX}} \quad (5)$$

$$\sigma_{MAT} = \frac{S_Y}{F.S.} \quad (6)$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{M_{MAX}}{S_{XX}} \leq \sigma_{MAT} = \frac{S_Y}{F.S.} \quad (7)$$

Donde:

$\sigma_{MAX}$  = Esfuerzo máximo del perfil

$M_{MAX}$  = Momento máximo (Resultados tramo 1 y 2 remolque en reposo)

$S_{XX}$  = Sección del perfil

$\sigma_{MAT}$  = Esfuerzo máximo del material

$S_Y$  = Resistencia a la fluencia del material

$F.S.$  = Factor de seguridad

Identificar la resistencia a la fluencia del tipo de material que se va a escoger y un factor de seguridad adecuado para estructuras.

$S_Y = 250 \text{ MPa}$  (Acero A36) (Anexo M)

$F.S. = 2$  (Recomendado en estructuras para que no exista falla)

Usar los datos seleccionados para obtener el esfuerzo máximo que soporta el perfil que se va a escoger (Ecuación 6).

$$\sigma_{MAT} = \frac{250 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{MAT} = 125 \text{ MPa}$$

$$125(10^6) \text{ Pa} = 125(10^6) \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_{MAT} = 125(10^6) \frac{N}{m^2}$$

Despejar la sección del perfil que se va a escoger, usando el momento máximo y el esfuerzo máximo que va a soportar el perfil (Ecuación 7).

$$\frac{M_{MAX}}{S_{XX}} = \sigma_{MAT}$$

$$S_{XX} = \frac{M_{MAX}}{\sigma_{MAT}}$$

$$S_{XX} = \frac{338,28 Nm}{125(10^6) \frac{N}{m^2}}$$

$$S_{XX} = 2,706(10^{-6}) m^3$$

$$2,706(10^{-6}) m^3 \left| \frac{(100 cm)^3}{(1 m)^3} \right| = 2,71 cm^3$$

$$S_{XX} = 2,71 cm^3$$

Como la sección consta de 2 perfiles soldados entre sí para la estructura principal del remolque, entonces sería la mitad.

$$S_{XX} = \frac{2,71 cm^3}{2}$$

$$S_{XX} = 1,36 cm^3$$

Con este valor se puede determinar un perfil adecuado para la construcción de la estructura principal del remolque en reposo, por lo que se selecciona un perfil estructural tipo correa "G" de las siguientes dimensiones: G60x30x10x2, debido a que su módulo de inercia es de  $2,74 cm^3$  (Anexo I), siendo este el inmediato superior al calculado.

$$S_{XX} = 2,74 cm^3$$

$$2,74 cm^3 \left| \frac{(1 m)^3}{(100 cm)^3} \right| = 2,74(10^{-6}) m^3$$

$$S_{XX} = 2,74(10^{-6}) m^3$$

**Recálculo para determinar tipo de perfil de estructura principal remolque en reposo**

Con la sección del perfil o módulo de inercia ya escogido y el momento máximo identificado, se puede determinar el esfuerzo máximo real que soportara la estructura del remolque (Ecuación 5) (Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366).

$$\sigma_{MAX} = \frac{338,28 Nm}{2,74(10^{-6}) m^3}$$

$$\sigma_{MAX} = 54124800 \frac{N}{m^2}$$

$$123459854 \frac{N}{m^2} \left| \frac{1 MPa}{10^6 \frac{N}{m^2}} \right| = 123,46 MPa$$

$$\sigma_{MAX} = 123,46 MPa$$

Despejar el factor de seguridad real que va a tener la estructura del remolque, usando la resistencia a la fluencia del material y el esfuerzo máximo real (Ecuación 7).

$$\sigma_{MAX} = \frac{S_Y}{F.S.}$$

$$F.S. = \frac{S_Y}{\sigma_{MAX}}$$

$$F.S. = \frac{250 MPa}{123,46 MPa}$$

$$F.S. = 2,02$$

Al ser el  $F.S. > 1$ , se determina que el perfil que se escogió es adecuado.

### Cargas aplicadas al perfil de apoyo remolque en reposo

#### Cálculo para determinar tipo de perfil de apoyo remolque en reposo

Para determinar el tipo de perfil de apoyo adecuado que pueda soportar este tipo de cargas, se debe relacionar las mismas ecuaciones mencionadas anteriormente (Ecuación 5, 6 y 7) (Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366).

Identificar la resistencia a la fluencia del tipo de material de apoyo que se va a escoger y un factor de seguridad adecuado para estructuras.

$$S_Y = 275 \text{ MPa (Acero de refuerzo / Resistencia media) (Anexo M)}$$

$$F.S. = 2 \text{ (Recomendado en estructuras para que no exista falla)}$$

Usar los datos seleccionados para obtener el esfuerzo máximo que soporta el perfil apoyo que se va a escoger (Ecuación 6).

$$\sigma_{MAT} = \frac{275 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{MAT} = 137,5 \text{ MPa}$$

$$137,5(10^6) \text{ Pa} = 137,5(10^6) \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_{MAT} = 137,5(10^6) \frac{N}{m^2}$$

Despejar la sección del perfil de apoyo que se va a escoger, usando el momento máximo y el esfuerzo máximo que va a soportar el perfil (Ecuación 7).

$$\frac{M_{MAX}}{S_{XX}} = \sigma_{MAT}$$

$$S_{XX} = \frac{M_{MAX}}{\sigma_{MAT}}$$

$$S_{XX} = \frac{338,28 \text{ Nm}}{137,5(10^6) \frac{N}{m^2}}$$

$$S_{XX} = 2,46(10^{-6}) m^3$$

$$2,46(10^{-6}) m^3 \left| \frac{(100 \text{ cm})^3}{(1 \text{ m})^3} \right| = 2,46 \text{ cm}^3$$

$$S_{XX} = 2,46 \text{ cm}^3$$

La estructura de apoyo consta de una sola sección de perfil, esta se encuentra soldada a la estructura principal del remolque.

$$S_{XX} = 2,46 \text{ cm}^3$$

Con este valor se puede determinar un perfil de apoyo adecuado para la construcción del remolque, por lo que se selecciona un perfil estructural tipo correa “U” de la siguiente denominación: C50x25x2, debido a que su módulo de inercia es de  $2,83 \text{ cm}^3$  (Anexo J), siendo este el inmediato superior al calculado.

$$S_{XX} = 2,83 \text{ cm}^3$$

$$2,83 \text{ cm}^3 \left| \frac{(1 \text{ m})^3}{(100 \text{ cm})^3} \right| = 2,83(10^{-6}) m^3$$

$$S_{XX} = 2,83(10^{-6}) m^3$$

### Recálculo para determinar tipo de perfil de apoyo remolque en reposo

Con la sección del perfil de apoyo o módulo de inercia ya escogido y el momento máximo identificado, se puede determinar el esfuerzo máximo real que soportara la estructura del remolque (Ecuación 5) (Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366).

$$\sigma_{MAX} = \frac{338,28 Nm}{2,83(10^{-6}) m^3}$$

$$\sigma_{MAX} = 119533568,9 \frac{N}{m^2}$$

$$119533568,9 \frac{N}{m^2} \left| \frac{1 MPa}{10^6 \frac{N}{m^2}} \right| = 119,53 MPa$$

$$\sigma_{MAX} = 119,53 MPa$$

Despejar el factor de seguridad real que va a tener la estructura del remolque, usando la resistencia a la fluencia del material y el esfuerzo máximo real (Ecuación 7).

$$\sigma_{MAX} = \frac{S_Y}{F.S.}$$

$$F.S. = \frac{S_Y}{\sigma_{MAX}}$$

$$F.S. = \frac{275 MPa}{119,53 MPa}$$

$$F.S. = 2,3$$

Al ser el  $F.S. > 1$ , se determina que el perfil de apoyo que se escogió es adecuado.

**Cargas aplicadas a travesaños remolque en reposo**

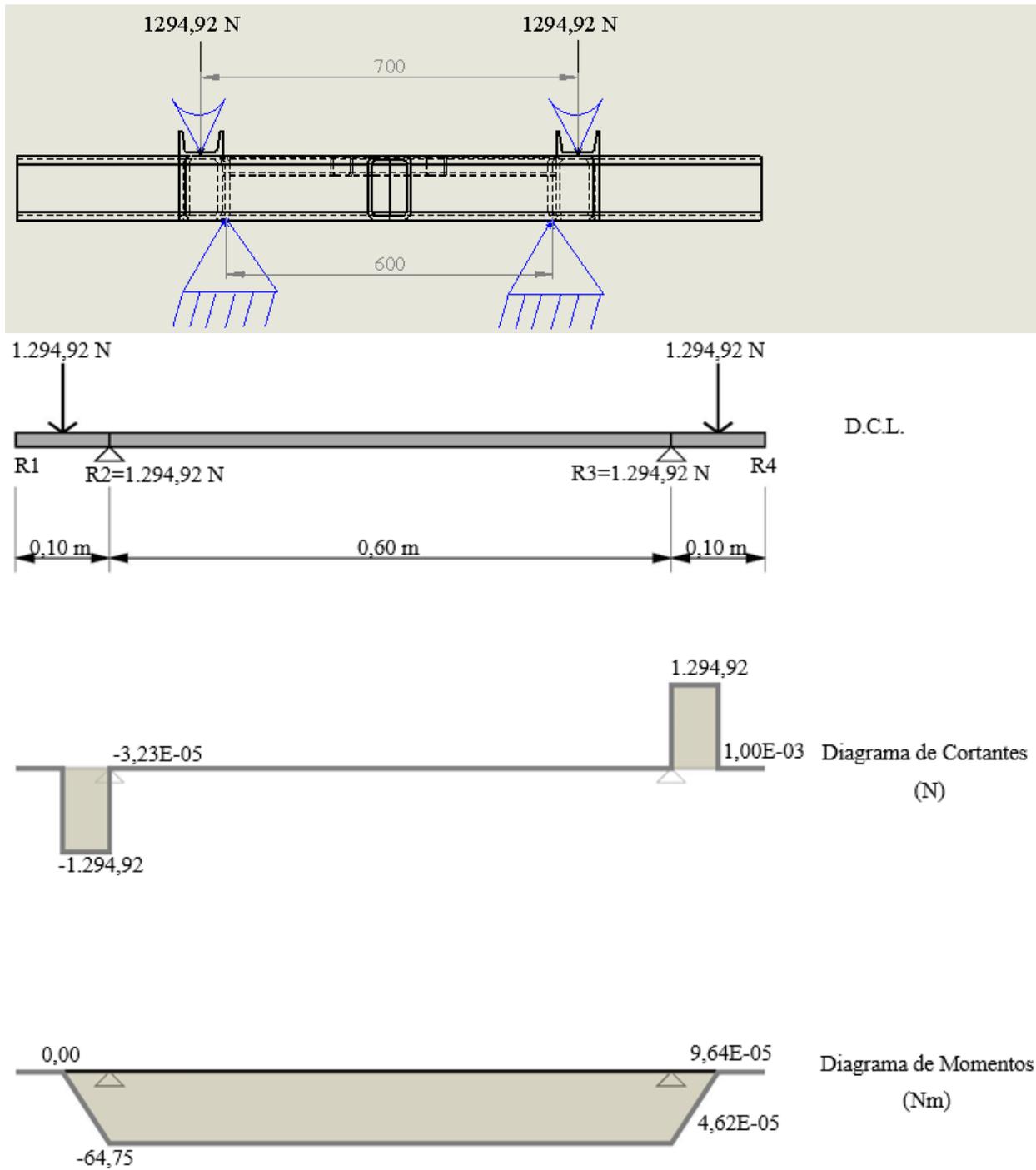


Figura 25. D.C.L., reacciones y momentos travesaños remolque en reposo, elaboración propia

tomado de (A-Tools, 2018)

Tabla 4. Resultado de reacciones y momentos travesaños remolque en reposo, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)

Sección	Distancia (m)	Cortante (N)	Momento (Nm)
1	0,00	0,00	0,00
2	0,03	0,00	0,00
3	0,05	-1.294,92	0,00
4	0,06	-1.294,92	-18,13
5	0,10	-1.294,92	-59,57
6	0,10	-3,23E-05	-64,75
7	0,13	-3,23E-05	-64,75
8	0,16	-3,23E-05	-64,75
9	0,19	-3,23E-05	-64,75
10	0,22	-3,23E-05	-64,75
11	0,26	-3,23E-05	-64,75
12	0,29	-3,23E-05	-64,75
13	0,32	-3,23E-05	-64,75
14	0,35	-3,23E-05	-64,75
15	0,38	-3,23E-05	-64,75
16	0,42	-3,23E-05	-64,75
17	0,45	-3,23E-05	-64,75
18	0,48	-3,23E-05	-64,75
19	0,51	-3,23E-05	-64,75
20	0,54	-3,23E-05	-64,75
21	0,58	-3,23E-05	-64,75
22	0,61	-3,23E-05	-64,75
23	0,64	-3,23E-05	-64,75
24	0,67	-3,23E-05	-64,75
25	0,70	1.294,92	-64,75
26	0,70	1.294,92	-59,57
27	0,74	1.294,92	-18,13
28	0,75	1,00E-03	4,62E-05
29	0,77	1,00E-03	6,43E-05
30	0,80	1,00E-03	9,64E-05

**Cálculo para cargas aplicadas a travesaños remolque en reposo**

Tomar en cuenta la mitad de la carga viva considerando el efecto dinámico, ya que esta será la carga puntual la cual se aplica en cada uno de los puntos de apoyo o rieles de la estructura del remolque (McCormac, 2006, pp. 101-121).

$$Q1 = Q2$$

$$Q1 = Q2 = \frac{Cv}{2}$$

$$Q1 = Q2 = \frac{2589,84 N}{2}$$

$$Q1 = Q2 = 1294,92 N$$

Donde:

$Q1$  = Carga puntual en tramo 1 remolque en reposo

$Q2$  = Carga puntual en tramo 2 remolque en reposo

Con esto se puede realizar los cálculos para determinar las reacciones y momentos para las cargas puntuales aplicadas a cada uno de los puntos de apoyo o rieles del remolque (Figura 25) (Tabla 4).

Realizar la sumatoria de fuerzas que se aplican a la estructura del remolque para determinar las ecuaciones que ayudaran a determinar las reacciones en R2 y R3.

$$\Sigma FY = 0 \uparrow +$$

$$-Q1 + R2 + R3 - Q2 = 0$$

$$R2 + R3 = Q1 + Q2$$

$$R2 + R3 = 1294,92 N + 1294,92 N$$

$$R2 + R3 = 2589,84 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en el punto R2 para poder determinar la reacción en el punto R3 y así determinar sus respectivos valores.

$$\Sigma MR2 = 0 \quad \curvearrowright +$$

$$-Q1(0,05 m) - R3(0,6 m) + Q2(0,65 m) = 0$$

$$-1294,92 N(0,05 m) - R3(0,6 m) + 1294,92 N(0,65 m) = 0$$

$$-64,75 Nm - R3(0,6 m) + 841,7 Nm = 0$$

$$R3(0,6 m) = 841,7 Nm - 64,75 Nm$$

$$R3(0,6 m) = 776,95 Nm$$

$$R3 = \frac{776,95 Nm}{0,6 m}$$

$$R3 = 1294,92 N$$

Despejar la reacción R2 con el valor obtenido de la reacción R3.

$$R2 + R3 = 2589,84 N$$

$$R2 = 2589,84 N - R3$$

$$R2 = 2589,84 N - 1294,92 N$$

$$R2 = 1294,92 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en cada uno de los puntos críticos para determinar donde actúa el momento máximo.

$$MQ1 = 0$$

$$MR2 = MQ1 - (Q1(0,05 \text{ m}))$$

$$MR2 = 0 - (1294,92 \text{ N}(0,05 \text{ m}))$$

$$MR2 = -64,75 \text{ Nm}$$

$$MR3 = MR2 + ((R2 - R3)(0,6 \text{ m}))$$

$$MR3 = -64,75 \text{ Nm} - ((1294,92 \text{ N} - 1294,92 \text{ N})(0,6 \text{ m}))$$

$$MR3 = -64,75 \text{ Nm} - ((0 \text{ N})(0,6 \text{ m}))$$

$$MR3 = -64,75 \text{ Nm} - 0 \text{ Nm}$$

$$MR3 = -64,75 \text{ Nm}$$

$$MQ2 = MR3 + (R3(0,05 \text{ m}))$$

$$MQ2 = -64,75 \text{ Nm} + (1294,92 \text{ N}(0,05 \text{ m}))$$

$$MQ2 = -64,75 \text{ Nm} + 64,75 \text{ Nm}$$

$$MQ2 = 0 \text{ Nm}$$

Identificar el momento máximo y el punto donde se localiza.

$$M_{MAX} = |MR2| = |MR3| = |-64,75 \text{ Nm}| = 64,75 \text{ Nm}$$

$$M_{MAX} = 64,75 \text{ Nm}$$

**Cálculo para determinar tipo de perfil de travesaños remolque en reposo**

Para determinar el tipo de perfil adecuado que pueda soportar este tipo de cargas, se debe relacionar las mismas ecuaciones mencionadas anteriormente (Ecuación 5, 6 y 7) (Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366).

Identificar la resistencia a la fluencia del tipo de material que se va a escoger y un factor de seguridad adecuado para estructuras.

$$S_Y = 250 \text{ MPa (Acero A36) (Anexo M)}$$

$$F.S. = 2 \text{ (Recomendado en estructuras para que no exista falla)}$$

Usar los datos seleccionados para obtener el esfuerzo máximo que soporta el perfil que se va a escoger (Ecuación 6).

$$\sigma_{MAT} = \frac{250 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{MAT} = 125 \text{ MPa}$$

$$125(10^6) \text{ Pa} = 125(10^6) \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_{MAT} = 125(10^6) \frac{N}{m^2}$$

Despejar la sección del perfil que se va a escoger, usando el momento máximo y el esfuerzo máximo que va a soportar el perfil (Ecuación 7).

$$\frac{M_{MAX}}{S_{XX}} = \sigma_{MAT}$$

$$S_{XX} = \frac{M_{MAX}}{\sigma_{MAT}}$$

$$S_{XX} = \frac{64,75 \text{ Nm}}{125(10^6) \frac{N}{m^2}}$$

$$S_{XX} = 5,18(10^{-7}) m^3$$

$$5,18(10^{-7}) m^3 \left| \frac{(100 \text{ cm})^3}{(1 \text{ m})^3} \right| = 0,52 \text{ cm}^3$$

$$S_{XX} = 0,52 \text{ cm}^3$$

La estructura de los travesaños consta de una sola sección de perfil, esta se encuentra soldada a la estructura principal del remolque.

$$S_{XX} = 0,52 \text{ cm}^3$$

Con este valor se puede determinar un perfil para los travesaños adecuado para la construcción del remolque, por lo que se selecciona un tubo estructural de tipo cuadrado de la siguiente dimensión: 20x20x1.2, debido a que su módulo de inercia es de  $0,53 \text{ cm}^3$  (Anexo K), siendo este el inmediato superior al calculado.

$$S_{XX} = 0,53 \text{ cm}^3$$

$$0,53 \text{ cm}^3 \left| \frac{(1 \text{ m})^3}{(100 \text{ cm})^3} \right| = 5,3(10^{-7}) m^3$$

$$S_{XX} = 5,3(10^{-7}) m^3$$

**Recálculo para determinar tipo de perfil de travesaños remolque en reposo**

Con la sección del perfil o módulo de inercia ya escogido y el momento máximo identificado, se puede determinar el esfuerzo máximo real que soportara la estructura del remolque (Ecuación 5) (Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366).

$$\sigma_{MAX} = \frac{64,75 Nm}{5,3(10^{-7}) m^3}$$

$$\sigma_{MAX} = 122169811,3 \frac{N}{m^2}$$

$$122169811,3 \frac{N}{m^2} \left| \frac{1 MPa}{10^6 \frac{N}{m^2}} \right| = 122,17 MPa$$

$$\sigma_{MAX} = 122,17 MPa$$

Despejar el factor de seguridad real que va a tener la estructura del remolque, usando la resistencia a la fluencia del material y el esfuerzo máximo real (Ecuación 7).

$$\sigma_{MAX} = \frac{S_Y}{F.S.}$$

$$F.S. = \frac{S_Y}{\sigma_{MAT}}$$

$$F.S. = \frac{250 MPa}{122,17 MPa}$$

$$F.S. = 2,05$$

Al ser el  $F.S. > 1$ , se determina que el perfil que se escogió es adecuado.

## Remolque en movimiento

### Determinación del tipo de carga remolque en movimiento

#### Efecto dinámico de las fuerzas vivas

Este efecto aparece debido a las irregularidades que se presentan a menudo en las carreteras junto con otros factores adicionales tales como lluvia, de tal manera que para el dimensionamiento se agrega a la carga viva una carga por efecto dinámico del 30% (Ecuación 8), así evitando cualquier tipo de falla durante su funcionamiento (*McCormac, 2006, pp. 17-39*).

$$Cv' = Cv + (Cv * 0,3) \quad (8)$$

$$Cv' = 264 \text{ Kg} + (264 \text{ Kg} * 0,3)$$

$$Cv' = 264 \text{ Kg} + 79,2 \text{ Kg}$$

$$Cv' = 343,2 \text{ Kg}$$

$$343,2 \text{ Kgf} \left| \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ Kgf}} \right| = 3366,79 \text{ N}$$

$$Cv' = 3366,79 \text{ N}$$

Donde:

$Cv'$  = Carga viva considerando el efecto dinámico.

$Cv$  = Carga Viva

## Cargas aplicadas remolque en movimiento

### Cálculo para cargas aplicadas remolque en movimiento

Se analiza este tipo de estado para demostrar que la estructura del remolque puede soportar la carga del coche tipo skuk, para esto se debe tomar en cuenta el peso del mismo tomando en cuenta la carga viva considerando el efecto dinámico.

Con la carga viva considerando el efecto dinámico se obtiene las cargas puntuales aplicadas a dos puntos específicos de la estructura del remolque en movimiento donde estas actúan, ya que es la distancia entre ejes delanteros y posteriores.

$$Q3 = Q4$$

$$Q3 = Q4 = \frac{Cv'}{2}$$

$$Q3 = Q4 = \frac{3366,79 \text{ N}}{2}$$

$$Q3 = Q4 = 1683,4 \text{ N}$$

Donde:

$Q3$  = Carga puntual en tramo 1 remolque en movimiento

$Q4$  = Carga puntual en tramo 2 remolque en movimiento

Con este valor se puede realizar el diagrama de cuerpo libre (Figura 26) y los cálculos para determinar las reacciones y momentos para las cargas puntuales (Tabla 5) aplicadas a toda la longitud del remolque.

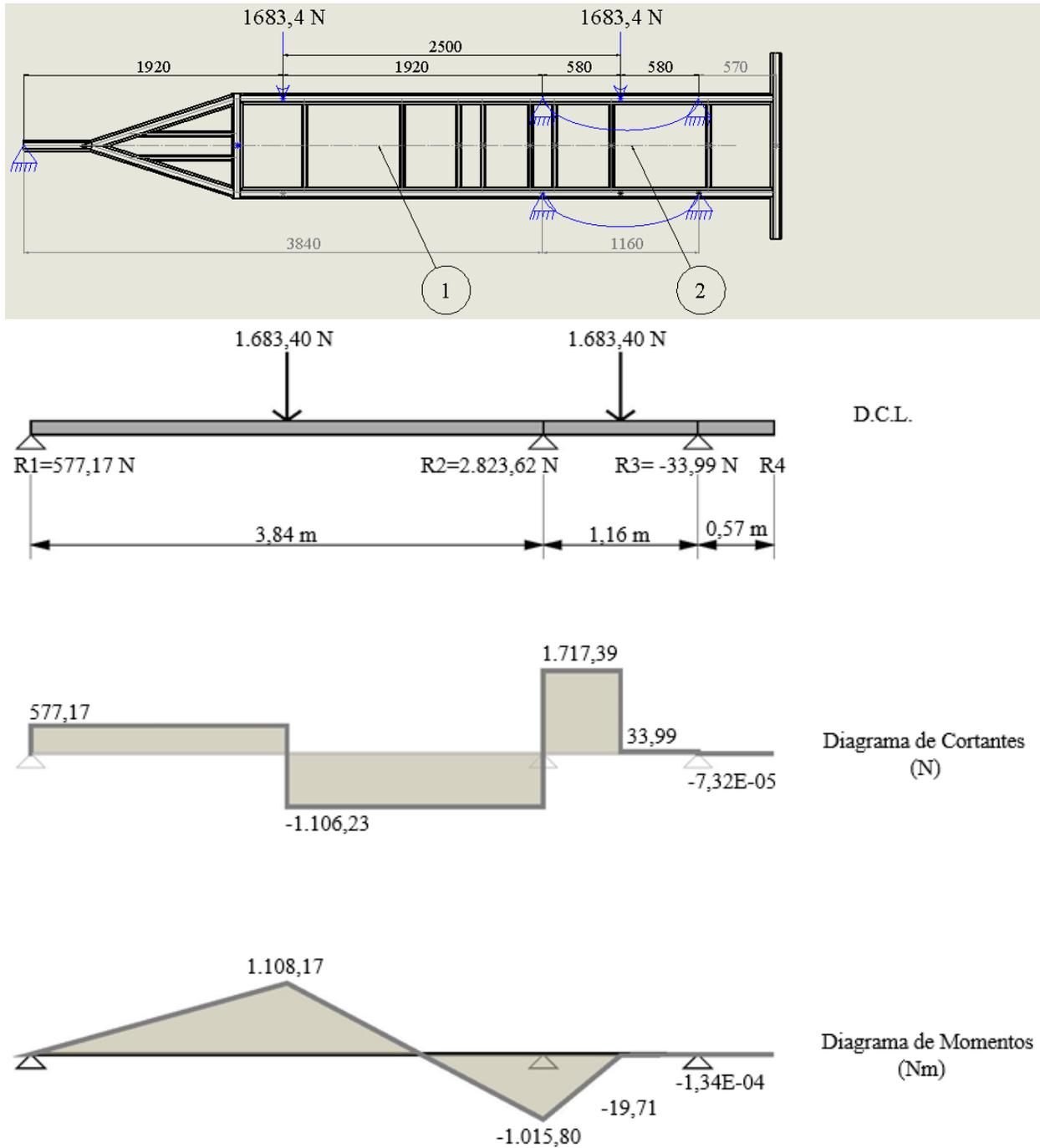


Figura 26. D.C.L., reacciones y momentos del remolque en movimiento, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)

Tabla 5. Resultado de reacciones y momentos del remolque en movimiento, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)

Sección	Distancia (m)	Cortante (N)	Momento (Nm)
1	0,00	577,17	0,00
2	0,22	577,17	128,59
3	0,45	577,17	257,19
4	0,67	577,17	385,78
5	0,89	577,17	514,37
6	1,11	577,17	642,97
7	1,34	577,17	771,56
8	1,56	577,17	900,15
9	1,78	577,17	1.028,75
10	1,92	-1.106,23	1.108,17
11	2,01	-1.106,23	1.013,91
12	2,23	-1.106,23	767,45
13	2,45	-1.106,23	520,98
14	2,67	-1.106,23	274,51
15	2,90	-1.106,23	28,04
16	3,12	-1.106,23	-218,43
17	3,34	-1.106,23	-464,89
18	3,56	-1.106,23	-711,36
19	3,79	-1.106,23	-957,83
20	3,84	1.717,39	-1.015,80
21	4,01	1.717,39	-723,15
22	4,23	1.717,39	-340,52
23	4,42	33,99	-19,71
24	4,46	33,99	-18,49
25	4,68	33,99	-10,92
26	4,90	33,99	-3,34
27	5,00	-7,32E-05	-1,34E-04
28	5,12	-7,32E-05	-1,43E-04
29	5,35	-7,32E-05	-1,59E-04
30	5,57	-7,32E-05	-1,76E-04

### Ecuación de los tres momentos remolque en movimiento

Para determinar las reacciones y momentos que actúan en la estructura principal del remolque es necesario aplicar la ecuación de los tres momentos (Ecuación 2) (R. C. Hibbeler, 1997, pp. 484-493).

Donde:

$M_1$  = Momento en R1 remolque en movimiento

$l_1$  = Distancia entre R1 a R2 remolque en movimiento

$M_2$  = Momento en R2 remolque en movimiento

$l_2$  = Distancia entre R2 a R3 remolque en movimiento

$M_3$  = Momento en R3 remolque en movimiento

$A_1$  = Área del diagrama de momentos en tramo 1 remolque en movimiento

$a_1$  = Distancia entre R1 al centroide del diagrama de momentos

$A_2$  = Área del diagrama de momentos en tramo 2 remolque en movimiento

$b_2$  = Distancia entre centroide del diagrama de momentos a R3

$\alpha_1$  = Reacción viga conjugada para cargas situadas en el centro (Anexo G) (Ecuación 4)

Donde:

$P = Q_3$  y  $Q_4$

$L$  = Distancia entre R1 a R2 y R2 a R3

Dicha ecuación relaciona los momentos internos de una viga continua en tres puntos de soporte con las cargas que actúan entre soportes, además por la aplicación sucesiva de esta ecuación a segmentos de viga, se obtiene un conjunto de ecuaciones que se pueden resolver simultáneamente para los momentos internos desconocidos en los soportes (Reemplazando ecuación 4 en ecuación 2) (Dr. Genner Villarreal Castro, 2018, pp. 238-242).

$$\alpha_2 = \alpha_1$$

$$M_1 \cdot l_1 + 2M_2(l_1 + l_2) + M_3 \cdot l_2 = -6 \cdot \alpha_1 - 6 \cdot \alpha_1$$

$$M_1 \cdot l_1 + 2M_2(l_1 + l_2) + M_3 \cdot l_2 = -6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right) - 6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right)$$

$$MR_1 \cdot l_1 + 2MR_2(l_1 + l_2) + MR_3 \cdot l_2 = -6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right) - 6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right)$$

Se toma en cuenta que en el diagrama de momentos al inicio y al final siempre es cero.

$$0(3,84 \text{ m}) + 2MR_3(3,84 \text{ m} + 1,16 \text{ m}) + 0(1,16 \text{ m}) = -6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right) - 6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right)$$

$$0 + 2MR_3(5 \text{ m}) + 0 = -6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right) - 6 \left( \frac{P \cdot L^2}{16} \right)$$

$$2MR_3(5 \text{ m}) = -6 \left( \frac{1683,4 \text{ N}(3,84 \text{ m})^2}{16} \right) - 6 \left( \frac{1683,4 \text{ N}(1,16 \text{ m})^2}{16} \right)$$

$$2MR_3(5 \text{ m}) = -6(1551,42 \text{ Nm}^2) - 6(141,57 \text{ Nm}^2)$$

$$MR_3(10 \text{ m}) = -9308,53 \text{ Nm}^2 - 849,44 \text{ Nm}^2$$

$$MR_3(10 \text{ m}) = -10157,97 \text{ Nm}^2$$

$$MR_3 = \frac{-10157,97 \text{ Nm}^2}{10 \text{ m}}$$

$$MR_3 = -1015,8 \text{ Nm}$$

Determinando uno de los momentos de la estructura se procede a determinar las reacciones de apoyo, para esto se descompone a la estructura en estados estáticos.

Con esto se puede realizar los cálculos para determinar las reacciones y momentos para la carga puntual aplicada al tramo 1(Figura 27) (Tabla 6) y tramo 2 (Figura 28) (tabla7) de la longitud del remolque.

**Tramo 1 remolque en movimiento**

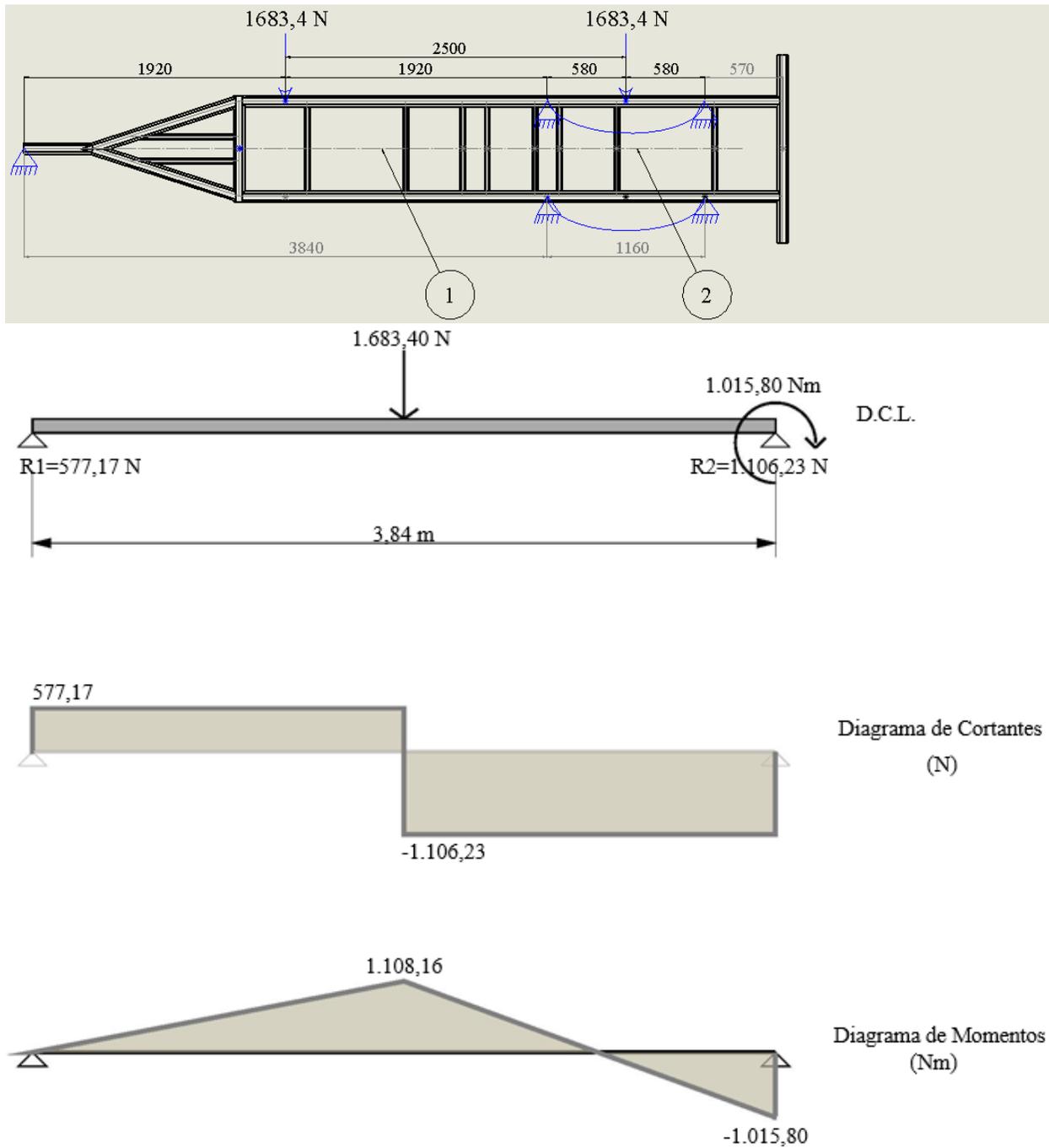


Figura 27. D.C.L., reacciones y momentos tramo 1 remolque en movimiento, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)

*Tabla 6. Resultado de reacciones y momentos tramo 1 remolque en movimiento, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)*

Sección	Distancia (m)	Cortante (N)	Momento (Nm)
1	0,00	577,17	0,00
2	0,15	577,17	88,65
3	0,31	577,17	177,31
4	0,46	577,17	265,96
5	0,61	577,17	354,61
6	0,77	577,17	443,27
7	0,92	577,17	531,92
8	1,08	577,17	620,57
9	1,23	577,17	709,22
10	1,38	577,17	797,88
11	1,54	577,17	886,53
12	1,69	577,17	975,18
13	1,84	577,17	1.063,84
14	1,92	-1.106,23	1.108,16
15	2,00	-1.106,23	1.023,21
16	2,15	-1.106,23	853,29
17	2,30	-1.106,23	683,37
18	2,46	-1.106,23	513,45
19	2,61	-1.106,23	343,54
20	2,76	-1.106,23	173,62
21	2,92	-1.106,23	3,70
22	3,07	-1.106,23	-166,21
23	3,23	-1.106,23	-336,13
24	3,38	-1.106,23	-506,05
25	3,53	-1.106,23	-675,97
26	3,69	-1.106,23	-845,88
27	3,84	-1.106,23	-1.015,80

**Cálculos para tramo 1 remolque en movimiento**

Realizar la sumatoria de fuerzas que se aplican al tramo 1 de la estructura del remolque para determinar las ecuaciones que ayudaran a determinar las reacciones en R1 y R2.

$$\Sigma FY = 0 \uparrow +$$

$$R1 + R2 - 1683,4 N = 0$$

$$R1 + R2 = 1683,4 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en el punto R1 para poder determinar la reacción en el punto R2 y así determinar sus respectivos valores.

$$\Sigma MR1 = 0 \curvearrowright +$$

$$Q3(1,92 m) - R2(3,84 m) + 1015,8 Nm = 0$$

$$1683,4 N(1,92 m) - R2(3,84 m) + 1015,8 Nm = 0$$

$$3232,13 Nm - R2(3,84 m) + 1015,8 Nm = 0$$

$$R2(3,84 m) = 3232,13 Nm + 1015,8 Nm$$

$$R2(3,84 m) = 4247,93 Nm$$

$$R2 = \frac{4247,93 Nm}{3,84 m}$$

$$R2 = 1106,23 Nm$$

Despejar la reacción R1 con el valor obtenido de la reacción R2.

$$R1 + R2 = 1683,4 N$$

$$R1 = 1683,4 N - R2$$

$$R1 = 1683,4 N - 1106,23 N$$

$$R1 = 577,17 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en cada uno de los puntos críticos para determinar donde actúa el momento máximo.

$$MR2 = 0$$

$$MQ3 = MR1 + R1(1,92 m)$$

$$MQ3 = 0 + 577,17 N(1,92 m)$$

$$MQ3 = 1108,17 Nm$$

$$MR2 = MQ3 - R2(1,92 m) + 1015,8 Nm$$

$$MR2 = 1108,17 Nm - 1106,23 N(1,92 m) + 1015,8 Nm$$

$$MR2 = 1108,17 Nm - 2123,97 Nm + 1015,8 Nm$$

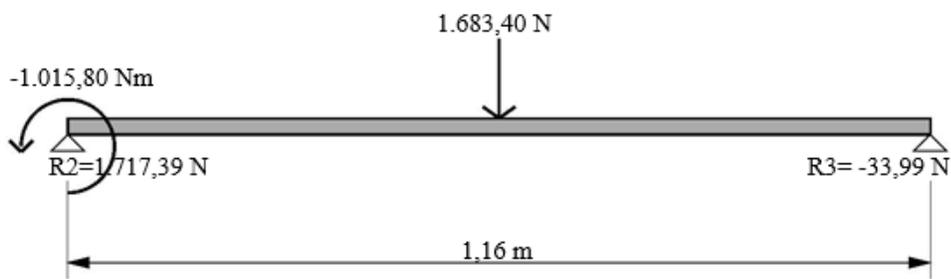
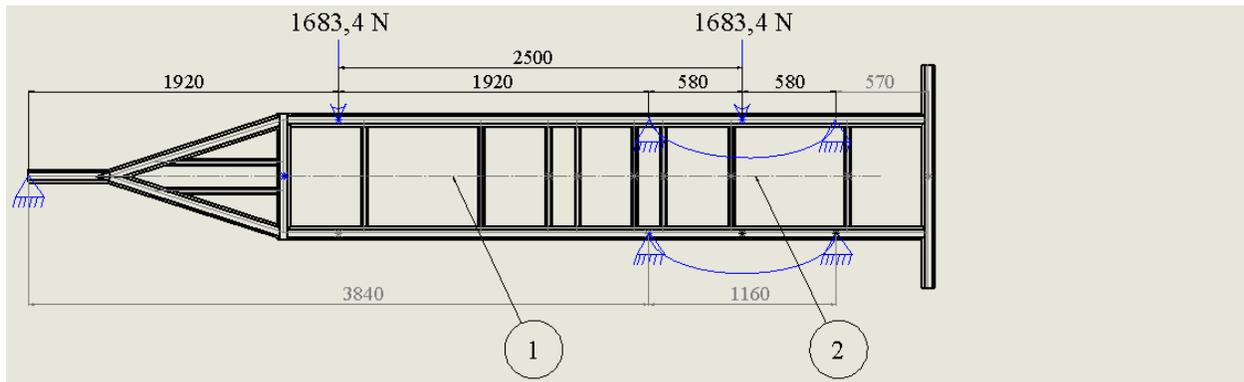
$$MR2 = 0$$

Identificar el momento máximo y el punto donde se localiza.

$$M_{MAX} = MQ3$$

$$M_{MAX} = 1108,17 Nm$$

**Tramo 2 remolque en movimiento**



D.C.L.

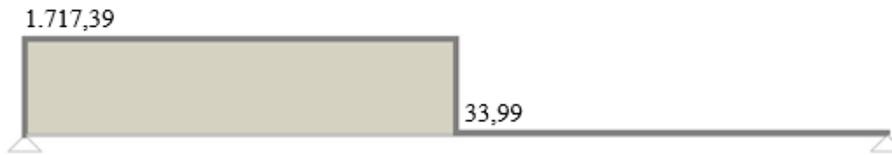


Diagrama de Cortantes (N)



Diagrama de Momentos (Nm)

Figura 28. D.C.L., reacciones y momentos tramo 2 remolque en movimiento, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)

*Tabla 7. Resultado de reacciones y momentos tramo 2 remolque en movimiento, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)*

Sección	Distancia (m)	Cortante (N)	Momento (Nm)
1	0,00	1.717,39	-1.015,80
2	0,05	1.717,39	-936,11
3	0,09	1.717,39	-856,43
4	0,14	1.717,39	-776,74
5	0,19	1.717,39	-697,05
6	0,23	1.717,39	-617,37
7	0,28	1.717,39	-537,68
8	0,32	1.717,39	-457,99
9	0,37	1.717,39	-378,30
10	0,42	1.717,39	-298,62
11	0,46	1.717,39	-218,93
12	0,51	1.717,39	-139,24
13	0,56	1.717,39	-59,56
14	0,58	33,99	-19,71
15	0,60	33,99	-18,93
16	0,65	33,99	-17,35
17	0,70	33,99	-15,77
18	0,74	33,99	-14,19
19	0,79	33,99	-12,62
20	0,84	33,99	-11,04
21	0,88	33,99	-9,46
22	0,93	33,99	-7,89
23	0,97	33,99	-6,31
24	1,02	33,99	-4,73
25	1,07	33,99	-3,15
26	1,11	33,99	-1,58
27	1,16	33,99	-2,93E-06

### Cálculos para tramo 2 remolque en movimiento

Realizar la sumatoria de fuerzas que se aplican al tramo 2 de la estructura del remolque para determinar las ecuaciones que ayudaran a determinar las reacciones en R2 y R3.

$$\Sigma FY = 0 \uparrow +$$

$$R2 + R3 - 1683,4 N = 0$$

$$R2 + R3 = 1683,4 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en el punto R2 para poder determinar la reacción en el punto R3 y así determinar sus respectivos valores.

$$\Sigma MR2 = 0 \curvearrowright +$$

$$-1015,8 Nm + Q4(0,58 m) - R3(1,16 m) = 0$$

$$-1015,8 Nm + 1683,4 N(0,58 m) - R3(1,16 m) = 0$$

$$-1015,8 Nm + 976,37 Nm - R3(1,16 m) = 0$$

$$R3(1,16 m) = 976,37 Nm - 1015,8 Nm$$

$$R3(1,16 m) = -39,43 Nm$$

$$R3 = \frac{-39,43 Nm}{1,16 m}$$

$$R3 = -33,99 N$$

Despejar la reacción R3 con el valor obtenido de la reacción R4.

$$R2 + R3 = 1683,4 N$$

$$R2 = 1683,4 N - R3$$

$$R2 = 1683,4 N - (-33,99 N)$$

$$R2 = 1717,39 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en cada uno de los puntos críticos para determinar donde actúa el momento máximo.

$$MR2 = -1015,8 Nm$$

$$MQ4 = MR2 + R2(0,58 m)$$

$$MQ4 = -1015,8 Nm + 1717,39 N(0,58 m)$$

$$MQ4 = -1015,8 Nm + 996,09 Nm$$

$$MQ4 = -19,71 Nm$$

$$MR3 = MQ4 - R3(0,58 m)$$

$$MR3 = -19,71 Nm - (-33,99 N(0,58 m))$$

$$MR3 = -19,71 Nm + 19,71 Nm$$

$$MR3 = 0$$

Identificar el momento máximo y el punto donde se localiza.

$$M_{MAX} = |MR2|$$

$$M_{MAX} = |-1015,8 Nm| = 1015,8 Nm$$

**Resultados tramo 1 y 2 remolque en movimiento**

Una vez calculado las reacciones y momentos para las cargas aplicadas al tramo 1 y 2 del remolque en movimiento, se obtiene las reacciones y momentos totales en la estructura.

Para el tramo 1 del remolque en movimiento

$$R1 = 577,17 \text{ N}$$

$$R2 = 1106,23 \text{ N}$$

$$M_{MAX} = 1108,17 \text{ Nm}$$

Para el tramo 2 del remolque en movimiento

$$R2 = 1717,39 \text{ N}$$

$$R3 = -33,99 \text{ N}$$

$$M_{MAX} = 1015,8 \text{ Nm}$$

Para obtener la reacción total en RT2 se suma ambas reacciones entre el tramo 1 y 2.

$$RT2 = R2(\text{tramo 1}) + R2(\text{tramo 2})$$

$$RT2 = 1106,23 \text{ N} + 1717,39 \text{ Nm}$$

$$RT2 = 2823,62 \text{ N}$$

Con los cálculos se verifica los datos de elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018).

## Cargas aplicadas a estructura principal remolque en movimiento

### Cálculo para determinar tipo de perfil de estructura principal remolque en movimiento

Para determinar el tipo de perfil adecuado que pueda soportar este tipo de cargas, se debe relacionar las mismas ecuaciones mencionadas anteriormente (Ecuación 5, 6 y 7) (*Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366*).

Donde:

$\sigma_{MAX}$  = Esfuerzo máximo del perfil

$M_{MAX}$  = Momento máximo (Resultados tramo 1 y 2 remolque en movimiento)

$S_{XX}$  = Sección del perfil

$\sigma_{MAT}$  = Esfuerzo máximo del material

$S_Y$  = Resistencia a la fluencia del material

$F.S.$  = Factor de seguridad

Identificar la resistencia a la fluencia del tipo de material que se va a escoger y un factor de seguridad adecuado para estructuras.

$S_Y = 250 \text{ MPa}$  (Acero A36) (Anexo M)

$F.S. = 2$  (Recomendado en estructuras para que no exista falla)

Usar los datos seleccionados para obtener el esfuerzo máximo que soporta el perfil que se va a escoger (Ecuación 6).

$$\sigma_{MAT} = \frac{250 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{MAT} = 125 \text{ MPa}$$

$$125(10^6) \text{ Pa} = 125(10^6) \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{MAT} = 125(10^6) \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Despejar la sección del perfil que se va a escoger, usando el momento máximo y el esfuerzo máximo que va a soportar el perfil (Ecuación 7).

$$\frac{M_{MAX}}{S_{XX}} = \sigma_{MAT}$$

$$S_{XX} = \frac{M_{MAX}}{\sigma_{MAT}}$$

$$S_{XX} = \frac{1108,17 \text{ Nm}}{125(10^6) \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S_{XX} = 8,865(10^{-6}) \text{ m}^3$$

$$8,865(10^{-6}) \text{ m}^3 \left| \frac{(100 \text{ cm})^3}{(1 \text{ m})^3} \right| = 8,87 \text{ cm}^3$$

$$S_{XX} = 8,87 \text{ cm}^3$$

Como la sección consta de 2 perfiles soldados entre sí para la estructura principal del remolque, entonces sería la mitad.

$$S_{XX} = \frac{8,87 \text{ cm}^3}{2}$$

$$S_{XX} = 4,44 \text{ cm}^3$$

Con este valor se puede determinar un perfil adecuado para la construcción de la estructura principal del remolque en reposo, por lo que se selecciona un perfil estructural tipo correa “G” de las siguientes dimensiones: G100x50x15x3, debido a que su módulo de inercia es de  $6,25 \text{ cm}^3$  (Anexo I), siendo este uno más del inmediato superior al calculado, debido a que este se encuentra demasiado próximo.

$$S_{XX} = 6,25 \text{ cm}^3$$

$$6,25 \text{ cm}^3 \left| \frac{(1 \text{ m})^3}{(100 \text{ cm})^3} \right| = 6,25(10^{-6}) \text{ m}^3$$

$$S_{XX} = 6,25(10^{-6}) \text{ m}^3$$

**Recálculo para determinar tipo de perfil de estructura principal remolque en movimiento**

Con la sección del perfil o módulo de inercia ya escogido y el momento máximo identificado, se puede determinar el esfuerzo máximo real que soportara la estructura del remolque (Ecuación 5) (Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366).

$$\sigma_{MAX} = \frac{1108,17 Nm}{6,25(10^{-6}) m^3}$$

$$\sigma_{MAX} = 177307200 \frac{N}{m^2}$$

$$177307200 \frac{N}{m^2} \left| \frac{1 MPa}{10^6 \frac{N}{m^2}} \right| = 177,31 MPa$$

$$\sigma_{MAX} = 177,31 MPa$$

Despejar el factor de seguridad real que va a tener la estructura del remolque, usando la resistencia a la fluencia del material y el esfuerzo máximo real (Ecuación 7).

$$\sigma_{MAX} = \frac{S_Y}{F.S.}$$

$$F.S. = \frac{S_Y}{\sigma_{MAX}}$$

$$F.S. = \frac{250 MPa}{177,31 MPa}$$

$$F.S. = 1,41$$

Al ser el  $F.S. > 1$ , se determina que el perfil que se escogió es adecuado.

**Cargas aplicadas para determinar tipo de perfil de apoyo remolque en movimiento****Cálculo para determinar tipo de perfil de apoyo remolque en movimiento**

Para determinar el tipo de perfil de apoyo adecuado que pueda soportar este tipo de cargas, se debe relacionar las mismas ecuaciones mencionadas anteriormente (Ecuación 5, 6 y 7) (*Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366*).

Identificar la resistencia a la fluencia del tipo de material de apoyo que se va a escoger y un factor de seguridad adecuado para estructuras.

$$S_Y = 275 \text{ MPa (Acero de refuerzo / Resistencia media) (Anexo M)}$$

$$F.S. = 2 \text{ (Recomendado en estructuras para que no exista falla)}$$

Usar los datos seleccionados para obtener el esfuerzo máximo que soporta el perfil apoyo que se va a escoger (Ecuación 6).

$$\sigma_{MAT} = \frac{275 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{MAT} = 137,5 \text{ MPa}$$

$$137,5(10^6) \text{ Pa} = 137,5(10^6) \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_{MAT} = 137,5(10^6) \frac{N}{m^2}$$

Despejar la sección del perfil de apoyo que se va a escoger, usando el momento máximo y el esfuerzo máximo que va a soportar el perfil (Ecuación 7).

$$\frac{M_{MAX}}{S_{XX}} = \sigma_{MAT}$$

$$S_{XX} = \frac{M_{MAX}}{\sigma_{MAT}}$$

$$S_{XX} = \frac{1108,17 Nm}{137,5(10^6) \frac{N}{m^2}}$$

$$S_{XX} = 8,059(10^{-6}) m^3$$

$$8,059(10^{-6}) m^3 \left| \frac{(100 cm)^3}{(1 m)^3} \right| = 8,06 cm^3$$

$$S_{XX} = 8,06 cm^3$$

La estructura de apoyo consta de una sola sección de perfil, esta se encuentra soldada a la estructura principal del remolque.

$$S_{XX} = 8,06 cm^3$$

Con este valor se puede determinar un perfil de apoyo adecuado para la construcción del remolque, por lo que se selecciona un perfil estructural tipo correa “U” de la siguiente denominación: C80x40x3, debido a que su módulo de inercia es de  $11 cm^3$  (Anexo J), siendo este el inmediato superior al calculado.

$$S_{XX} = 11 cm^3$$

$$11 cm^3 \left| \frac{(1 m)^3}{(100 cm)^3} \right| = 1,1(10^{-5}) m^3$$

$$S_{XX} = 1,1(10^{-5}) m^3$$

### Recálculo para determinar tipo de perfil de apoyo remolque en movimiento

Con la sección del perfil de apoyo o módulo de inercia ya escogido y el momento máximo identificado, se puede determinar el esfuerzo máximo real que soportara la estructura del remolque (Ecuación 5) (Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366).

$$\sigma_{MAX} = \frac{1108,17 Nm}{1,1(10^{-5}) m^3}$$

$$\sigma_{MAX} = 100742727,3 \frac{N}{m^2}$$

$$100742727,3 \frac{N}{m^2} \left| \frac{1 MPa}{10^6 \frac{N}{m^2}} \right| = 100,74 MPa$$

$$\sigma_{MAX} = 100,74 MPa$$

Despejar el factor de seguridad real que va a tener la estructura del remolque, usando la resistencia a la fluencia del material y el esfuerzo máximo real (Ecuación 7).

$$\sigma_{MAX} = \frac{S_Y}{F.S.}$$

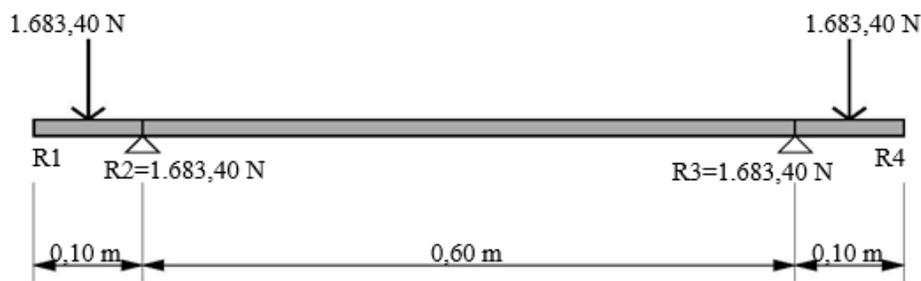
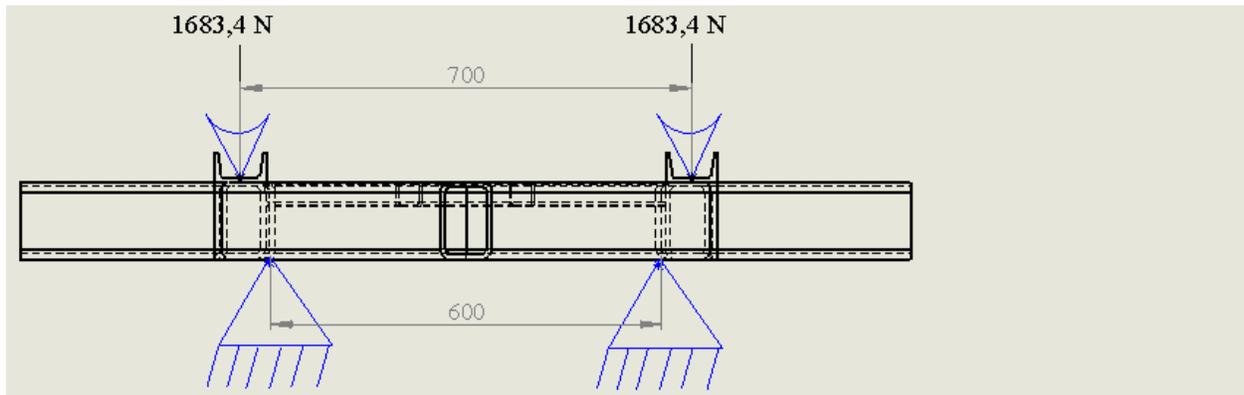
$$F.S. = \frac{S_Y}{\sigma_{MAX}}$$

$$F.S. = \frac{275 MPa}{100,74 MPa}$$

$$F.S. = 2,48$$

Al ser el  $F.S. > 1$ , se determina que el perfil de apoyo que se escogió es adecuado.

**Cargas aplicadas a travesaños remolque en movimiento**



D.C.L.



Diagrama de Cortantes (N)



Diagrama de Momentos (Nm)

Figura 29. D.C.L., reacciones y momentos travesaños remolque en movimiento, elaboración

propia tomado de (A-Tools, 2018)

Tabla 8. Resultado de reacciones y momentos travesaños remolque en movimiento, elaboración propia tomado de (A-Tools, 2018)

Sección	Distancia (m)	Cortante (N)	Momento (Nm)
1	0,00	0,00	0,00
2	0,03	0,00	0,00
3	0,05	-1.683,40	0,00
4	0,06	-1.683,40	-23,57
5	0,10	-1.683,40	-77,44
6	0,10	-1,38E-04	-84,17
7	0,13	-1,38E-04	-84,17
8	0,16	-1,38E-04	-84,17
9	0,19	-1,38E-04	-84,17
10	0,22	-1,38E-04	-84,17
11	0,26	-1,38E-04	-84,17
12	0,29	-1,38E-04	-84,17
13	0,32	-1,38E-04	-84,17
14	0,35	-1,38E-04	-84,17
15	0,38	-1,38E-04	-84,17
16	0,42	-1,38E-04	-84,17
17	0,45	-1,38E-04	-84,17
18	0,48	-1,38E-04	-84,17
19	0,51	-1,38E-04	-84,17
20	0,54	-1,38E-04	-84,17
21	0,58	-1,38E-04	-84,17
22	0,61	-1,38E-04	-84,17
23	0,64	-1,38E-04	-84,17
24	0,67	-1,38E-04	-84,17
25	0,70	1.683,40	-84,17
26	0,70	1.683,40	-77,44
27	0,74	1.683,40	-23,57
28	0,75	1,15E-03	-5,57E-06
29	0,77	1,15E-03	1,51E-05
30	0,80	1,15E-03	5,18E-05

### Cálculo para cargas aplicadas a travesaños remolque en movimiento

Tomar en cuenta la mitad de la carga viva considerando el efecto dinámico, ya que esta será la carga puntual la cual se aplica en cada uno de los puntos de apoyo o rieles de la estructura del remolque (McCormac, 2006, pp. 101-121).

$$Q3 = Q4$$

$$Q3 = Q4 = \frac{Cv'}{2}$$

$$Q3 = Q4 = \frac{3366,79 \text{ N}}{2}$$

$$Q3 = Q4 = 1683,4 \text{ N}$$

Donde:

$Q3$  = Carga puntual en tramo 1 remolque en movimiento

$Q4$  = Carga puntual en tramo 2 remolque en movimiento

Con esto se puede realizar los cálculos para determinar las reacciones y momentos para las cargas puntuales aplicadas a cada uno de los puntos de apoyo o rieles del remolque (Figura 29) (Tabla 8).

Realizar la sumatoria de fuerzas que se aplican a la estructura del remolque para determinar las ecuaciones que ayudaran a determinar las reacciones en R2 y R3.

$$\Sigma FY = 0 \uparrow +$$

$$-Q3 + R2 + R3 - Q4 = 0$$

$$R2 + R3 = Q3 + Q4$$

$$R2 + R3 = 1683,4 N + 1683,4 N$$

$$R2 + R3 = 3366,8 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en el punto R2 para poder determinar la reacción en el punto R3 y así determinar sus respectivos valores.

$$\Sigma MR2 = 0 \quad \curvearrowright +$$

$$-Q3(0,05 m) - R3(0,6 m) + Q4(0,65 m) = 0$$

$$-1683,4 N(0,05 m) - R3(0,6 m) + 1683,4 N(0,65 m) = 0$$

$$-84,17 Nm - R3(0,6 m) + 1094,21 Nm = 0$$

$$R3(0,6 m) = 1094,21 Nm - 84,17 Nm$$

$$R3(0,6 m) = 1010,04 Nm$$

$$R3 = \frac{1010,04 Nm}{0,6 m}$$

$$R3 = 1683,4 N$$

Despejar la reacción R2 con el valor obtenido de la reacción R3.

$$R2 + R3 = 3366,8 N$$

$$R2 = 3366,8 N - R3$$

$$R2 = 3366,8 N - 1683,4 N$$

$$R2 = 1683,4 N$$

Realizar la sumatoria de momentos en cada uno de los puntos críticos para determinar donde actúa el momento máximo.

$$MQ3 = 0$$

$$MR2 = MQ3 - (Q3(0,05 \text{ m}))$$

$$MR2 = 0 - (1683,4 \text{ N}(0,05 \text{ m}))$$

$$MR2 = -84,17 \text{ Nm}$$

$$MR3 = MR2 + ((R2 - R3)(0,6 \text{ m}))$$

$$MR3 = -84,17 \text{ Nm} - ((1683,4 \text{ N} - 1683,4 \text{ N})(0,6 \text{ m}))$$

$$MR3 = -84,17 \text{ Nm} - ((0 \text{ N})(0,6 \text{ m}))$$

$$MR3 = -84,17 \text{ Nm} - 0 \text{ Nm}$$

$$MR3 = -84,17 \text{ Nm}$$

$$MQ4 = MR3 + (R3(0,05 \text{ m}))$$

$$MQ4 = -84,17 \text{ Nm} + (1683,4 \text{ N}(0,05 \text{ m}))$$

$$MQ4 = -84,17 \text{ Nm} + (84,17 \text{ Nm})$$

$$MQ4 = 0 \text{ Nm}$$

Identificar el momento máximo y el punto donde se localiza.

$$M_{MAX} = |MR2| = |MR3| = |-84,17 \text{ Nm}| = 84,17 \text{ Nm}$$

$$M_{MAX} = 84,17 \text{ Nm}$$

### **Cálculo para determinar tipo de perfil de travesaños remolque en movimiento**

Para determinar el tipo de perfil adecuado que pueda soportar este tipo de cargas, se debe relacionar las mismas ecuaciones mencionadas anteriormente (Ecuación 5, 6 y 7) (*Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366*).

Identificar la resistencia a la fluencia del tipo de material que se va a escoger y un factor de seguridad adecuado para estructuras.

$$S_Y = 250 \text{ MPa (Acero A36) (Anexo M)}$$

$$F.S. = 2 \text{ (Recomendado en estructuras para que no exista falla)}$$

Usar los datos seleccionados para obtener el esfuerzo máximo que soporta el perfil que se va a escoger (Ecuación 6).

$$\sigma_{MAT} = \frac{250 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{MAT} = 125 \text{ MPa}$$

$$125(10^6) \text{ Pa} = 125(10^6) \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_{MAT} = 125(10^6) \frac{N}{m^2}$$

Despejar la sección del perfil que se va a escoger, usando el momento máximo y el esfuerzo máximo que va a soportar el perfil (Ecuación 7).

$$\frac{M_{MAX}}{S_{XX}} = \sigma_{MAT}$$

$$S_{XX} = \frac{M_{MAX}}{\sigma_{MAT}}$$

$$S_{XX} = \frac{84,17 Nm}{125(10^6) \frac{N}{m^2}}$$

$$S_{XX} = 6,73(10^{-7}) m^3$$

$$6,73(10^{-7}) m^3 \left| \frac{(100 cm)^3}{(1 m)^3} \right| = 0,67 cm^3$$

$$S_{XX} = 0,67 cm^3$$

La estructura de los travesaños consta de una sola sección de perfil, esta se encuentra soldada a la estructura principal del remolque.

$$S_{XX} = 0,67 cm^3$$

Con este valor se puede determinar un perfil para los travesaños adecuado para la construcción del remolque, por lo que se selecciona un tubo estructural de tipo cuadrado de la siguiente dimensión: 20x20x2, debido a que su módulo de inercia es de  $0,69 cm^3$  (Anexo K), siendo este el inmediato superior al calculado.

$$S_{XX} = 0,69 cm^3$$

$$0,69 cm^3 \left| \frac{(1 m)^3}{(100 cm)^3} \right| = 6,9(10^{-7}) m^3$$

$$S_{XX} = 6,9(10^{-7}) m^3$$

**Recálculo para determinar tipo de perfil de travesaños remolque en movimiento**

Con la sección del perfil o módulo de inercia ya escogido y el momento máximo identificado, se puede determinar el esfuerzo máximo real que soportara la estructura del remolque (Ecuación 5) (Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 307-366).

$$\sigma_{MAX} = \frac{84,17 Nm}{6,9(10^{-7}) m^3}$$

$$\sigma_{MAX} = 121985507,2 \frac{N}{m^2}$$

$$121985507,2 \frac{N}{m^2} \left| \frac{1 MPa}{10^6 \frac{N}{m^2}} \right| = 121,99 MPa$$

$$\sigma_{MAX} = 121,99 MPa$$

Despejar el factor de seguridad real que va a tener la estructura del remolque, usando la resistencia a la fluencia del material y el esfuerzo máximo real (Ecuación 7).

$$\sigma_{MAX} = \frac{S_Y}{F.S.}$$

$$F.S. = \frac{S_Y}{\sigma_{MAT}}$$

$$F.S. = \frac{250 MPa}{121,99 MPa}$$

$$F.S. = 2,05$$

Al ser el  $F.S. > 1$ , se determina que el perfil que se escogió es adecuado.

**Comparación de resultados remolque en reposo y movimiento**

Una vez calculado el perfil de la estructura principal, de apoyo y los travesaños del remolque en sus dos estados, se obtiene los perfiles para escoger una estructura adecuada.

**Para remolque en reposo**

Tipo de perfil de la estructura principal del remolque:

Perfil estructural tipo correa “G” de las siguientes dimensiones: G60x30x10x2

Tipo de perfil de apoyo del remolque:

Perfil estructural tipo correa “U” de la siguiente denominación: C50x25x2

Tipo de perfil de los travesaños:

Tubo estructural tipo cuadrado de las siguientes dimensiones: 20x20x1.2

**Para remolque en movimiento**

Tipo de perfil de la estructura principal del remolque:

Perfil estructural tipo correa “G” de las siguientes dimensiones: G100x50x15x3

Tipo de perfil de apoyo del remolque:

Perfil estructural tipo correa “U” de la siguiente denominación: C80x40x3

Tipo de perfil de los travesaños:

Tubo estructural tipo cuadrado de las siguientes dimensiones: 20x20x2

Concluimos por la comparación de resultados y escogemos los perfiles para el remolque en movimiento, debido a que en este estado los perfiles deben soportar una carga mayor.

**Cargas aplicadas para determinar fuerza de tiro**

Fuerza de tiro o fuerza necesaria para mover el remolque, se determina con un diagrama de cuerpo libre de la rueda del remolque (Figura 30), sabiendo la capacidad de carga o fuerza de tiro de la camioneta Chevrolet 3.0 TD Cabina Doble 4x2 (Anexo E).

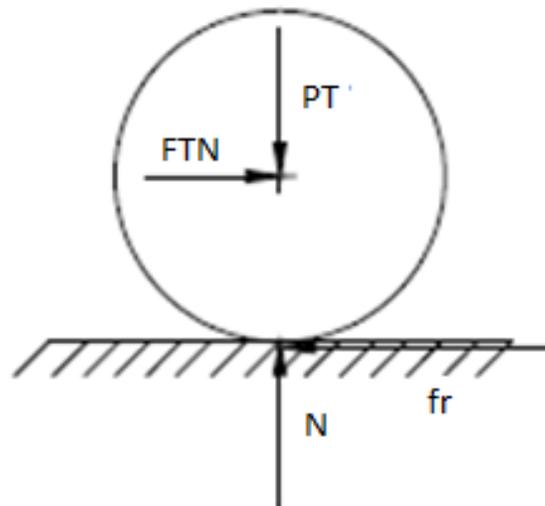


Figura 30. D.C.L., rueda del remolque, tomado de (Epn, 2016, pp. 116-117)

Donde:

$FTN$  = Fuerza de tiro necesaria para mover el remolque

$FTR$  = Fuerza de tiro real del remolque

$PTR$  = Peso total del remolque cargado

$fr$  = Fuerza de fricción

$u$  = Coeficiente de fricción

$N$  = Normal

**Cálculo para determinar fuerza de tiro**

Tomar en cuenta la carga viva considerando el efecto dinámico, ya que esta será el peso que posee el skuk, junto con el peso del remolque para así poder determinar el peso total del remolque cargado (McCormac, 2006, pp. 101-121) (Epn, 2016, pp. 116-117).

$$PTR = P(REMOLQUE) + P(SKUK)$$

$$PTR = 310 \text{ Kgf} + 343,2 \text{ Kgf}$$

$$PTR = 653,2 \text{ Kgf} (9,81 \text{ N})$$

$$PTR = 6407,89 \text{ N}$$

Con esto se puede realizar los cálculos para determinar la fuerza de tiro necesaria para que el remolque pueda movilizarse (Beer Ferdinand P., 2010, pp. 695-699) (Vallejo & Zambrano, 2009, pp. 177-181).

Realizar la sumatoria de fuerzas en el eje Y que se aplican a la rueda del remolque para determinar las ecuaciones que ayudaran a determinar la fuerza de tiro.

$$\Sigma FY = 0 \uparrow +$$

$$N - PTR = 0$$

$$N = PTR$$

$$N = 6407,89 \text{ N}$$

Realizar la sumatoria de fuerzas en el eje X que se aplican a la rueda del remolque para determinar las ecuaciones que ayudaran a determinar la fuerza de tiro necesaria.

$$\Sigma FX = 0 \rightarrow +$$

$$FTN - fr = 0$$

$$FTN = fr$$

Despejar la fuerza de rozamiento, ya que esta es la fuerza que se opone al movimiento del remolque cargado, convirtiéndose en la fuerza de tiro mínima necesaria para mover el remolque.

Para determinar la fuerza de tiro mínima necesaria para mover el remolque, se debe tomar en cuenta el coeficiente de fricción de las llantas y la fuerza normal que se aplica en las misma (Ecuación 9).

$$fr = u(N) \quad (9)$$

$$FTN = u(N)$$

$$FTN = 0,6(6407,89 N)$$

$$FTN = 3844,73 N$$

Tomar en cuenta la capacidad de carga de la camioneta Chevrolet 3.0 TD cabina doble 4x2 (Anexo E), ya que esta se convierte en la fuerza de tiro real del remolque.

$$FTR = 985 Kg \text{ (Anexo E)}$$

$$FTR = 985 Kgf(9,81 N)$$

$$FTR = 9662,85 N$$

Al ser  $FTN < FTR$ , se comprueba que la fuerza de tiro necesaria es la adecuada, ya que la camioneta Chevrolet 3.0 TD cabina doble 4x2 tiene la capacidad suficiente para mover el remolque completamente cargado.

### Cargas aplicadas para determinar diámetro del pasador

Es la fuerza que tiene que soportar el pasador para transmitir el movimiento de arrastre al remolque, esto se determina con un diagrama de cuerpo libre del pasador (Figura 31).

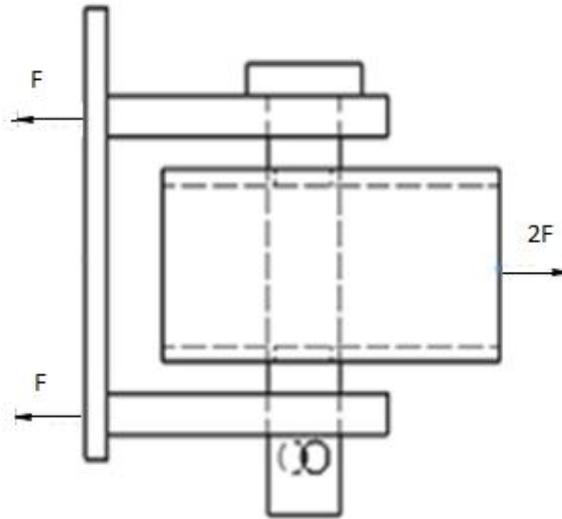


Figura 31. D.C.L., pasador del remolque, tomado de (Espol, 2016, pp. 51-52)

Donde:

$FTN$  = Fuerza de tiro necesaria para mover el remolque

$r(PASADOR)$  = Radio del pasador

$\emptyset(PASADOR)$  = Diámetro del pasador

$\tau(A36)$  = Resistencia a la tracción del acero A36

$\tau(PASADOR)$  = Resistencia a la tracción del pasador

$A(PASADOR)$  = Área del pasador

### Calculo para determinar diámetro del pasador

Para determinar la resistencia a la tracción del pasador se debe tomar en cuenta la fuerza de tiro necesaria mínima para mover el remolque, junto con el diámetro del pasador que se va a escoger (Ecuación 10) (McCormac, 2006, pp. 101-121) (Espol, 2016, pp. 51-52).

$$\tau = \frac{F}{2A} \quad (10)$$

$$\tau(PASADOR) = \frac{FTN}{2A(PASADOR)}$$

Despejando el área del pasador obtenemos (Ecuación 11):

$$A(PASADOR) = \pi * r(PASADOR)^2$$

$$A(PASADOR) = \pi \frac{\phi(PASADOR)^2}{4} \quad (11)$$

Identificar la resistencia a la tracción del material que se va a escoger y un diámetro del pasador que sea adecuado para soportar dicha fuerza.

$$FTN = 3844,73 \text{ N}$$

$$\tau(A36) = 400 \text{ MPa (Acero A36) (Anexo M)}$$

Además se selecciona una varilla redonda lisa de denominación: VRL 24,5 (Anexo L) para obtener el valor del diámetro del pasador.

$$\phi(PASADOR) = 1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm} = 0,0254 \text{ m (Anexo L)}$$

Se debe realizar una comparación entre la resistencia a la tracción del pasador escogido con la resistencia a la tracción del material que se escogió, se debe usar los datos seleccionados

para obtener la resistencia a la tracción del pasador que se va a escoger (Reemplazamos ecuación 11 en ecuación 10).

$$\tau(PASADOR) = \frac{FTN}{2A(PASADOR)}$$

$$\tau(PASADOR) = \frac{FTN}{2\left(\frac{\pi\phi(PASADOR)^2}{4}\right)}$$

$$\tau(PASADOR) = \frac{3844,73 \text{ N}}{2\left(\frac{\pi(0,0254 \text{ m})^2}{4}\right)}$$

$$\tau(PASADOR) = \frac{3844,73 \text{ N}}{2(5,07(10^{-4}) \text{ m}^2)}$$

$$\tau(PASADOR) = \frac{3844,73 \text{ N}}{1,01(10^{-3}) \text{ m}^2}$$

$$\tau(PASADOR) = 3806663,37 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$3806663,37 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \left| \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} \right| = 3,81 \text{ MPa}$$

$$\tau(PASADOR) = 3,81 \text{ MPa}$$

Al ser  $\tau(PASADOR) < \tau(A36)$ , la resistencia a la tracción que realiza el pasador para mover el remolque es menor a la del material escogido, por lo que una varilla redonda lisa de denominación: VRL 24,5 es adecuada.

### Diseño de soldadura

El proceso de soldadura MIG es un proceso aplicable a todos los metales comercialmente como el acero, aluminio, acero inoxidable, cobre, entre otros (UsonMx, 2018, pp. 1-16).

Materiales por encima de 0.076 mm de espesor pueden ser soldados en cualquier posición, incluyendo de piso, vertical y sobre cabeza.

La soldadura MIG es un proceso versátil, con el cual se puede depositar soldadura a un rango muy alto y en cualquier posición, en particular donde existe un alto requerimiento de trabajo manual o trabajo de soldador.

Se seleccionó alambre ER70S-6 (Figura 32) (Anexo N), ya que es el de mejor rendimiento y los que tienen los mayores niveles de silicio y manganeso como desoxidantes, además son adecuados para la soldadura de casi todos los aceros, desde acero al carbono fino hasta placas de media pulgada.

Su aplicación es justamente para la fabricación de carrocerías.



*Figura 32. Alambre ER70S-6, tomado de (UsonMx, 2018)*

### Cargas aplicadas para determinar diseño de soldadura

Se considera realizar un estudio donde se encuentra la fuerza de tiro, debido a que se considera un punto crítico donde actúan varias cargas (Figura 33).

Para la construcción del remolque se utiliza soldadura MIG en todas las juntas debido a que mediante este proceso se puede unir de forma fácil y rápida los perfiles estructurales, esto sin necesidad de construir sujetadores o mordazas, con esto se logra una mayor eficiencia al momento del ensamblaje de la estructura del remolque (Anexo O).

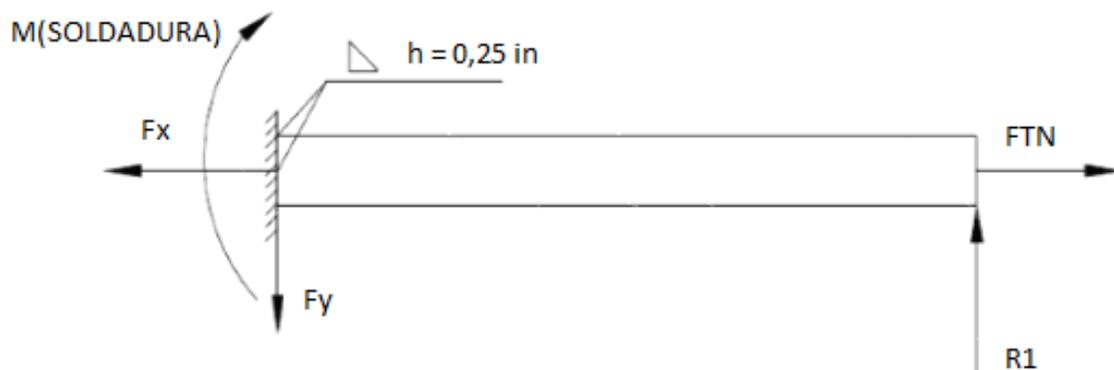


Figura 33. Cargas aplicadas para diseñar la soldadura, tomado de (Epn, 2016, pp. 100-112)

Donde:

$FTN$  = Fuerza de tiro necesaria para mover el remolque

$R1$  = Reacción del remolque en movimiento

$h$  = Medida de la garganta de soldadura

$\sigma_x$  = Esfuerzo normal para el metal de soldadura

$\tau_{xy}$  = Esfuerzo cortante para el metal de soldadura

$M(SOLDADURA)$  = Momento producido en la soldadura

$A(G \text{ SOLDADURA}) = \text{Área de la garganta de soldadura}$

$b = \text{Ancho del perfil soldado}$

$d = \text{Alto del perfil soldado}$

$Iu = \text{Momento unitario de inercia}$

$I = \text{Inercia de la soldadura}$

$c = \text{Centroide de la soldadura}$

### **Cálculo para determinar el diseño de la soldadura.**

Para determinar los diferentes cálculos del diseño de la soldadura, se debe tomar en cuenta la fuerza de tiro mínima necesaria para mover el remolque, la reacción R1 del remolque en movimiento la cual se obtuvo con la carga viva considerando el efecto dinámico y la altura de la garganta de la soldadura (McCormac, 2006, pp. 101-121) (Epn, 2016, pp. 110-112).

$$FTN = 3844,73 \text{ N}$$

$$R1 = Fy$$

$$FTN = Fx$$

$$R1 = 577,17 \text{ N}$$

$$d_{TR} = 1,58 \text{ m}$$

$$h = 0,25 \text{ in} = 6,35(10)^{-3} \text{ m}$$

$$\sigma_x(ER70S - 6) = 420 \text{ MPa} \text{ (Alambre de soldadura ER70S-6) (Anexo N)}$$

$$\tau_{xy}(ER70S - 6) = 500 \text{ MPa} \text{ (Alambre de soldadura ER70S-6) (Anexo N)}$$

Para asegurar el diseño de la soldadura se calculara con la reacción R1, ya que esta se determinó con el remolque en movimiento, asegurando así su confiabilidad de construcción.

Para determinar el momento que se produce en dicho punto (Ecuación 12), se debe tomar en cuenta la reacción R1 junto con la distancia hasta donde se ubica la soldadura, es decir desde R1 hasta donde termina el triángulo de tiro del remolque (Figura 22).

$$M(SOLDADURA) = R1(d_{TR}) \quad (12)$$

$$M(SOLDADURA) = 577,17 \text{ N}(1,58 \text{ m})$$

$$M(SOLDADURA) = 911,93 \text{ Nm}$$

El área de la garganta de soldadura (Ecuación 13), se calcula asemejándose a un perfil estructural de tipo correa “G” (Anexo O), ya que este es el perfil escogido: Perfil estructural tipo correa “G” de las siguientes dimensiones: G100x50x15x3 (Richard G. Budynas, 2008, pp. 457-489).

Siendo h la medida de la garganta de la soldadura, b el ancho del perfil estructural tipo correa “G”, considerando que la sección consta de 2 perfiles soldados entre sí para la estructura principal del remolque y d es el alto del perfil estructural tipo correa “G”.

$$A(G \text{ SOLDADURA}) = 1,414(h)(b + d) \quad (13)$$

$$A(G \text{ SOLDADURA}) = 1,414(6,35(10)^{-3} \text{ m})(0,1 \text{ m} + 0,1 \text{ m})$$

$$A(G \text{ SOLDADURA}) = 1,414(6,35(10)^{-3} \text{ m})(0,2 \text{ m})$$

$$A(G \text{ SOLDADURA}) = 1,8(10)^{-3} \text{ m}^2$$

Igualmente para calcular el momento unitario de inercia en la soldadura (Ecuación 14), se calcula para un perfil estructural de tipo correa “G” (Anexo O).

$$Iu = \frac{d^2}{6}(3b + d) \quad (14)$$

$$Iu = \frac{(0,1 \text{ m})^2}{6}(3(0,1 \text{ m}) + 0,1 \text{ m})$$

$$Iu = \frac{0,01 \text{ m}^2}{6}(0,3 \text{ m} + 0,1 \text{ m})$$

$$Iu = \frac{0,01 \text{ m}^2}{6}(0,4 \text{ m}) = 6,67(10)^{-4} \text{ m}^3$$

Para determinar la inercia de la soldadura (Ecuación 15), se debe usar el momento unitario de inercia, junto con la medida de la garganta de la soldadura.

$$I = 0,707(h)(Iu) \quad (15)$$

$$I = 0,707(6,35(10)^{-3} \text{ m})(6,67(10)^{-4} \text{ m}^3)$$

$$I = 2,99(10)^{-6} \text{ m}^4$$

Existen esfuerzos de flexión y torsión, debido a la presencia de fuerzas que se aplican sobre el remolque y a su vez de sus apoyos, por lo que para calcular el esfuerzo normal para el metal de la soldadura (Ecuación 16), se debe tomar en cuenta la fuerza de tiro mínima necesaria para mover el remolque, el área de la garganta de soldadura, el momento que se produce en dicho punto de la soldadura y la inercia de la soldadura (Reemplazar ecuación 9, 13, 12, 15 en ecuación 16).

$$\sigma x = \frac{Fx}{A} + \frac{M(c)}{I} \quad (16)$$

$$\sigma_x = \frac{FTN}{A(G \text{ SOLDADURA})} + \frac{M(\text{SOLDADURA})(c)}{I}$$

$$\sigma_x = \frac{FTN}{A(\text{SOLDADURA})} + \frac{M(\text{SOLDADURA})\left(\frac{d}{2}\right)}{I}$$

$$\sigma_x = \frac{3844,73 \text{ N}}{1,8(10)^{-3} \text{ m}^2} + \frac{911,93 \text{ Nm} \left(\frac{0,1 \text{ m}}{2}\right)}{2,99(10)^{-6} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_x = 2135961,11 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} + 15249665,55 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_x = 17385626,66 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 17,39 \text{ MPa}$$

Para calcular el esfuerzo cortante para el metal de la soldadura (Ecuación 17), se debe tomar en cuenta la reacción  $F_y$  siendo la reacción  $R_1$  y el área de la garganta de soldadura (Reemplazar ecuación 13 en 17).

$$\tau_{xy} = \frac{F_y}{A} \quad (17)$$

$$\tau_{xy} = \frac{R_1}{A(G \text{ SOLDADURA})}$$

$$\tau_{xy} = \frac{577,17 \text{ N}}{1,8(10)^{-3} \text{ m}^2}$$

$$\tau_{xy} = 320650 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,32 \text{ MPa}$$

Al ser  $\sigma_x < \sigma_x(\text{ER70S} - 6)$  y  $\tau_{xy} < \tau_{xy}(\text{ER70S} - 6)$  el esfuerzo normal y cortante del metal de soldadura son demasiado pequeñas, por lo que el alambre de soldadura ER70S-6, es adecuado para el diseño de la soldadura.

## Selección de elementos normalizados

### Sistema eléctrico

Se realiza la instalación de las luces con un conector o clavija (Figura 34), este tiene un esquema estandarizado para remolques, según ISO 3731, junto a cada pin del enchufe viene un número y los cables van diferenciados por colores, la clavija más utilizada es la de 7 polos (Hella, 2016).

Conexión para cada pin:

- Pin 1 = Masa
- Pin 2 = Reservado para futuras aplicaciones
- Pin 3 = Luz de marcha atrás
- Pin 4 = Suministro de corriente (corriente positiva permanente)
- Pin 5 = Dispositivo de control a través del cable de masa
- Pin 6 = Suministro de corriente a través del interruptor de encendido
- Pin 7 = Luz antiniebla trasera

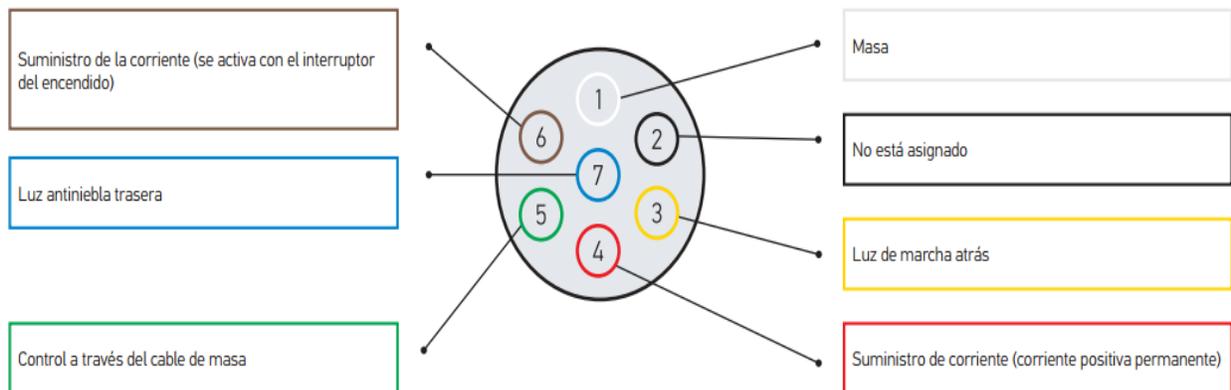


Figura 34. Enchufe o clavija de 7 polos, tomado de (Hella, 2016)

### **Neumáticos**

Para seleccionar el tipo de neumático adaptable al remolque, se puede tomar en cuenta las especificaciones de la camioneta Chevrolet D-Max Diésel 3.0 CD 4x2 (Anexo D), donde la identificación del neumático es: 225/70R15 108R, según el índice de carga (Anexo A), nos indica que soporta una carga de 1000 Kg. y el índice de velocidad (Anexo B), nos indica una velocidad máxima de 170 Km/h.

Por lo que se concluye que los neumáticos originales de la camioneta Chevrolet D-Max Diésel 3.0 CD 4x2 son adecuados para adaptarlos al remolque, ya que el peso total del remolque cargado es de 653,2 Kg., cuando la identificación de estos neumáticos nos indican que soporta una carga mucho mayor, además al tener los mismos neumáticos en el remolque ayudaría a tener una mayor estabilidad en el momento del traslado.

### **Eje y ballestas**

Para seleccionar el tipo de eje con sus respectivas ballestas para el remolque, se debe basar en las especificaciones de la camioneta Chevrolet D-Max Diésel 3.0 CD 4x2 (Anexo D), debido a que su suspensión posterior posee ballestas, además se basa en la capacidad de carga del eje posterior (Anexo E), por lo que tenemos que la capacidad del eje posterior es de 1870 Kg.

Por lo que se concluye que las ballestas al ir instaladas por debajo del eje, estas tienen que soportar la carga indicada, por tal motivo se escoge dicho eje ya que la capacidad de carga máxima que debe soportar el remolque es el peso total del remolque cargado que es 653,2 Kg.

### **Elementos de seguridad**

Se adquirió tres cintas de trincaje o cintas de amarre, las cuales son fundamentales para garantizar la seguridad en el transporte de la carga, con una fuerza de operación manual de 500N, la cual es suficiente para asegurar la carga y así evitar movimientos o deslizamientos de la misma, ya que las cintas de trincaje son diseñadas para obtener un amarre friccional.

Además como norma de seguridad y de circulación, también se adquirió dos triángulos de seguridad para señalar la carga en la parte posterior del remolque al momento de realizar su traslado y también se coloca cinta reflectiva alrededor del remolque, para que así pueda ser visible en la carretera para los demás usuarios.

### **Materiales utilizados para la construcción del remolque**

- Perfil estructural tipo correa “G” de las siguientes dimensiones: G100x50x15x3
- Perfil estructural tipo correa “U” de la siguiente denominación: C80x40x3
- Tubo estructural tipo cuadrado de las siguientes dimensiones: 20x20x2
- Varilla redonda lisa VRL 24,5
- Alambre de soldadura MIG ER70S-6
- Conector o clavija de 7 polos
- Juego de luces traseras y laterales para señalización
- Neumáticos denominación: 225/70R15 108R
- Eje posterior con ballestas de una camioneta Chevrolet D-Max Diésel 3.0 CD 4x2
- Cintas de trincaje o de amarre
- Triángulos de seguridad y cinta reflectiva

### Materiales adicionales para usar de refuerzos

- Tubo estructural tipo cuadrado de las siguientes dimensiones: 25x25x2 / 50x50x2 / 1”
- Platina de las siguientes denominaciones: 40x40x8 / 45x45x8
- Plancha de las siguientes denominaciones: 10x15x12 / 20x15x10 / 20x20x15 / 15x15x12
- Perfiles importados tipo ángulos AL 40x3

### Resultados del análisis de diseño para el remolque

Tabla 9. Resultados del análisis de diseño para el remolque

Análisis	Dimensión	Diseño	Confiabilidad
Perfiles estructurales: tipo correa “G”	G100x50x15 x3	Módulo de inercia: $S_{XX} = 6,25 \text{ cm}^3$	Factor de seguridad: $F.S. = 1,41$ $F.S. > 1$
Perfiles estructurales: tipo correa “U”	C80x40x3	Módulo de inercia: $S_{XX} = 11 \text{ cm}^3$	Factor de seguridad: $F.S. = 2,48$ $F.S. > 1$
Tubos estructurales: tipo cuadrado	20x20x2	Módulo de inercia: $S_{XX} = 0,69 \text{ cm}^3$	Factor de seguridad: $F.S. = 2,05$ $F.S. > 1$
Fuerza de tiro: necesaria y real	Chevrolet 3.0 TD cabina doble 4x2	Calculado: $FTN = 3844,73 \text{ N}$ $FTR = 9662,85 \text{ N}$	Comparando: $FTN < FTR$
Varilla redonda lisa: resistencia a la tracción y acero A36	VRL 24,5	Calculado: $\tau(PAS) = 3,81 \text{ MPa}$ $\tau(A36) = 400 \text{ MPa}$	Comparando: $\tau(PAS) < \tau(A36)$
Alambre de soldadura: esfuerzo normal y cortante	ER70S-6	Calculado: $\sigma_x = 17,39 \text{ MPa}$ $\tau_{xy} = 0,32 \text{ MPa}$ $\sigma_x(ER70S6) = 420 \text{ MPa}$ $\tau_{xy}(ER70S6) = 500 \text{ MPa}$	Comparando: $\sigma_x < \sigma_x(ER70S6)$ $\tau_{xy} < \tau_{xy}(ER70S6)$

### Discusión

Una vez calculado los perfiles de la estructura principal, de apoyo y los travesaños del remolque en reposos y movimiento, se obtiene los perfiles adecuados para su construcción (Tabla 10).

Tabla 10. Discusión de resultados análisis de remolque en reposo y movimiento

Remolque en reposo		Remolque en movimiento	
Análisis	Dimensión	Análisis	Dimensión
Carga aplicada	$Q = 1294,92 N$	Carga aplicada	$Q = 1683,4 N$
Perfiles estructurales: tipo correa “G”	G60x30x10x2	Perfiles estructurales: tipo correa “G”	G100x50x15x3
Perfiles estructurales: tipo correa “U”	C50x25x2	Perfiles estructurales: tipo correa “U”	C80x40x3
Tubos estructurales: tipo cuadrado	20x20x1.2	Tubos estructurales: tipo cuadrado	20x20x2

Los perfiles indicados tanto en el estado en reposo como en movimiento son adecuados para construir el remolque, ya que cada uno fue diseñado para soportar su respectiva carga aplicada según su estado indicado.

Lo que diferencia el uno del otro es que en el estado en movimiento para la carga aplicada tiene un aumento del treinta por ciento, esto se debe a que se aplica el efecto dinámico de fuerzas vivas debido a las irregularidades que presentan las carreteras junto con los cambios ambientales.

Con dicha comparación de resultados y escogemos los perfiles para el estado del remolque en movimiento, debido a que en este estado los perfiles deben soportar una carga mayor.

Una vez seleccionado el estado del remolque con el que este va a trabajar se realiza una comparación con la tabla de pesos y dimensiones nacionales (Tabla 11) que rigen en el país para que el remolque pueda circular sin problemas.

*Tabla 11.* Discusión de resultados análisis de remolque en movimiento según normalización de tabla de pesos y dimensiones para remolques

<b>Remolque en movimiento</b>		<b>Pesos y dimensiones máx.</b>	
<b>Análisis</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Análisis</b>	<b>Dimensión</b>
PBV	583,2 Kg	PBV	11000 Kg
Largo	5,57 m	Largo	13,20 m
Ancho	1,38 m	Ancho	2,60 m
Alto	0,90 m	Alto	4,10 m

Al diseñar un nuevo esquema y analizando los cálculos para el remolque en movimiento que transportará los coches tipo skuk de la ensambladora automotriz Aymesa, determinamos los pesos y dimensiones que este tendrá: PBV: 583,2 Kg, largo: 5,57 metros, ancho: 1,38 metros y alto: 0,90 metros.

Según el Acuerdo Ministerial N. 018 artículo 3 y 4, donde se regula el uso y la conservación de los caminos públicos además de sus pesos y dimensiones máximas permitidas (Anexo C) para el diseño del remolque son: PBV: 11 toneladas, largo: 13,20 metros, ancho: 2,60 metros y alto: 4,10 metros. (MinisterioObrasPublicas, 2016, págs. 3-7).

Por lo que concluimos que el esquema y dimensiones diseñados para el traslado de coches tipo skuk de la ensambladora automotriz Aymesa se encuentran dentro de los parámetros para realizar su construcción y brindar el servicio de transportación.

## Conclusiones

Determinamos que para la construcción de la estructura principal del remolque, son necesarios perfiles estructurales tipo correa “G” de las siguientes dimensiones: G100x50x15x3 debido a que  $F.S. > 1$ , se determina que los perfiles son adecuados.

Analizamos que para la construcción de los perfiles de apoyo, son necesarios perfiles estructurales tipo correa “U” de las siguientes dimensiones: C80x40x3, debido a que  $F.S. > 1$ , se determina que los perfiles son adecuados.

Deducimos que para la construcción de los travesaños, son necesarios tubos estructurales tipo cuadrado de las siguientes dimensiones: 20x20x2, debido a que  $F.S. > 1$ , se determina que los tubos son adecuados.

Concluimos que al ser  $FTN < FTR$ , se comprueba que la fuerza de tiro necesaria es la adecuada, ya que la camioneta Chevrolet 3.0 TD cabina doble 4x2 tiene la capacidad suficiente para mover el remolque completamente cargado.

Concluimos que al ser  $\tau(PASADOR) < \tau(A36)$ , la resistencia a la tracción que realiza el pasador para mover el remolque es menor a la del material escogido, por lo que una varilla redonda lisa de denominación: VRL 24,5 es adecuada.

Concluimos que al ser  $\sigma_x < \sigma_x(ER70S - 6)$  y  $\tau_{xy} < \tau_{xy}(ER70S - 6)$  el esfuerzo normal y cortante del metal de soldadura son demasiado pequeñas, por lo que el alambre de soldadura ER70S-6, es adecuado para el diseño de la soldadura.

## Recomendaciones

Al momento de realizar el diseño y la selección de los diferentes perfiles estructurales para la construcción del remolque, se tomó en cuenta factores tales como: las dimensiones máximas de su estructura, así como los espesores de los mismos, la capacidad máxima de carga junto con un factor de seguridad y además tomando en cuenta su estado en movimiento con dicha carga.

Hay que tomar en cuenta que la longitud del vehículo ha aumentado entre 5 y 6 metros, por lo que se debe prestar mucha más atención al momento de conducir y transportar la carga, también se debe tomar en cuenta que se debe realizar giros más largos.

La carga siempre tendrá que viajar perfectamente colocada y repartida en el remolque de forma uniforme, equilibrada y bien amarrada.

Una licencia de conducir Tipo B, es suficiente para circular en las vías de transporte público y así transportar un remolque con un peso menor de 500 kg.

El diagrama eléctrico para adaptar las luces guías siguen las especificaciones estandarizadas para remolques, estos son requisitos indispensables para así poder circular con seguridad en las vías de transporte público.

Es importante siempre dar mantenimiento tanto a la camioneta como al remolque, revisar periódicamente la presión de las ruedas, especialmente cuando no se utiliza el remolque con mucha frecuencia, además también se debe verificar que las luces funcionan correctamente y que su estructura no presente señales de deformación o de oxidación.

### Bibliografía

AficionadosalaMecanica. (3 de Junio de 2016). <http://www.aficionadosalamecanica.net/>.

Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension2.htm>

A-Tools. (2018). Quito.

Aymesa. (27 de 12 de 2016). <http://www.aymesa.ec/>. Obtenido de

<http://www.aymesa.ec/index.php/empresa>

BDigital. (5 de Junio de 2016). <http://www.bdigital.unal.edu.co/>. Obtenido de

<http://www.bdigital.unal.edu.co/12846/1/1037579534.2014.pdf>

Beer Ferdinand P., J. J. (2010). *Mecanica Vectorial para Ingenieros 9na Ed.* Mexico, D.F.:

McGraw-Hill.

Beer, F. P., Johnston, E. R., & DeWolf, J. T. (2007). *Mecanica de materiales 4ta. Ed.* Mexico,

D. F.: McGraw-Hill.

Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). *Diseño en ingeniería mecanica de Shigley.* Mexico, D.

F.: McGraw-Hill.

Cascajosa, M. (2005). *Ingenieria de Vehiculos. Sistemas y Calculos.* Quito: Alfaomega.

Chevrolet. (14 de Junio de 2017). <http://www.chevrolet.com.ec/>. Obtenido de

<http://www.chevrolet.com.ec/dmax-camioneta-diesel/especificaciones.html>

DipacManta. (30 de Abril de 2017). <http://www.dipacmanta.com/>. Obtenido de

<http://www.dipacmanta.com/perfiles>

Dr. Genner Villarreal Castro, P. (2018). <http://blog.pucp.edu.pe>. Obtenido de

<http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2010/07/Resistencia-de-Materiales.pdf>

EditorialMeta. (5 de Junio de 2016). <http://www.editorialmeta.es/>. Obtenido de

<http://www.editorialmeta.es/libros/extremadura/oficiales-conductores-extremadura-temas-15-28-paginas-de-prueba.pdf>

Epn. (15 de Julio de 2016). <http://bibdigital.epn.edu.ec/>. Obtenido de

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1610/1/CD-2313.pdf>

Espol. (16 de Junio de 2016). <https://www.dspace.espol.edu.ec/>. Obtenido de

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/13886>

GoogleMapsAymesa. (27 de Abril de 2016). Obtenido de <https://www.google.com/maps/@->

0.2932977,-

[78.5398231,3a,90y,304.77h,91.38t/data=!3m6!1e1!3m4!1suIp6uACK6AgbFxS\\_IQkI7A!](https://www.google.com/maps/@-0.2932977,-78.5398231,3a,90y,304.77h,91.38t/data=!3m6!1e1!3m4!1suIp6uACK6AgbFxS_IQkI7A!)

[2e0!7i13312!8i6656?hl=es-ES](https://www.google.com/maps/@-0.2932977,-78.5398231,3a,90y,304.77h,91.38t/data=!3m6!1e1!3m4!1suIp6uACK6AgbFxS_IQkI7A!2e0!7i13312!8i6656?hl=es-ES)

GoogleMapsSermant. (28 de Abril de 2016). Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/@->

0.1044071,-

[78.4770059,3a,75y,209.6h,81.87t/data=!3m6!1e1!3m4!1sefPvP9Khe10ERslMZ2hhvA!2](https://www.google.com.ec/maps/@-0.1044071,-78.4770059,3a,75y,209.6h,81.87t/data=!3m6!1e1!3m4!1sefPvP9Khe10ERslMZ2hhvA!2)

[e0!7i13312!8i6656?hl=es](https://www.google.com.ec/maps/@-0.1044071,-78.4770059,3a,75y,209.6h,81.87t/data=!3m6!1e1!3m4!1sefPvP9Khe10ERslMZ2hhvA!2e0!7i13312!8i6656?hl=es)

Hella. (25 de Junio de 2016). <http://www.hella.com/>. Obtenido de

[http://www.hella.com/MicroSite/soe/sites/default/files/downloads/J00271\\_Elekt\\_Steckverbindungen\\_ES.pdf](http://www.hella.com/MicroSite/soe/sites/default/files/downloads/J00271_Elekt_Steckverbindungen_ES.pdf)

InenClasificacionVehicular. (22 de Julio de 2018). <https://www.cinae.org.ec/>. Obtenido de [https://www.cinae.org.ec/images/dmdocuments/INEN\\_ISO\\_3833\\_08.pdf](https://www.cinae.org.ec/images/dmdocuments/INEN_ISO_3833_08.pdf)

IngeMecanica. (12 de Junio de 2018). <http://ingemecanica.com/>. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn47.html>

MaquinasYHerramientas. (2017). <http://www.demaquinasyherramientas.com/>. Obtenido de <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/tipos-de-alambres-utilizados-con-soldadura-mig>

MarcaMotor. (17 de Abril de 2016). [www.marcamotor.com](http://www.marcamotor.com). Obtenido de [http://www.marca.com/marca\\_motor/infoutil/reglamentos/vehiculos/anexo\\_2.html](http://www.marca.com/marca_motor/infoutil/reglamentos/vehiculos/anexo_2.html)

McCormac, J. C. (2006). *Analisis de Estructuras Metalicas 3ra. Ed.* Mexico, D. F.: Alfaomega.

MinisterioObrasPublicas. (17 de Junio de 2016). <http://www.obraspublicas.gob.ec/>. Obtenido de [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/STT\\_C\\_AM\\_MTOP\\_018\\_2016\\_Pesos-y-Dimensiones.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/STT_C_AM_MTOP_018_2016_Pesos-y-Dimensiones.pdf)

MotorGiga. (15 de Abril de 2016). [www.motorgiga.com](http://www.motorgiga.com). Obtenido de <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/remolque-definicion-significado/gmx-niv15-con195366.htm>

MotorPasion. (26 de Junio de 2016). <http://www.motorpasion.com/>. Obtenido de <http://www.motorpasion.com/otros/transportar-coche-carro-peso-carne>

NormalizacionRemolques. (22 de 12 de 2017). <http://www.normalizacion.gob.ec/>. Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/10/RTE-034-3R-RESOLUCION-14453.pdf>

R. C. Hibbeler, 3. e. (1997). *Analisis Estructural*. Mexico, D. F.: Prentice Hall.

Richard G. Budynas, J. K. (2008). *Diseño en Ingenieria Mecanica de Shigley 8va. Ed.* Mexico, D.F.: McGraw-Hill.

Sermant. (27 de Abril de 2016). [www.sermant.com.ec](http://www.sermant.com.ec). Obtenido de <http://sermant.com.ec/>

SolidWorks. (18 de Junio de 2017). Quito. Obtenido de [filesystem:https://forceeffect.autodesk.com/temporary/report.html](https://forceeffect.autodesk.com/temporary/report.html)

Traxco. (3 de Junio de 2016). <http://www.traxco.es/>. Obtenido de <http://www.traxco.es/blog/productos-nuevos/sujecion-de-la-carga-en-el-transporte>

UsonMx. (16 de Junio de 2018). <http://tesis.uson.mx/>. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7991/Capitulo3.pdf>

Vallejo, A. P., & Zambrano, O. J. (2009). *Fisica Vectorial 1 7ma. Ed.* Quito: Rodin.

## Anexos

Anexo A. Tabla del índice de carga (EditorialMeta, 2016)

Índice de peso	Peso en kg						
20	80	55	218	79	437	101	825
22	85	58	218	80	450	102	850
24	85	59	243	81	462	103	875
26	90	60	250	82	485	104	900
28	100	61	257	83	487	105	925
30	106	62	265	84	500	106	950
31	109	63	272	85	515	107	975
33	115	64	280	86	530	108	1000
35	121	65	290	87	545	109	1030
37	128	66	300	88	560	110	1060
40	136	67	307	89	580	111	1090
41	145	68	315	90	600	112	1120
42	150	69	325	91	615	113	1150
44	160	70	335	92	630	114	1180
46	170	71	345	93	650	115	1215
47	175	72	355	94	670	116	1250
48	180	73	365	95	690	117	1285
50	190	74	375	96	710	118	1320
51	195	75	387	97	730	119	1360
52	200	76	400	98	750	120	1400
53	206	77	412	99	775		
54	212	78	425	100	800		

Anexo B. Tabla del índice o código de velocidad (EditorialMeta, 2016)

Índice de velocidad	Velocidad en km/h	Índice de velocidad	Velocidad en km/h	Índice de velocidad	Velocidad en km/h
A1	5	D	65	Q	160
A2	10	E	70	R	170
A3	15	F	80	S	180
A4	20	G	90	T	190
A5	25	J	100	U	200
A6	30	K	110	H	210
A7	35	L	120	V	240
A8	40	M	130	ZR	>240
B	50	N	140	W	270
C	60	P	150	Y	300

Anexo C. Tabla nacional de pesos y dimensiones máximas permitidas para remolques y semirremolques (MinisterioObrasPublicas, 2016)

TABLA NACIONAL DE PESOS Y DIMENSIONES DE VEHÍCULOS DE CARGA PESADA MOTORIZADOS, REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				Largo	Ancho	Alto		
2D			CAMIÓN DE DOS (2) EJES PEQUEÑO	7	5,50	2,60	3,00	
2DA			CAMIÓN DE DOS (2) EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50	
2DB			CAMIÓN DE DOS (2) EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10	
3-A			CAMIÓN DE TRES (3) EJES	27	12,20	2,60	4,10	
4-C			CAMIÓN DE CUATRO (4) EJES	31	12,20	2,60	4,10	
4-O OCTOPUS			CAMIÓN CON TÁNDEM DIRCCIONAL Y POSTERIOR	34	12,20	2,60	4,10	
V2DB			VOLQUETA DE DOS (2) EJES	18	12,20	2,60	4,10	
V3A			VOLQUETA DE TRES (3) EJES	27	12,20	2,60	4,10	
T2			TRACTO CAMIÓN DE DOS (2) EJES	18	8,50	2,60	4,10	
T3			TRACTO CAMIÓN DE TRES (3) EJES	27	8,50	2,60	4,10	
R2			REMOLQUE DE DOS (2) EJES	14	10,00	2,60	4,10	
R3			REMOLQUE DE TRES (3) EJES	21	10,00	2,60	4,10	
S1			SEMIREMOLQUE DE UN (1) EJE	11	13,20	2,60	4,10	
S2			SEMIREMOLQUE DE DOS (2) EJES	20	13,20	2,60	4,10	
S3			SEMIREMOLQUE DE TRES (3) EJES	24	13,20	2,60	4,10	
B1			REMOLQUE BALANCEADO DE UN (1) EJE	7	10,00	2,60	4,10	
B2			REMOLQUE BALANCEADO DE DOS (2) EJES	14	10,00	2,60	4,10	
B3			REMOLQUE BALANCEADO DE TRES (3) EJES	21	10,00	2,60	4,10	

## Anexo D. Tabla de especificaciones Chevrolet D-Max Diésel 3.0 CD 4x2 (Chevrolet, 2017)

**D-MAX DIESEL 3.0 CD 4X2**

Versiones		Especificaciones	
<b>Especificaciones</b>			
Interior	Exterior	Motor	Dimensiones Y Capacidades
<input checked="" type="radio"/> Estándar <input type="radio"/> Disponible <input type="checkbox"/> No Disponible			
Motor		4x2 GAS	4x2 GAS AC
Motorización c.c.		2,405	2,405
Válvulas		16	16
Potencia Neta (HP@rpm)		150 @ 5200	150 @ 5200
Torque Neto (Nm@rpm)		229 @ 4000	229 @ 4000
Alimentación		MPFI	MPFI
Transmisión		Manual 5 Velocidades	Manual 5 Velocidades
Tipo		4x2	4x2
Dirección		Hidráulica Piñón y Cremallera	Hidráulica Piñón y Cremallera
Suspensión Delantera		Independiente Tipo Doble Wishbone	Independiente Tipo Doble Wishbone
Suspensión Posterior		Rígida con Ballesta	Rígida con Ballesta
Frenos Delanteros		Disco Ventilado	Disco Ventilado
Frenos Posteriores		Tambor	Tambor
Freno de Parqueo		Entre Asientos	Entre Asientos
Llantas		225/70 R15	225/70 R15

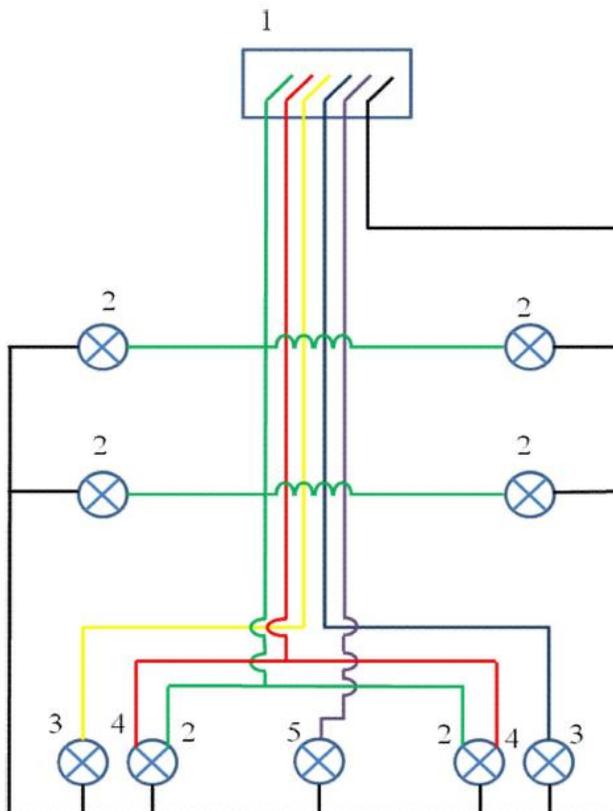
## Anexo E. Tabla de dimensiones y capacidades Chevrolet D-Max Diésel 3.0 CD 4x2

(Chevrolet, 2017)

**D-MAX DIESEL 3.0 CD 4X2**

Versiones		Especificaciones	
<b>Especificaciones</b>			
Interior	Exterior	Motor	Dimensiones Y Capacidades
<input checked="" type="radio"/> Estándar <input type="radio"/> Disponible <input type="checkbox"/> No Disponible			
Dimensiones y Capacidades		4x2 GAS	4x2 GAS AC
Peso Bruto Vehicular (Kg)		2,650	2,650
Capacidad de Carga (Kg)		1,015	985
Capacidad Eje Delantero (Kg)		1,250	1,250
Capacidad Eje Posterior (Kg)		1,870	1,870
Largo Total (mm)		5,295	5,295
Ancho Total (mm)		1,766	1,766
Alto Total (mm)		1,690	1,690

Anexo F. Diagrama eléctrico del remolque (Espol, 2016)

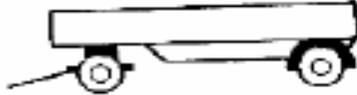
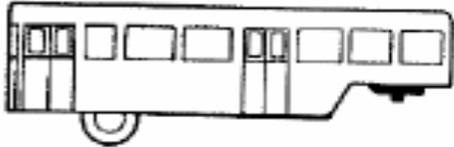


Anexo G. Reacciones de viga conjugada para diversas solicitaciones de carga (Dr. Genner Villarreal Castro, 2018, pp. 238-242)

Esquema de carga	Rotaciones en los apoyos 1 y 2
	$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{PL^2}{16}$
	$\alpha_1 = \frac{Pab}{6L}(b + L)$ $\alpha_2 = \frac{Pab}{6L}(a + L)$

## Anexo H. Tabla de clasificación vehicular de remolques por categoría

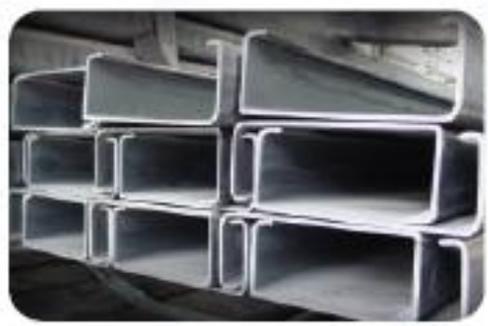
(InenClasificacionVehicular, 2018)

No.	Término	Definición	Dibujo
3.2.1	Remolque	Un vehículo del cual, por cuenta de su diseño, ninguna parte sustancial del peso total es soportada por el vehículo remolcador. Un semi-remolque con plataforma rodante se considera como remolque.	
3.2.1.1	Remolque de bus	Un remolque (3.2.1) que, por cuenta de su diseño y designación, está considerado para llevar personas y su equipaje. Puede ser equipado como se indica en 3.1.2.1 a 3.1.2.3.	
3.2.1.2	Remolque para usos generales	Un remolque (3.2.1) el cual, por cuenta de su diseño y designación, está considerado para llevar carga.	
3.2.1.3	Caravana (casa móvil)	Un remolque (3.2.1) el cual es diseñado para uso en carretera y proporciona alojamiento o vivienda móvil.	
3.2.1.4	Remolque especial	Un remolque (3.2.1) el cual, por cuenta de su diseño y designación, está considerado: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Solamente para transportar personas y/o bienes para los cuales son necesarios arreglos especiales;</li> <li>- Solo para desempeñar una función específica de trabajo.</li> </ul> (Ejemplos: remolque para transporte de pasajeros, remolque para lucha contra incendios, remolque de plataforma baja, remolque de compresor de aire. La lista no es restrictiva.	
3.2.2	SEMI-REMOLQUE	Un remolque el cual es diseñado para ser acoplado a un vehículo que lo arrastra y para imponer una parte sustancial de su peso total al vehículo transportador.	
3.2.2.1	Semi-remolque de bus	Un semi-remolque (3.2.2) el cual, por cuenta de su diseño y designación, está considerado para llevar personas y su equipaje. Puede ser equipado como se indica en 3.1.2.1 a 3.1.2.3.	
3.2.2.2	Semi-remolque para propósitos generales	Un semi-remolque (3.2.2) el cual, por cuenta de su diseño y designación, está considerado para llevar carga.	

Anexo I. Tabla de perfiles estructurales tipo correas "G" (DipacManta, 2017)



## PERFILES ESTRUCTURALES CORREAS "G"



### Especificaciones Generales

**Otras calidades:** Previa consulta

**Largo normal:** 6.00m

**Otros largos:** Previa consulta

**Espesores:** Desde 1.50mm hasta 12.00mm

**Acabado:** Natural

**Otro acabado:** Previa consulta



Dimensiones exteriores a la sección transversal.  
Radio de curvatura interior igual a 1,5e para espesores menores a 6,00 mm.  
Radio de curvatura interior igual a 2e para espesores de 6,00 mm o mayores.

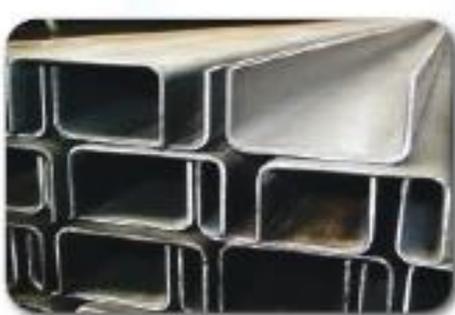
Designación	Dimensiones				Masa Kg/m	A cm <sup>2</sup>	c cm	Momento de inercia		Modulo resistente		Radio de giro	
	h	d	c	e				I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>
	mm	mm	mm	mm				cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
G 60x30x15x2	60	30	10	2	1,96	2,54	1,44	14,88	5,28	4,9	2,74	2,42	1,44
G 60x40x15x2	80	40	15	2	2,75	3,54	1,46	35,25	8,57	8,81	3,18	3,16	1,51
G 80x40x15x3	80	40	15	3	3,95	5,11	1,46	49,04	10,85	12,26	4,27	3,1	1,46
G 80x50x15x2	80	50	15	2	3,05	3,88	1,46	41,11	13,55	10,28	4,34	3,23	1,88
G100x50x15x2	100	50	15	2	3,38	4,34	1,73	88,26	14,98	13,85	4,57	4,00	1,86
G100x50x15x3	100	50	15	3	4,89	6,31	1,72	97,78	20,51	19,66	6,25	3,94	1,8
G100x50x15x4	100	50	15	4	6,29	8,15	1,71	122,5	24,85	24,49	7,55	3,88	1,75
G100x50x20x4	100	50	20	4	6,80	8,55	1,85	128,7	28,5	25,34	9,05	3,85	1,83
G100x50x25x5	100	50	25	5	8,35	10,85	1,98	152,51	36,52	30,3	12,09	3,75	1,83
G125x50x15x2	125	50	15	2	3,77	4,84	1,50	116,4	16,16	16,63	4,69	4,91	1,83
G125x50x15x3	125	50	15	3	5,48	7,06	1,55	165,5	22,16	26,48	6,43	4,84	1,77
G125x50x15x4	125	50	15	4	7,07	9,15	1,54	208,7	26,88	33,39	7,78	4,78	1,71
G125x50x15x5	125	50	15	5	8,55	11,11	1,54	246,2	30,41	39,39	8,78	4,71	1,65
G125x50x20x4	125	50	20	4	7,39	9,88	1,68	217	30,9	34,7	9,32	4,77	1,8
G125x50x25x5	125	50	25	5	9,33	12,11	1,8	264,3	39,88	42,29	12,48	4,67	1,82
G125x50x30x6	125	50	30	6	11,32	14,73	1,92	307,1	48,69	49,14	15,81	4,58	1,81
G150x50x15x2	150	50	15	2	4,18	5,34	1,42	178,7	17,13	23,83	4,75	5,79	1,79
G150x50x15x3	150	50	15	3	6,07	7,81	1,42	255,2	23,49	34,03	6,66	5,72	1,73
G150x50x15x4	150	50	15	4	7,86	10,15	1,41	323,5	28,51	43,13	7,95	5,65	1,68
G150x50x15x5	150	50	15	5	9,53	12,36	1,41	383,6	32,27	51,15	8,98	5,57	1,62
G150x50x20x4	150	50	20	4	8,17	10,5	1,54	337	32,9	44,9	9,52	5,85	1,77
G150x75x25x5	150	75	25	5	12,28	15,86	2,69	545,4	117,2	72,71	24,17	5,88	2,72
G150x75x30x6	150	75	30	6	14,66	19,23	2,78	641,4	144,5	85,52	30,57	5,77	2,74
G175x50x15x2	175	50	15	2	4,56	5,84	1,31	257,7	17,92	29,45	4,85	6,64	1,75
G175x50x15x3	175	50	15	3	6,66	8,56	1,31	369,4	24,59	42,22	6,66	6,57	1,7
G175x50x15x4	175	50	15	4	8,64	11,15	1,3	470,0	29,85	53,71	8,07	6,49	1,68
G175x50x15x5	175	50	15	5	10,51	13,61	1,3	559,7	33,79	63,97	9,14	6,41	1,60
G175x75x25x4	175	75	25	4	10,84	13,9	2,48	653,0	105	74,6	28,9	6,84	2,75
G175x75x25x5	175	75	25	5	13,26	17,11	2,47	788,0	123,9	89,82	24,83	6,78	2,69
G175x75x30x6	175	75	30	6	16,03	20,73	2,6	929,4	152,5	106,2	31,19	6,7	2,72
G200x50x15x2	200	50	15	2	4,95	6,34	1,21	354,9	18,59	35,89	4,91	7,48	1,71
G200x50x15x3	200	50	15	3	7,25	9,31	1,21	510,3	25,51	51,03	6,73	7,4	1,66
G200x50x15x4	200	50	15	4	9,43	12,15	1,21	651,4	30,98	65,14	8,18	7,32	1,6
G200x50x15x5	200	50	15	5	11,48	14,86	1,21	778,3	35,08	77,83	9,28	7,24	1,54
G200x75x25x4	200	75	25	4	11,63	14,9	2,32	896,0	110,0	89,80	21,3	7,64	2,71
G200x75x25x5	200	75	25	5	14,24	18,37	2,32	1060,0	129,0	109,0	25,02	7,67	2,66
G200x75x30x6	200	75	30	6	17,21	22,23	2,45	1282,0	160,2	129,2	31,73	7,59	2,60
G250x75x25x4	250	75	25	4	13,20	16,90	2,07	1520,0	118,0	122,0	21,7	9,48	2,84
G250x100x25x5	250	100	25	5	16,17	23,36	2,73	2219,0	285,3	177,5	39,24	9,75	3,49
G250x100x30x6	250	100	30	6	21,92	32,3	3,1	2847,0	383,5	219,8	55,58	9,68	3,69
G300x100x30x6	300	100	30	6	16,65	21,3	2,84	2860,0	274,0	191,0	38,3	11,6	3,58
G300x100x35x6	300	100	35	6	20,91	26,9	2,97	3560,0	351,0	237,0	49,9	11,5	3,62
G300x100x35x6	300	100	35	6	24,75	31,8	2,98	4170,0	404,0	278,0	57,4	11,4	3,56

PERFILES

Anexo J. Tabla de perfiles laminados tipo UPN (DipacManta, 2017)



## PERFILES ESTRUCTURALES CORREAS "U"



### Especificaciones Generales

Otras calidades: Previa consulta  
 Largo normal: 6.00m  
 Otros largos: Previa consulta  
 Espesores: Desde 1.50mm hasta 12.00mm  
 Acabado: Natural  
 Otro acabado: Previa consulta

PERFILES

Designación	Dimensiones (mm)			Masa Kg/m	A cm <sup>2</sup>	d1 cm	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	e				I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>
	mm	mm	mm				cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
C 50 x 25 x 2	50	25	2	1,45	1,87	0,72	7,06	1,13	2,85	0,63	1,94	0,72
C 60 x 25 x 3	50	25	3	2,09	2,7	0,77	9,7	1,57	3,86	0,91	1,89	0,76
C 60 x 30 x 2	60	30	2	1,77	2,25	0,85	12,5	2,00	4,16	0,93	2,35	0,94
C 60 x 30 x 3	60	30	3	2,56	3,3	0,89	17,5	2,64	5,85	1,34	2,31	0,93
C 60 x 30 x 4	60	30	4	3,30	4,2	0,95	21,1	3,51	7,09	1,72	2,24	0,91
C 80 x 40 x 2	80	40	2	2,40	3,07	1,09	30,8	4,89	7,71	1,68	3,17	1,28
C 80 x 40 x 3	80	40	3	3,51	4,5	1,14	43,9	7,01	11	2,45	3,12	1,25
C 80 x 40 x 4	80	40	4	4,56	5,87	1,19	56,4	8,92	13,9	3,17	3,07	1,23
C 80 x 40 x 5	80	40	5	5,55	7,18	1,23	65,49	10,82	16,37	3,83	3,02	1,21
C 80 x 40 x 6	80	40	6	6,49	8,42	1,28	74,18	12,1	18,54	4,44	2,96	1,19
C 100 x 50 x 2	100	50	2	3,02	3,87	1,34	61,5	9,72	12,5	2,66	3,99	1,58
C 100 x 50 x 3	100	50	3	4,45	5,7	1,39	89,5	14,1	17,7	3,89	3,94	1,57
C 100 x 50 x 4	100	50	4	5,81	7,47	1,44	113	18,1	22,6	5,07	3,89	1,56
C 100 x 50 x 5	100	50	5	7,12	9,18	1,46	135	21,8	27,1	6,19	3,84	1,54
C 100 x 50 x 6	100	5	6	8,37	10,82	1,53	115,3	25,14	31,05	7,24	3,79	1,52
C 100 x 60 x 4	100	60	4	4,44	8,13	1,86	129	29,7	25,6	7,17	3,97	1,91
C 100 x 50 x 5	100	50	5	7,31	9,95	1,92	152	35,7	30,5	8,76	3,91	1,9
C 100 x 60 x 6	100	60	6	9,31	12,02	1,93	181,8	42,25	36,36	10,38	3,89	1,87
C 100 x 60 x 8	100	60	8	11,95	15,5	2,06	222,6	62,47	44,62	13,32	3,78	1,83
C 125 x 50 x 2	125	50	2	3,42	4,37	1,2	103	10,4	16,5	2,74	4,86	1,54
C 125 x 50 x 3	125	50	3	5,04	6,45	1,34	149	15,1	23,9	4,02	4,81	1,53
C 125 x 50 x 4	125	50	4	6,60	8,47	1,39	192	19,4	30,7	5,34	4,78	1,51
C 125 x 50 x 5	125	50	5	8,10	10,4	1,34	231	23,4	37	6,4	4,71	1,5
C 125 x 50 x 6	125	50	6	9,55	12,32	1,38	268	27,19	42,67	7,51	4,65	1,48
C 125 x 60 x 5	125	60	5	8,89	11,43	1,7	267	39,36	42,71	9,15	4,83	1,89
C 125 x 60 x 6	125	60	6	10,49	13,52	1,75	309,3	45,83	49,48	10,78	4,78	1,84
C 125 x 60 x 8	125	60	8	13,52	17,5	1,81	383,3	57,3	61,33	13,94	4,68	1,8
C 125 x 80 x 6	125	80	6	12,37	15,82	2,01	394,3	102,9	63,08	18,1	4,97	2,54
C 125 x 80 x 8	125	80	8	16,03	20,69	2,64	493	130,3	78,88	24,3	4,88	2,5
C 125 x 80 x 10	150	80	10	19,45	25,21	2,74	576,6	154,2	92,25	29,31	4,78	2,47
C 150 x 50 x 2	150	50	2	3,81	4,87	1,09	138	10,9	21,1	2,8	5,71	1,5
C 150 x 50 x 3	150	50	3	5,62	7,2	1,13	239	15,9	30,7	4,11	5,65	1,49
C 150 x 50 x 4	150	50	4	7,38	9,47	1,17	297	20,5	39,6	5,36	5,6	1,47
C 150 x 50 x 5	150	50	5	9,06	11,7	1,22	359	24,8	47,9	6,55	5,55	1,46
C 150 x 50 x 6	150	50	6	10,72	13,82	1,26	416,7	28,8	55,55	7,7	5,49	1,44
C 150 x 60 x 5	150	60	5	9,87	12,88	1,56	411,9	41,72	54,91	9,4	5,7	1,81
C 150 x 60 x 6	150	60	6	11,67	15,02	1,8	478,9	48,7	63,85	11,07	5,64	1,8
C 150 x 60 x 8	150	60	8	15,09	19,5	1,74	598,7	61,15	79,03	14,35	5,54	1,77
C 150 x 80 x 6	150	80	6	13,55	17,42	2,43	933,4	109,8	80,45	19,73	5,88	2,01
C 150 x 80 x 8	150	80	8	17,60	22,69	2,44	750,2	139,5	101,4	25,09	5,78	2,47
C 150 x 80 x 10	150	80	10	21,42	27,71	2,54	898,3	165,9	119,5	30,37	5,88	2,44
C 150 x 80 x 12	150	80	12	25,00	32,47	2,64	1013	189,3	135,1	35,31	5,59	2,41

Anexo K. Tabla de tubo estructural tipo cuadrado (DipacManta, 2017)

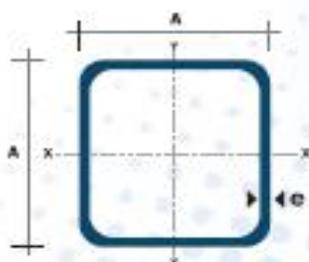


## TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO



### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o Galvanizado
<b>Largo Normal</b>	6.00 m
<b>Otros Largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 20.00 mm a 100.00 mm
<b>Epesor</b>	Desde 1.20 mm a 5.00 mm



Dimensiones			Área	Ejes X-Xo Y-Y		
A mm	Epesor mm (t)	Peso Kg/m	Área cm²	I cm⁴	W cm³	I cm⁵
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,89	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,08	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,51	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,68	3,74	21,29	7,09	2,36
60	3,0	5,42	5,81	35,06	11,99	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,48	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,06	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	3,0	6,17	7,74	122,89	24,60	3,99
100	4,0	8,17	11,41	175,85	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	49,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84

TUBERÍA



[www.dipacmanta.com](http://www.dipacmanta.com)

Anexo L. Tabla de perfiles laminados tipo varilla redonda lisa (DipacManta, 2017)

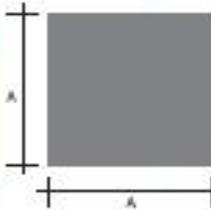


## PERFILES LAMINADOS

### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6,00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta

### VARILLA CUADRADA LISA



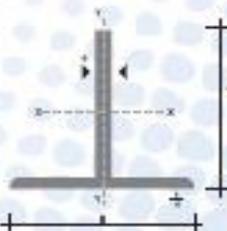

Denominación	Lado		Peso		Área
	A	mm	kg/m	kg/5m	
VCU 5/16	8,0	0,57	3,41	0,72	
VCU 3/8	9,0	0,64	3,83	0,81	
VCU 1/2	12,0	0,96	5,70	1,21	
VCU 5/8	15,0	1,77	10,60	2,25	
VCU 3/4	18,0	2,54	15,28	3,24	
VCU 24,5	24,5	4,72	28,30	6,00	

### VARILLA REDONDA LISA




Denominación	Diámetro		Peso		Área
	D	mm	kg/m	kg/5m	
VRL 5,5	5,5	0,34	2,04	0,43	
VRL 8	8,0	0,50	2,96	0,63	
VRL 10	10,0	0,62	3,70	0,79	
VRL 12	12,0	0,69	5,33	1,13	
VRL 15	15,0	1,39	8,52	1,77	
VRL 18	18,0	2,00	11,98	2,55	
VRL 22	22,0	2,98	17,90	3,80	
VRL 24,5	24,0	3,70	22,20	4,71	

### TEES




Denominación	Dimensiones			Peso		Área
	mm			kg/m	kg/5m	
	A	B	e			
TEE 20X3	20	20	3	0,90	5,40	1,15
TEE 25X3	25	25	3	1,19	7,14	1,52
TEE 30X3	30	30	3	1,41	8,48	1,90

[www.dipacmanta.com](http://www.dipacmanta.com)

Anexo M. Propiedades de materiales (Beer, Johnston, & DeWolf, 2007, pp. 746-747)

Material	Densidad, kg/m <sup>3</sup>	Resistencia última			Cedencia <sup>2</sup>	
		Tensión, MPa	Compresión, <sup>2</sup> MPa	Cor-tante, MPa	Tensión, MPa	Cor-tante, MPa
<b>Acero</b>						
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145
Alta resistencia-aleación baja						
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345	
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450	
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345	
Templado						
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690	
Inoxidable, AISI 302						
Laminado en frío	7 920	860			520	
Recocido	7 920	655			260	150
Acero de refuerzo						
Resistencia media	7 860	480			275	
Alta resistencia	7 860	620			415	

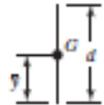
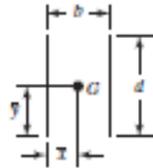
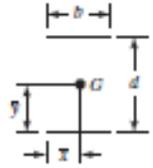
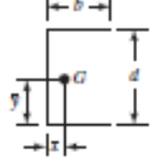
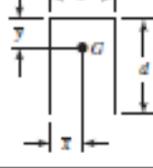
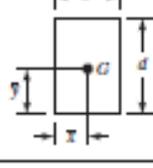
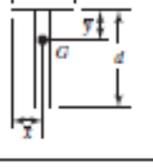
Anexo N. Especificaciones de alambre de soldadura ER70S-6 (UsonMx, 2018)

embalaje	Tamaño del cable	Tamaño del carrete	Peso neto
	φ0.8 ~ 1,6 (mm)	D100mm D200mm D270mm D300mm K300mm	1 kg, 5 kg, 15 kg, 18 kg, 20 kg

composición química del alambre de soldadura (%)	do	Minnesota	Si	PAG	S	Cr	Ni	Cu
	0.06 ~ 0.15	1.40 ~ 1.85	0.80 ~ 1.15	≤0.025	≤0.035	-	-	≤0.50
Propiedades mecánicas o metal depositado	Rendimiento strength <sub>0,2</sub> (Mpa)	Tracción strength <sub>b</sub> (Mpa)			Elongation <sub>5</sub> (%)		AKV impacto (J)	
	≥420	≥500			≥22		≥27 (-29)	

Tamaño del cable (mm)	φ0.8	φ1.0	φ1.2	φ1.6	posición de soldadura	
La corriente de soldadura (A)	40 ~ 140	50 ~ 220	80 ~ 350	120 ~ 550		
Por favor note	Alambre debe ser almacenado en dry.open los paquetes justo cuando la soldadura para evitar la oxidación del alambre. Antes de soldar, limpiar el aceite, óxido, etc agua de las piezas de trabajo					

Anexo O. Propiedades de flexión de la soldadura (Budynas & Nisbett, 2012, pp. 457-487)

Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Moment of Area
1. 	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
2. 	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
3. 	$A = 1.414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
4. 	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
5. 	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
6. 	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
7. 	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$

**Anexo P. Vista frontal del skuk**



**Anexo Q. Vista superior del remolque**



**Anexo R. Vista isométrica del remolque**



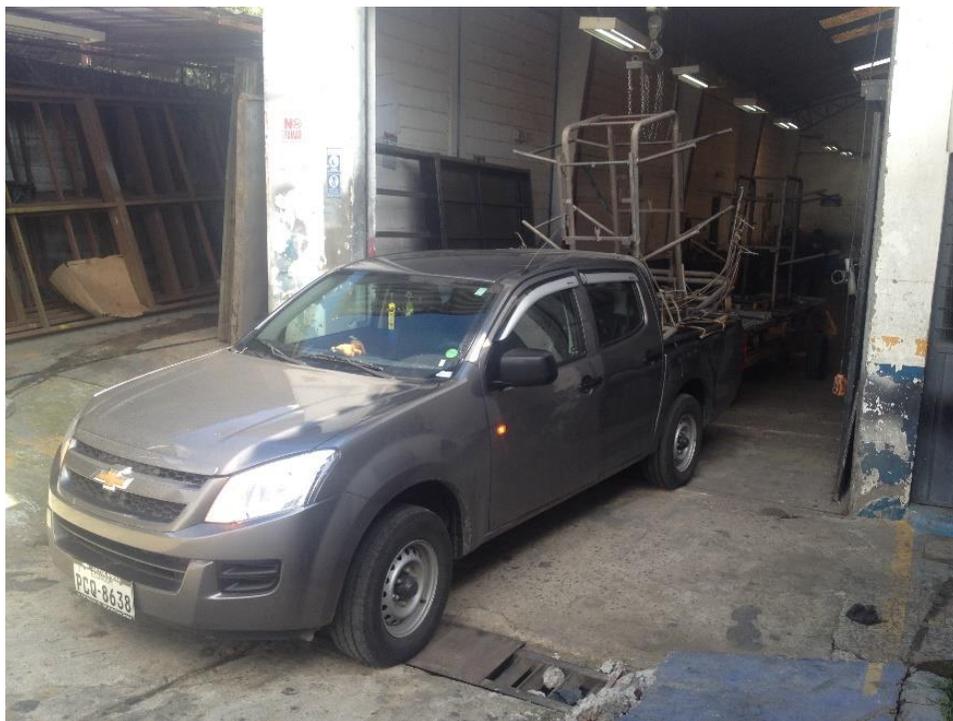
**Anexo S. Remolque para coches tipo skuk a plena carga**



**Anexo T. Remolques para coches tipo skuk de Aymesa y General Motors**



**Anexo U. Camioneta Chevrolet D-Max Diésel 3.0 CD 4x2**



**Anexo V. Pruebas de traslado de coches tipo skuk**



**Anexo W. Vistas e isometría de la estructura principal del remolque**

Plano en A0, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE PARA COCHES TIPO SKUK.