

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA REMOLQUE
CON SUSPENSIÓN MODIFICADA PARA TRANSPORTE DE
VEHICULOS DE COMPETENCIA 4 x 4”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

PABLO XAVIER CUMBAL PAILLACHO

pcumbal@corpaire.org

SANTIAGO ENRIQUE GANGOTENA PAZMIÑO

sgangotena@corpaire.org

DIRECTOR: ING. JAIME RAÚL VARGAS T.

jaime_vargas@hotmail.com

Quito, Julio 2009

DECLARACIÓN

Nosotros, Pablo Xavier Cumbal Paillacho y Santiago Enrique Gangotena Pazmiño, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Pablo Xavier Cumbal P.

Santiago Enrique Gangotena P.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pablo Xavier Cumbal Paillacho y Santiago Enrique Gangotena Pazmiño, bajo mi supervisión.

Ing. Jaime Raúl Vargas T.
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

- A Dios por darme la sabiduría y salud para poder concluir con éxito todas mis esperadas metas.
- A mis amados padres que por su consideración, comprensión y apoyo lograron forjar en mí una persona capaz de hacer frente a todo tipo de problema que se ponga en el camino.
- A mí querida esposa que ha sabido comprender todo lo que conllevaba la culminación de mi honrosa carrera.
- Al Ing. Jaime Raúl Vargas T, por su acertada dirección.

PABLO

- A Dios por bendecirme y poner siempre la luz en mi camino para seguir adelante venciendo las adversidades.
- A mis padres por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo, comprensión y amor incondicional.
- A mis profesores que con su formación han hecho de mí un profesional responsable que sabe sobrellevar y solucionar los inconvenientes que se presentan no solamente en el trabajo, sino también en la vida diaria.

SANTIAGO

DEDICATORIA

- A Paola Valentina, Diego Enrique y Esteban Xavier, quienes serán siempre la razón de mi superación profesional.
- A Marlene, Juan Fernando y Mayra, las personas más sinceras, amorosas y honestas que crecieron junto a mí.

PABLO

- A mis padres que me dieron la vida y supieron formarme con los más altos valores de responsabilidad y respeto, espero con este logro poder recompensar en algo el inmenso esfuerzo que siempre han hecho por el bienestar de sus hijos.

SANTIAGO

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto el diseño y construcción de una plataforma – remolque con suspensión modificada para el transporte de vehículos de competencia 4x4.

Para esto se realiza un estudio de las condiciones actuales de transporte, de las posibles soluciones y un estudio y selección de alternativas, teniendo en cuenta que los materiales con los que se va a desarrollar el proyecto existan en el mercado nacional, para de esta manera reducir los costos de fabricación.

Para el dimensionamiento de la plataforma – remolque se toman en cuenta algunos parámetros como son: longitud necesaria para transportar el vehículo, peso a transportar, condiciones del terreno por el cual se va a desplazar, fuerza necesaria de remolque, entre otras.

Algunos componentes de la plataforma no necesitan ser dimensionados debido a que ya existen en el mercado, pero en base a las condiciones de carga y transporte, se los selecciona en base a catálogos que proveen los fabricantes.

La construcción y montaje de las diferentes partes y sistemas que conforman la plataforma se lo hace siguiendo una secuencia lógica, para de esta manera evitar contratiempos y optimizar el tiempo de construcción, lo que influye directamente sobre los costos de mano de obra.

Para el análisis de costos se toma en cuenta el costo de materiales, costo de montaje y pruebas, costo de acabados, costo de mano de obra, costo de diseño y varios, con lo cual se determina el costo final que tiene la plataforma.

PRESENTACIÓN

La realidad actual del transporte de los vehículos de competencia 4x4 hacia los sectores donde se encuentran ubicadas las pistas de competencia se lo hace de muchas formas, pero algunas de ellas no son adecuadas porque ponen en riesgo la integridad física del vehículo de competencia, como sucede cuando se remolca directamente colocando un triángulo de tiro anclado al guarda choques frontal.

Luego del transcurso de las competencias muchos vehículos resultan afectados en los sistemas motrices, lo cual implica que no se puede utilizar el método señalado anteriormente.

Otro método implica el alquiler de un camión plataforma para llevar el vehículo a la pista y traerlo de vuelta, luego si se necesita llevar el vehículo a una lavadora o a un taller, nuevamente se debe contratar este servicio, con lo que los costos de transporte exceden las posibilidades económicas de los propietarios de los vehículos.

Con éstos antecedentes se desarrolla el presente proyecto, que garantiza la seguridad y economía en el transporte de este tipo de vehículos, además de tener las siguientes ventajas tales como: si el vehículo necesita ser llevado a un taller, lavadora, garaje, simplemente se lo ubica sobre la plataforma y se la remolca con un vehículo acondicionado para tal efecto, sin preocuparse por el tiempo que se demore.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES

Desde hace varios años atrás hasta la actualidad se desarrollan competencias de vehículos 4x4, los mismos que son preparados especialmente para soportar las duras exigencias a las cuales son sometidos en las pistas de carrera, que se encuentran ubicadas en sectores principalmente fuera de la ciudad, por tal motivo a los vehículos de competencia 4x4 se los debe transportar de tal forma que lleguen en las mejores condiciones para que éstos no sufran ningún desperfecto en el trayecto desde el sitio de partida, que puede ser, por ejemplo, la casa del propietario del vehículo, hasta la pista de competencia.

Los caminos de acceso hacia las pistas de competencia son en algunas ocasiones muy irregulares en su superficie, por lo que el medio en el que se transporta el vehículo debe ser diseñado de tal forma que soporte éstas condiciones sin sufrir daños en su estructura, ni en los diferentes sistemas que lo conforman.

Por lo señalado anteriormente, la plataforma – remolque debe contar con un sistema de suspensión que permita transportar al vehículo de forma adecuada. A continuación se detalla el sistema de suspensión y sus diferentes componentes.

1.1.1 LA SUSPENSIÓN

La suspensión en un automóvil, camión, motocicleta o remolque, es el conjunto de elementos que absorben las irregularidades del terreno por el que se circula para aumentar la comodidad y el control del vehículo. Para ello, entre las ruedas y el bastidor, se coloca un medio elástico de unión, medio elástico que se deforma con el peso del vehículo y con la inercia del mismo al elevarse o bajarse como consecuencia de las irregularidades del terreno.

En efecto, si las ruedas suben o bajan, como consecuencia de las irregularidades del terreno, el medio elástico debe absorber estas irregularidades para que el ascenso o descenso de la carrocería sea el menor posible. Además se evitan las brusquedades por la acción de los amortiguadores.

Se denomina suspensión al conjunto de elementos elásticos que se interponen entre los órganos suspendidos y no suspendidos. Existen otros elementos con misión amortiguadora, como son los neumáticos y los asientos. Los elementos de la suspensión han de ser lo suficientemente resistentes y elásticos para aguantar las cargas a que se ven sometidos sin que se produzcan deformaciones permanentes ni roturas y también para que el vehículo no pierda adherencia con el suelo.¹

Los elementos fundamentales en toda suspensión son:

- Muelles.
- Amortiguadores.
- Barras estabilizadoras.
- Neumáticos.

1.1.1.1 Muelles

Son elementos colocados entre el bastidor y lo más próximo a las ruedas, que recogen directamente las irregularidades del terreno, absorbiéndolas en forma de deformación. Tienen que tener buenas propiedades elásticas y absorber la energía mecánica, evitando deformaciones indefinidas.

Cuando debido a una carga o una irregularidad del terreno el muelle se deforma, y cesa la acción que produce la deformación, el muelle tiende a oscilar, creando un balanceo en el vehículo que se debe de reducir por medio de los amortiguadores.

Los muelles pueden ser:

¹ <http://www.microcaos.net/ocio/motor/el-sistema-de-suspension-del-automovil/>

- Ballestas.
- Muelles helicoidales.
- Barra de torsión.

1.1.1.1.1 Ballestas

Están compuestas por una serie de láminas de acero resistente y elástico, de diferente longitud, superpuestas de menor a mayor, y sujetas por un pasador central llamado “perno-capuchino”. Para mantener las láminas alineadas llevan unas abrazaderas; la hoja más larga se llama “maestra”, termina en sus extremos en dos curvaturas formando ojo por el cual, y por medio de un buje de goma (silentbloc), se articulan en el bastidor y mediante las abrazaderas se sujetan al eje de la rueda. En uno de sus extremos se coloca una gemela (Figura No. 1.1.), que permite el desplazamiento longitudinal de las hojas cuando la rueda coja un obstáculo y, en el otro extremo va fijo al bastidor. El buje consiste en dos casquillos de acero entre los que se intercala una camisa de goma.

Si la ballesta es muy flexible se llama blanda, y, en caso contrario, dura; usándose una u otra según el peso a soportar. Las ballestas pueden utilizarse como elemento de empuje del eje al bastidor. Para evitar que el polvo o humedad, que pueda acumularse en las hojas, llegue a “soldar” unas a otras impidiendo el resbalamiento entre sí y, por tanto, la flexibilidad, se recurre a intercalar entre hoja y hoja láminas de zinc, plástico o simplemente engrasarlas.

Suelen tener forma sensiblemente curvada y pueden ir colocadas longitudinalmente o en forma transversal, este último sistema empleado en la suspensión por ruedas independientes, siendo necesario colocar en sus extremos las gemelas.

Existen ballestas llamadas “parabólicas”, en las cuales las hojas no tienen la misma sección en toda su longitud. Son más gruesas por el centro que en los extremos. Se utilizan en vehículos que soportan mucho peso.

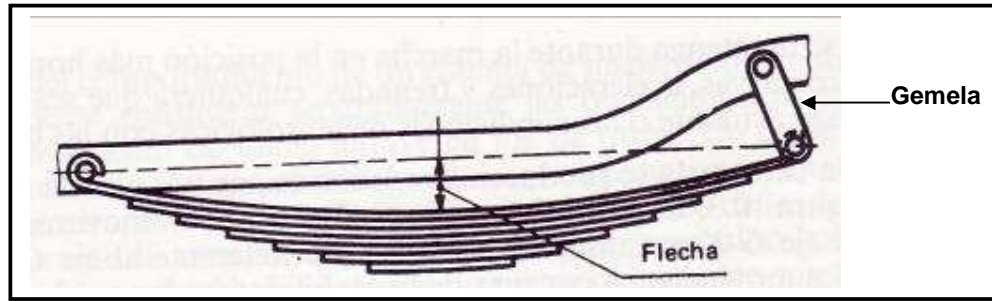


Figura N° 1.1 Flecha.

Como se indica en la Figura N° 1.2 la ballesta está compuesta por los siguientes elementos: la mayor de las hojas A, se llama maestra y termina en dos extremos curvados formando los ojos B, por los cuales se une al chasis. La segunda hoja C, termina rodeando en parte los ojos de la maestra y las restantes van siendo cada vez más cortas y curvadas. Todas las hojas se unen en el centro por medio de un tornillo pasante D con tuerca, llamado capuchino. Las hojas más largas se mantiene alineadas por medio de las abrazaderas E.

Una ballesta viene definida por la longitud, anchura de sus hojas y número de ellas. Asimismo, son características esenciales la flecha sin carga (Figura N° 1.2) y la flexibilidad, es decir, la deformación o flexión que experimenta cuando soporta una carga de 100 kg, o sea, la longitud en milímetros que disminuye la flecha. La flexibilidad de las ballestas se expresa en milímetros por cien kilogramos de carga².

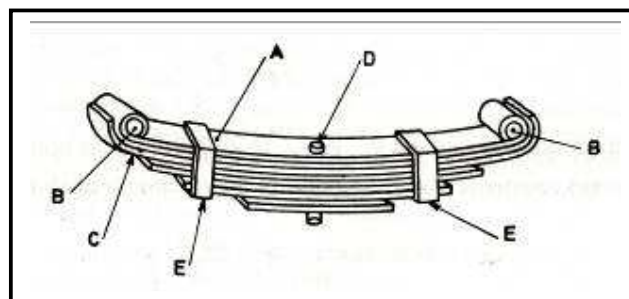


Figura N° 1.2 Elementos de una ballesta.

² J.M. ALONSO, Técnicas de Automóvil, Página N° 363

1.1.1.1.2 Muelles helicoidales

El muelle helicoidal es otro medio elástico en la suspensión (tanto rígida como independiente). No puede emplearse como elemento de empuje ni de sujeción lateral, por lo que es necesario emplear bielas de empuje y tirantes de sujeción.

Con el diámetro variable se consigue una flexibilidad progresiva; también se puede conseguir con otro muelle interior adicional. La flexibilidad del muelle será función del número de espiras, del diámetro del resorte, del espesor o diámetro del hilo, y de las características elásticas del material.

Las espiras de los extremos son planas para favorecer el acoplamiento del muelle en su apoyo. Los muelles reciben esfuerzos de compresión, pero debido a su disposición helicoidal trabajan a torsión.

1.1.1.1.3 Barra de torsión

La resistencia que opone a la torsión una barra de acero, constituye un medio elástico, empleado también como elemento de suspensión.

Las barras de torsión son muy empleadas, en la actualidad, en suspensiones independientes traseras en algunos modelos de vehículos. También son empleadas en la parte delantera.

Su funcionamiento se basa en que si a una barra de acero elástica se la fija por un extremo y al extremo libre le somete a un esfuerzo de torsión (giro), la barra se deforma, pero una vez finalizado el esfuerzo recupera su forma primitiva.

El esfuerzo aplicado no debe sobrepasar el límite de elasticidad del material de la barra, para evitar la deformación permanente. Su montaje se puede realizar transversal o longitudinalmente. La sección puede ser cuadrada o cilíndrica, siendo esta última la más común. Su fijación se realiza mediante un cubo estriado.

1.1.1.2 Amortiguadores

La deformación del medio elástico, como consecuencia de las irregularidades del terreno, da lugar a unas oscilaciones de todo el conjunto. Cuando desaparece la irregularidad que produce la deformación y, de no frenarse las oscilaciones, esto ocasiona el balanceo de toda la carrocería. Ese freno, en número y amplitud, de las oscilaciones se realiza por medio de los amortiguadores. Los amortiguadores transforman la energía mecánica del muelle en energía calorífica, calentándose un fluido contenido en el interior del amortiguador al tener que pasar por determinados pasos estrechos. Pueden ser de fricción o hidráulicos, aunque en la actualidad sólo se usan estos últimos. Los hidráulicos, a su vez pueden ser giratorios, de pistón o telescópicos; aunque todos están basados en el mismo fundamento. El más utilizado es el telescópico.

- **Funcionamiento**³: El funcionamiento del amortiguador se basa en la circulación de aceite entre los dispositivos internos a través de un conjunto de válvulas que generan una resistencia al paso del mismo entre las cámaras del amortiguador. De esta forma se controlan las oscilaciones de la suspensión. Debido a estas oscilaciones, el amortiguador tiene dos movimientos: expansión, compresión.
 - **Expansión** (el amortiguador se abre)

Para que el amortiguador se abra, el pistón necesita subir y esto solo se logra si el aceite que está arriba del pistón fluye a través de este. Para controlar el paso del aceite, están los barrenos ubicados en el cuello del pistón y las ranuras que se hacen (codificados) en el asiento de la válvula de expansión. Además de los barrenos y las ranuras, está también el resorte de expansión que mantiene la válvula bajo presión controlada. El actuar de estos tres elementos, proporciona las fuerzas del amortiguador que se conocen como resistencias hidráulicas.

³ <http://www.gabriel.com.mx>

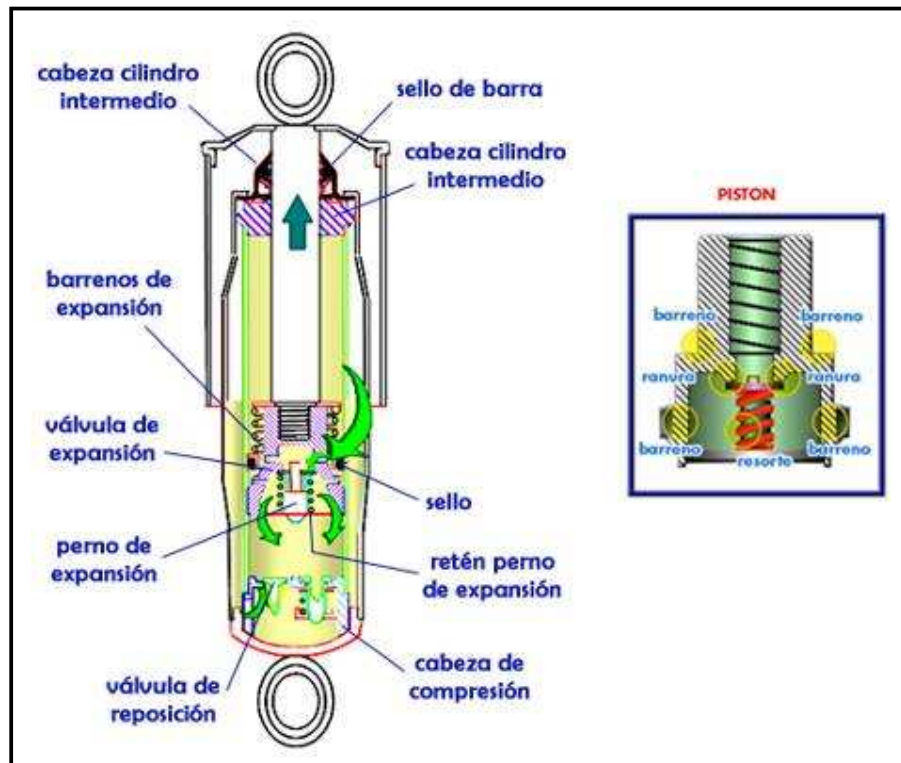


Figura N° 1.3.- Expansión del amortiguador (www.gabriel.com.mx).

○ **Compresión** (el amortiguador se cierra)

Para que el amortiguador se cierre, el pistón necesita bajar y esto solo se logra si el aceite que está en la parte inferior del pistón fluye a través de este. Para controlar el paso del aceite, están los barrenos ubicados en el cuerpo del pistón y las ranuras que se hacen (codificados) en la cabeza de compresión donde se ubica la válvula de reposición. Además de los barrenos y las ranuras, está también el resorte de compresión ubicado en la cabeza de compresión que mantiene la válvula controlada.

Como en la expansión, el trabajo de estos elementos, genera las fuerzas del amortiguador que se conocen como resistencias hidráulicas.

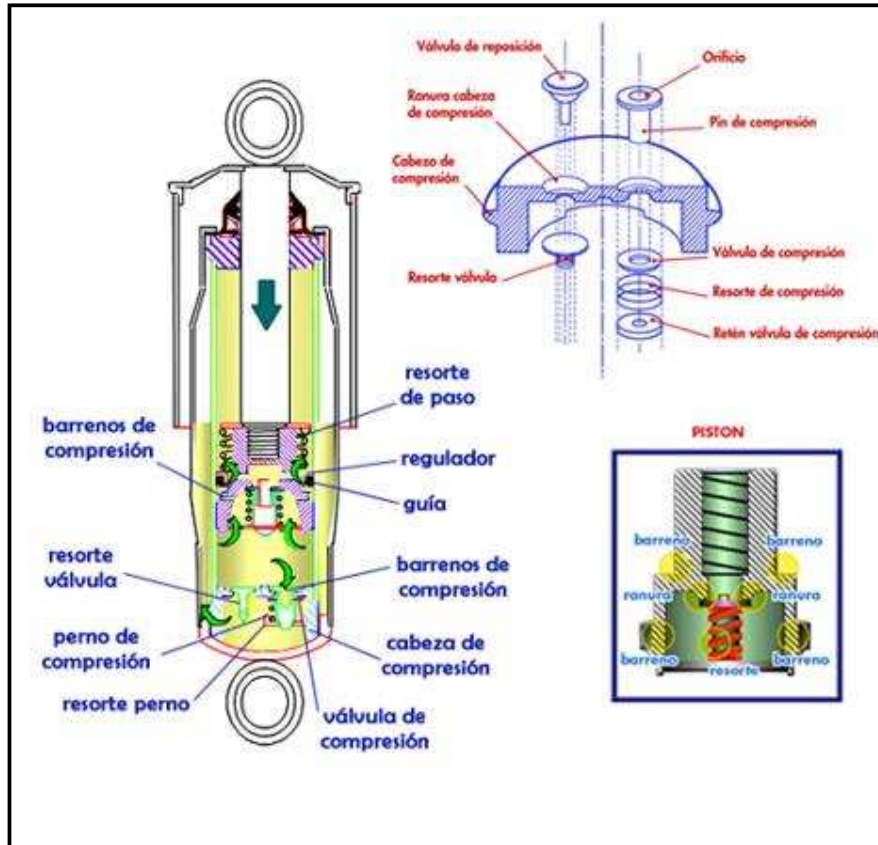


Figura N° 1.4.- Compresión del amortiguador (www.gabriel.com.mx).

1.1.1.3 Barras estabilizadoras

Al tomar las curvas con rapidez el coche se inclina, hacia el lado exterior, obligado por la fuerza centrífuga. Para contener esa tendencia a inclinarse se emplean los estabilizadores.

El tipo más común de barra es el que se encuentra en la suspensión delantera de los automóviles. Cuando el vehículo entra en una curva, la carrocería tiende a inclinarse hacia fuera. Esto provoca que las ruedas que van por la parte exterior de la curva sean sometidas a una mayor fuerza dinámica, que se traduce en un mayor peso sobre la suspensión. Inversamente, las ruedas internas se descargan. Por ello se puede observar una compresión de la suspensión del lado externo y una extensión por el lado interno. Este efecto puede llegar a hacer que alguna de las ruedas internas pierda el contacto con el pavimento.

La barra estabilizadora, al ser un componente elástico transfiere parte de la fuerza de extensión de la suspensión asociada a la rueda interna, hacia la rueda externa. Esto produce un efecto de endurecimiento de la suspensión asociada a la rueda externa, con la consiguiente disminución de la compresión que sufre y por ende una menor inclinación de la carrocería del vehículo⁴.

Al tomar las curvas con rapidez el coche se inclina, hacia el lado exterior, obligado por la fuerza centrífuga. Para contener esa tendencia a inclinarse se emplean los estabilizadores.

1.1.1.4 Neumáticos⁵

Los neumáticos son anillos hinchables que se colocan alrededor de la rueda, manteniendo un cojín de aire a más o menos presión entre el disco y el suelo. Su misión es la de proporcionar una buena superficie de contacto con el suelo y un elevado coeficiente de adherencia al mismo tiempo que absorben las pequeñas desigualdades del terreno, lo que constituye una ayuda al sistema de suspensión y representa una mayor comodidad para lo pasajeros.

Los neumáticos se componen de cubierta y cámara, pero existen en la actualidad neumáticos sin cámara. Constituyen el punto de apoyo para la transmisión de la fuerza del motor necesaria para que avance el vehículo y para la acción del frenado y, por ello, están sometidos a continuos esfuerzos en las aceleraciones, frenadas y curvas.

Se fabrican de caucho sintético en la mayor parte de los casos, aunque también se emplea el caucho natural obtenido del látex, que en un proceso de vulcanización se mezcla con azufre para hacerlo más resistente al desgaste.

A continuación se detallan las características que tiene un neumático mediante la información que se encuentra ubicada en la cara lateral del mismo.

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Barra_estabilizadora

⁵ J.M.Alonso, Técnicas del Automóvil, Pág. 340

1.1.1.4.1 Características.

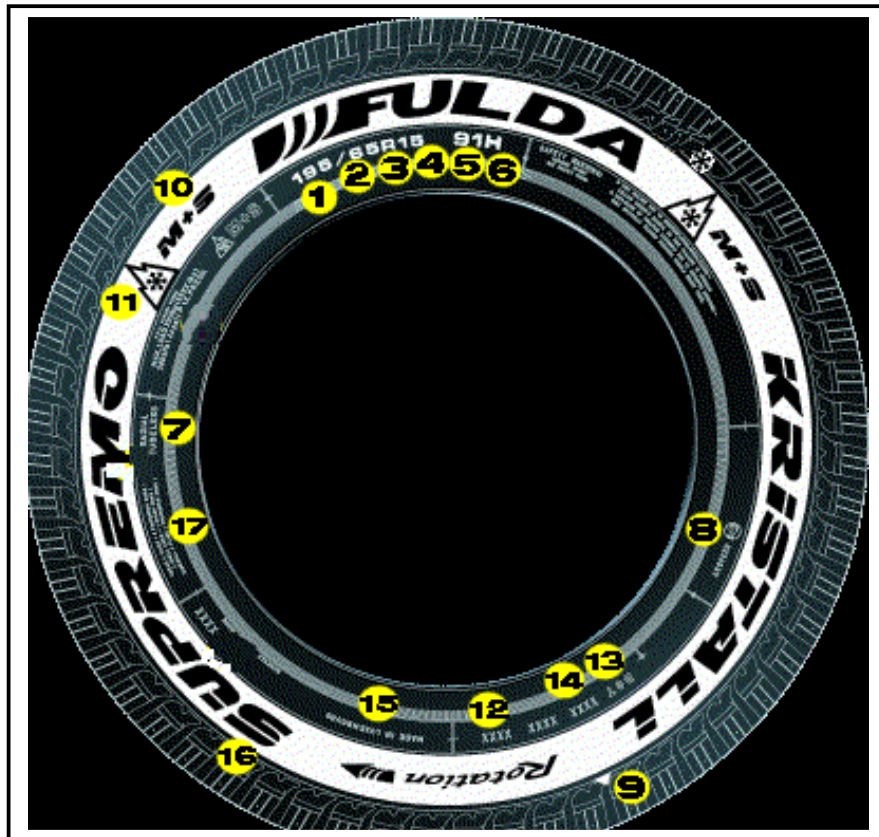


Figura N° 1.5.- Características de los neumáticos.

Una rueda esta definida por las dimensiones y características de su llanta como se muestra en la Figura 1.5⁶, y son las siguientes:

- 1.- Indica el ancho del neumático, expresado en milímetros.
- 2.- Expresa el perfil del neumático, en % respecto al ancho.
- 3.- Tipo de construcción. La "R" significa que es un neumático radial. Casi todos los modelos de hoy en día son radiales.
- 4.- Diámetro de la llanta, en pulgadas.
- 5.- Índice de carga. Expresa la capacidad de carga que puede aguantar un neumático. Está prohibido montar neumáticos con un índice de carga inferior a los homologados por el fabricante.

⁶ <http://www.arpem.com>

Ejemplos:

- 85: hasta 515 Kg.
- 86: hasta 530 Kg.
- 87: hasta 545 Kg.
- 88: hasta 560 Kg.
- 89: hasta 580 Kg.
- 90: hasta 600 Kg.
- 91: hasta 615 Kg.
- 92: hasta 630 Kg.
- 93: hasta 650 Kg.

6.- Velocidad Máxima. Por cada letra, se expresa la velocidad máxima a la que dicho neumático puede circular.

Ejemplos:

- T: hasta 190 Km./h
- H: hasta 210 Km./h
- V: hasta 240 Km./h
- W: hasta 270 Km./h
- Y: hasta 300 Km./h
- ZR: > 240 Km./h

7.- Neumático sin cámara.

8.- Número de autorización de la Unión Europea.

9.- Indicador del desgaste del neumático. Es de 1.6 milímetros, y cuando se llega a dicho nivel, es preciso cambiarlo para poder circular.

10.- Si es apto o no para determinadas prestaciones en condiciones adversas. Por ejemplo, M es para "barro", y S para "nieve".

11.- Si es apto para condiciones muy adversas de nieve.

12.- Fecha de fabricación. Expresada en semanas y años. Por ejemplo, 5107 indica que fue fabricado en la semana 51 del año 2007.

13.- Símbolo de homologación.

14.- Código que proporciona el fabricante al neumático.

15.- País en el que se ha fabricado el neumático.

16.- Denominación comercial que el fabricante le da al neumático. Por ejemplo, la marca Michelin llama a sus diferentes neumáticos como: "exalto", "primacy", "pilot"...

17.- Datos y características de la estructura de construcción del neumático.

1.1.1.5 Tipos de sistemas de suspensión

Todos los sistemas que se describen a continuación constan de unos elementos elásticos (ballestas, muelles helicoidales, barras de torsión o fuelles neumáticos), amortiguadores y barras estabilizadoras. Los diferentes tipos de suspensión pueden ser:

- Suspensión con eje rígido delantero.
- Suspensión con eje rígido trasero.
- Suspensión independiente delantera.
- Suspensión independiente trasera.
- Sistemas de suspensión neumática.
- Sistemas de suspensión hidroneumática.

1.2 ESTUDIO DE PLATAFORMAS Y REMOLQUES

1.2.1 PLATAFORMA

Una plataforma es un tablero horizontal, descubierto y elevado sobre el suelo, donde se colocan personas o cosas⁷.

Por extensión, ha ido adquiriendo nuevos significado. Entre ellos:

- En astronáutica, una plataforma de lanzamiento se utiliza para el despegue de naves espaciales.

⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/Plataforma>

- Una plataforma petrolífera es una estructura para la extracción de petróleo del subsuelo marino.
- En geología, la plataforma continental es la zona de poca profundidad cercana al continente.
- En informática y tecnología, plataforma se refiere al sistema operativo o a sistemas complejos que a su vez sirven para crear programas, como las plataformas de desarrollo.
- Un tipo de videojuegos, los Juegos de plataformas.
- En moda, plataforma o pasarela es el lugar por el que desfilan los modelos.
- También se llama así a un tipo de zapatos alzados.
- Un conjunto de personas agrupadas con una finalidad concreta.
- En deportes acuáticos, plataforma es una modalidad de saltos.
- En aviación, la plataforma es el espacio del aeropuerto donde estacionan las aeronaves.

Para el caso que compete a éste documento se define la plataforma como el elemento sobre el cual va ubicado el vehículo de competencia 4x4.

1.2.2 REMOLQUE

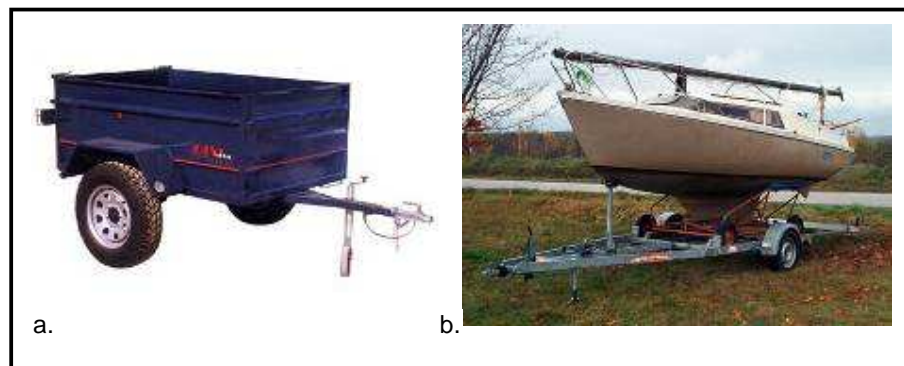


Figura N° 1.6 Ejemplos de tipos de remolque: a. Tipo cajón, b. Para botes.

El remolque, también conocido como acoplado o tráiler es un vehículo de carga no motorizado que consta como mínimo de chasis, ruedas, superficie de carga y, dependiendo de su peso y dimensiones, frenos propios. No se puede mover por sus propios medios sino que es arrastrado y dirigido por otro vehículo: desde

camiones-remolque específicos hasta motos y bicis, pasando por turismos o tractores.

La denominación inglesa trailer se suele utilizar en España como sinónimo de semirremolque, refiriéndose a los remolques arrastrados por un camión, apoyados en él.

Como ocultan o dificultan la visibilidad de la matrícula y las luces posteriores del vehículo tractor, el remolque debe llevar una copia de la matrícula (en algunos países llevan una matrícula propia) y un juego de luces que se activan con una conexión eléctrica al vehículo remolcador. A partir de cierto peso necesitan llevar un sistema de frenado propio.

Hay remolques específicos para transportar diferentes tipos de carga, como otros vehículos (bicicletas, motos, quads, motos de nieve, etc.), tiendas de campaña, animales, alimentos u otras sustancias⁸.

1.2.2.1 Conducción con remolque



Figura N° 1.7. (<http://motor.terra.es/ultimas-noticias-actualidad/articulo/claves-transportar-carga-vehiculo-37662.htm>)

La soltura que se tenga a la hora de conducir con un remolque es proporcional a la práctica que se tenga. Antes de hacer un viaje largo, se debe de practicar maniobras con el remolque, sobre todo al dirigirlo marcha atrás. El remolque suele

⁸ <http://es.wikipedia.org/wiki/Acoplado>

recular y es mucho más difícil de encarrilar respecto a las caravanas: hay que tomar en cuenta que al conducir marcha atrás rueda en sentido contrario al vehículo tractor.

Las frenadas son mucho más largas al circular con remolque, alargándose unos 6,1 metros si se circula a 80 km/h y cerca de 13 si se circula a 120 km/h. Esto implica que se debe mantener dentro de los límites de velocidad para cada tipo de vía y en función del remolque que se lleve enganchado al vehículo.

En general, a la hora de frenar, se debe hacer uso del cambio mucho más que en condiciones normales. Hay que anticiparse en mayor medida al reducir de marcha en cualquier pendiente (los remolques ligeros no suelen tener freno de inercia, por lo que se hace más difícil esta maniobra). Así mismo, la recuperación y la aceleración son más lentas; aunque estos factores inciden menos respecto a la seguridad.⁹

Adelantar también es más complicado, no sólo por el peso mayor que debe arrastrar el vehículo, sino porque es mucho más largo. Los adelantamientos serán de mayor duración. Es muy importante tener presente en todo momento que el vehículo tiene más longitud y se debe asegurar de que se ha sobrepasado totalmente al vehículo adelantado antes de cambiarse nuevamente al carril inicial.

Como no podía ser de otra manera, el principal enemigo de la carga, el viento, afecta mucho cuando se lleva el remolque, principalmente si el coche no es muy pesado. Es esencial que se reparta equilibradamente el peso en el remolque para reducir en lo posible el impacto del aire.

⁹ <http://motor.terra.es/ultimas-noticias-actualidad/articulo/claves-transportar-carga-vehiculo-37662.htm>

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una plataforma remolque con suspensión modificada para el transporte de vehículos de competencia 4x4.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mejorar las condiciones de transporte de vehículos de competencia 4x4 y de esta manera lograr que los mismos lleguen en condiciones óptimas a los lugares donde se encuentran situadas las pistas de competencia.
- Realizar el diseño estructural de la plataforma para el transporte de los vehículos.
- Realizar el diseño de la suspensión que mejor se adapte a las condiciones del terreno por el cual se va a desplazar la plataforma.

1.4 ALCANCE

- Se recopilará información de los requerimientos o necesidades de los propietarios de vehículos de competencias 4x4.
- Se realizará un estudio de campo sobre las condiciones actuales en las que se transportan vehículos de competencias 4x4.
- Se diseñará el sistema de suspensión de manera que garantice que la plataforma en su conjunto sufra lo menos posible de esfuerzos que la puedan dañar, tanto en su parte estructural como también en la parte de los dispositivos o sistemas de desplazamiento en un período corto de vida útil.
- Se seleccionarán los materiales más apropiados para el diseño, de manera que la plataforma sea segura, resistente, ligera y económica.
- Se investigará la mejor opción en cuanto a que vehículo podrá remolcar la plataforma sin presentar inconvenientes.

CAPITULO 2

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el presente proyecto se va a diseñar y construir una plataforma – remolque que sirve para el transporte de un vehículo de competencias 4x4 a las diferentes pistas de obstáculos de extrema competencia ubicadas en diferentes poblaciones del país.

La metodología aplicada para definir el problema exige establecer una condición inicial del proyecto a ser desarrollado y una situación final del mismo. La solución del problema consiste en pasar de la situación inicial a la situación final mediante el empleo del mecanismo a diseñar.

2.1.1 SITUACIÓN INICIAL

Como situación inicial se tiene que el vehículo a ser transportado (vehículo Suzuki de doble transmisión 4x4) es de propiedad de uno de los estudiantes que propone el tema el cual va a financiar el proyecto, por otra parte la Escuela Politécnica Nacional por intermedio de la Facultad de Ingeniería Mecánica propone y adjudica el desarrollo del proyecto a dos estudiantes de la Carrera.

2.1.2 SITUACIÓN FINAL

Como situación final se tiene que el vehículo a ser remolcado (vehículo Suzuki de doble transmisión 4x4) es transportado sobre la estructura de la plataforma a la pista de obstáculos llegando al lugar en óptimas condiciones para la competencia.

2.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FUNCIONALES Y PARAMETROS DE DISEÑO

2.2.1 PARAMETROS FUNCIONALES

Los parámetros funcionales principales para el diseño de la plataforma remolque son:

- Capacidad: 1500 Kg.
- Accionamiento Manual.
- Voltaje 12 v
- Dimensiones (l, w) (2.90 x 1.70) m.

2.2.1.1 Capacidad

La capacidad es el peso del vehículo 4x4 que va a soportar la plataforma remolque para el transporte, que según las especificaciones técnicas del vehículo Suzuki SJ-413¹⁰ que se observa en la figura N° 2.1 es de 950 kg. Con el fin de optimizar la capacidad del remolque debido a que luego de una competencia el vehículo aumenta su peso por la presencia de lodo que se encuentra adherido al mismo, se lo puede también utilizar con otros tipos de vehículos de competencia de mayor peso, por lo señalado anteriormente la capacidad a la que se va a diseñar es de 1500 Kg.

¹⁰ <http://3.bp.blogspot.com>

SUZUKI SANTANA SJ 413	
<p>MOTOR: POSICION: Delantero. CILINDROS: 4 en línea. CILINDRADA: 1.324 c.c. ARBOL DE LEVAS: En cabeza. ALIMENTACION: Carburador doble cuerpo. POTENCIA: 63 CV DIN. PAR MAXIMO: 10.2 kgm. a 3.500 r.p.m.</p> <p>TRANSMISION: TIPO DE TRACCION: Total. CAMBIO: 5 velocidades. EMBRAGUE: Diafragma, mando mecánico. TRANSFER: Monomando 4 posiciones 2 H; 4 H, neutral y 4 L.</p> <p>SUSPENSION: DELANTERA: Ballestas parabólicas + amortiguadores de gas. TRASERA: Ballestas parabólicas + amortiguadores de gas.</p>	<p>FRENOS: DELANTEROS: Disco. TRASEROS: Tambor. ASISTENCIAS: No. FRENO DE MANO: Sobre la transmisión.</p> <p>DIRECCION: TIPO: Tuerca esférica. DIAMETRO DE GIRO: 9,8 m. ASISTENCIAS: No. LLANTAS: Chapa estampada. NEUMATICOS: 195 SR 15.</p> <p>COTAS T.T.: ANGULO DE ATAQUE: 48°. ANGULO DE SALIDA: 30°. ALTURA LIBRE: 24 cm. PESO: Techo alto, 950 kg/Hard top, 930 kg/Lona, 910 kg.</p>

Figura N° 2.1.- Especificaciones Suzuki SJ-413.

2.2.1.2 Accionamiento

El accionamiento va dirigido a la plataforma remolque en el sentido de que debe tener un mecanismo de apoyo y elevación el cual va a ser manipulado directamente por el usuario ya sea que el mecanismo sea mecánico, hidráulico ó semiautomático.

2.2.1.3 Voltaje

De acuerdo a las leyes de transito que se rigen para el Ecuador todo tipo de plataforma debe tener instalada un sistema de advertencia, el mismo que debe constar de luces direccionales, guías, frenos y retro las cuales deben ser alimentadas por el voltaje que disponga el vehiculo remolcador que en este caso lo más común es encontrar en estos casos un voltaje de 12 v.

2.2.1.4 Dimensiones

Las dimensiones (largo, ancho) se las determina en función de las especificaciones dimensionales del vehículo a ser transportado aclarando que pueden ser modificadas debido al tipo de suspensión y conjugado de arrastre que se le instale a la plataforma remolque.

2.2.2 AMBIENTE DE TRABAJO

2.2.2.1 Características Medio Ambientales

Las condiciones en las cuales va a ser utilizada la plataforma remolque siempre son a la intemperie, y pueden variar según el sector en el que se encuentre ubicada la pista de competencias que puede ser:

Tabla N° 2.1.- Características Medio Ambientales.

	Temp. Min. [°C]	Temp. Máx [°C]	Humedad [%]
Costa	20	32	40 – 98
Sierra	9	24	55 – 89
Oriente	19	35	59 – 98

Fuente: INAMHI¹¹

Elaboración: Propia

Por lo tanto esta sujeta a un ambiente corrosivo, con una humedad promedio de 80% y una temperatura que oscila entre los 5°C y los 35°C.

¹¹ <http://www.inamhi.gov.ec/swf/mapaciudades.swf>

2.2.2.1 Características del suelo de la pista de competencia

De acuerdo al lugar en que se encuentre ubicada la pista de competencia dependiendo como en el apartado anterior del sector, el suelo cambia de características en cuanto a su composición de acuerdo a los minerales que estén contenidos en el mismo que pueden ser: arena muy gruesa (> 2 mm), arena gruesa (1 - 0,5mm), arena fina (0,25 - 0,10 mm), limo (0,05 - 0,02 mm) y arcilla ($< 0,02$ mm).

Por lo tanto la plataforma remolque esta sujeta a una abrasión continua debido a que el lodo contiene material particulado abrasivo.

2.2.3 VIDA ÚTIL DE LA PLATAFORMA REMOLQUE

La vida útil de la plataforma remolque se basa en el desempeño que tengan cada uno de los mecanismos y componentes, en especial aquellos que están sometidos a los efectos abrasivos y corrosivos del material que están expuestos al medioambiente.

De esta forma la vida útil para la máquina se la puede cuantificar de la siguiente forma:

Por el tiempo de uso: Por las condiciones de uso, la vida útil estimada de la plataforma remolque es de 10 años.

2.2.4 COSTOS DE FABRICACIÓN DE LA PLATAFORMA REMOLQUE

En forma resumida los costos a tomar en cuenta para el costo total final de la plataforma remolque son entre otros: materiales, accesorios, mano de obra, montaje y pruebas, diseño; que pueden llegar a tener un costo total máximo de \$ 3500 dólares de los Estados Unidos de Norteamérica.

2.2.5 TRANSPORTABILIDAD

La transportabilidad es un parámetro muy importante dentro del diseño ya que este tipo de estructura debe ser capaz de recorrer largas distancias sin tener ningún tipo de inconvenientes en el trayecto, ya sea inestabilidad o excesivas vibraciones producidas por la superficie por la cual estará transitando.

También es necesario un mecanismo que permita el acople y desacople rápido de la plataforma al vehículo remolcador.

2.2.6 APARIENCIA

Por ser un equipo que va a estar expuesto a la vista pública es necesario que se le proporcione de acabados y aditamentos que mejoren su apariencia estética como pinturas antioxidantes y pinturas de acabados, accesorios tales como faros luminosos acorde a la forma de la plataforma, entre otros.

2.2.7 CORROSIÓN

La corrosión se caracteriza por la presencia del oxígeno en exceso y estando presente la humedad sólo durante una cierta parte del tiempo. El metal está alternativamente mojado y seco, sometido a la acción de la luz del sol y la variabilidad del tiempo. Aproximadamente el 80% del acero que está en uso en la actualidad está sometido a corrosión. Las variables que controlan esta acción son: la proporción del tiempo en que la superficie está mojada, la composición química del aire en contacto con la superficie del metal y la composición del metal.

Los factores de control son la concentración de oxígeno, la concentración de iones-hidrógeno, la composición del agua, velocidad de movimiento, temperatura y el recubrimiento de óxido protector.

2.2.7.1 Tipos de Corrosión

Los tipos de corrosión se pueden clasificar de la siguiente manera:

2.2.7.1.1 General o Uniforme

Es aquella corrosión que se produce con el adelgazamiento uniforme producto de la pérdida regular del metal superficial.

De todas las formas de corrosión, la corrosión Atmosférica es la que produce mayor cantidad de daños en el material y en mayor proporción. La severidad de esta clase de corrosión se incrementa cuando la sal, los compuestos de sulfuro, la humedad y otros agentes o contaminantes atmosféricos están presentes. Para hablar de esta clase de corrosión se la divide según ambientes.

Los ambientes atmosféricos son los siguientes:

Industriales: Son los que contienen compuestos sulfurosos, nitrosos y otros agentes ácidos que pueden promover la corrosión de los metales. En adición, los ambientes industriales contienen una gran cantidad de partículas aerotransportadas, lo que produce un aumento en la corrosión.

Marinos: Esta clase de ambientes se caracterizan por la presencia de clorhidro, un ión particularmente perjudicial que favorece la corrosión de muchos sistemas metálicos.

Rurales: En estos ambientes se produce la menor clase de corrosión atmosférica, caracterizada por bajos niveles de compuestos ácidos y otros compuestos agresivos.

2.2.7.1.2 Galvánica

La corrosión Galvánica es una de las más comunes que se pueden encontrar. Es una forma de corrosión acelerada que puede ocurrir cuando metales distintos (con

distinto par redox) se unen eléctricamente en presencia de un electrolito (por ejemplo, una solución conductiva).

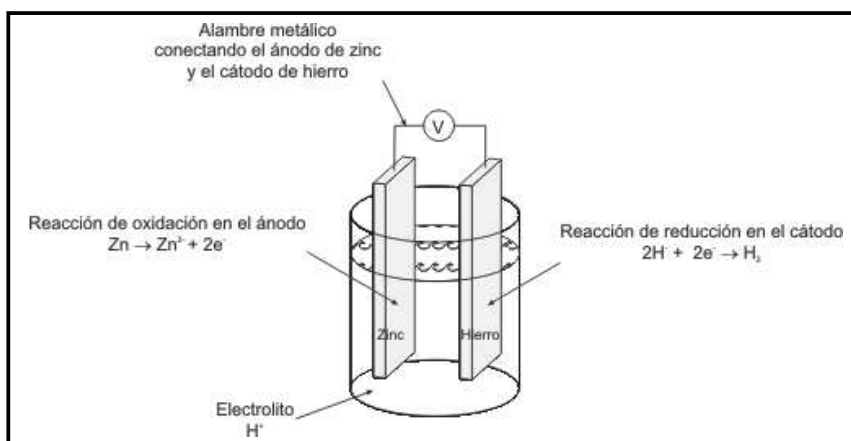


Figura N° 2.2.- Corrosión Galvánica (www.textoscientificos.com/quimica/corrosion/proteccion)

Esta forma de corrosión es la que producen las Celdas Galvánicas. Cuando la reacción de oxidación del ánodo se va produciendo se van desprendiendo electrones de la superficie del metal que actúa como el polo negativo de la pila (el ánodo) y así se va produciendo el desprendimiento paulatino de material desde la superficie del metal.

2.2.7.2 Control de la corrosión

2.2.7.2.1 Protección catódica

Ocurre cuando un metal es forzado a ser el cátodo de la celda corrosiva adhiriéndole (acoplándolo o recubriéndolo) de un metal que se corroe más fácilmente que él, de forma tal que esa capa recubridora de metal se corroe antes que el metal que está siendo protegido y así se evite la reacción corrosiva. “Una forma conocida de Protección Catódica es la GALVANIZACIÓN, que consiste en cubrir un metal con Zinc para que éste se corra primero. Lo que se hace es convertir al Zinc en un ánodo de sacrificio, porque él ha de corroerse antes que la pieza metálica protegida.¹²

¹² <http://www.textoscientificos.com/quimica/corrosion/proteccion>

2.2.7.2.2 Protección anódica

Es un método similar a la protección catódica, consiste en recubrir el metal con una fina capa de óxido para que no se corra. Existen metales como el Aluminio que al contacto con el aire son capaces de generar espontáneamente esta capa de óxido y por lo tanto, se hacen resistentes a la corrosión. Aún así, la capa de óxido que recubre al metal no puede ser cualquiera, tiene que ser adherente y muy firme, ya que de lo contrario no serviría para nada. Por ejemplo, el óxido de hierro no es capaz de proteger al hierro, porque no se adquiere a él en la forma requerida.

2.2.7.2.3 Selección de materiales

La selección de los materiales que se va a usar es un factor decisivo en el control de la corrosión a continuación se enunciarán algunas reglas generales para la selección de materiales:

- Para condiciones no oxidantes o reductoras tales como ácidos y soluciones acuosas libres de aire, se utilizan frecuentemente aleaciones de Ni y Cr.
- Para condiciones oxidantes se usan aleaciones que contengan Cr.
- Para condiciones altamente oxidantes se aconseja la utilización de Ti
- Los elementos cerámicos poseen buena resistencia a la corrosión y a las altas temperaturas pero son quebradizos, su utilización se restringe a procesos que no incluyan riesgos.

2.2.7.2.4 Recubrimientos

a. Recubrimientos metálicos

Los recubrimientos se aplican mediante capas finas que separen el ambiente corrosivo del metal, es decir que puedan servir como ánodos sacrificables que puedan ser corroídos en lugar del metal subyacente. Un recubrimiento continuo de zinc y estaño aísla el acero respecto al electrolito. A veces se presentan fallas

con estos metales, cuando el riesgo de corrosión es muy elevado se recomienda hacer un recubrimiento con Alclad.

El Alclad es un producto forjado, compuesto formado por un núcleo de una aleación de aluminio y que tiene en una o dos superficies un recubrimiento de aluminio o aleación de aluminio que es anódico al núcleo y por lo tanto protege electroquímicamente al núcleo contra la corrosión.

b. Recubrimientos inorgánicos

En algunos casos es necesario hacer recubrimientos con material inorgánico, los más usados son el vidrio y los cerámicos, estos recubrimientos proporcionan acabados tersos y duraderos. Aunque si se expone un pequeño lugar anódico se experimenta una corrosión rápida pero fácil de localizar.

c. Recubrimientos orgánicos

El uso de pinturas, lacas, barnices y muchos materiales orgánicos poliméricos han dado muy buen resultado como protección contra la corrosión. Estos materiales proveen barreras finas tenaces y duraderas para proteger el sustrato metálico de medios corrosivos. El uso de capas orgánicas protege más el metal de la corrosión que muchos otros métodos. Aunque debe escogerse muy bien, ya que hay procesos que incluyen tratamientos con alcoholes que en algún momento pueden disolver los materiales orgánicos.

2.2.7.2.5 *Diseño*

Este quizá es el método más efectivo para el control de la corrosión, ya que si se hace un buen diseño y una buena planeación se puede evitar dicho fenómeno; a continuación se enumeraran algunas reglas generales que se deben seguir:

- Se debe tener en cuenta la acción penetrante de la corrosión junto con los requerimientos de la fuerza mecánica cuando se considere el espesor del

metal utilizado. Son preferibles los recipientes soldados que los remachados para reducir la corrosión por grieta

- Se deben usar preferiblemente metales galvánicamente similares para prevenir la corrosión galvánica. Si se atornillan metales no similares galvánicamente se deben usar arandelas no metálicas para eliminar contactos eléctricos entre los materiales.
- Es preciso evitar tensión excesiva y concentraciones de tensión en entornos corrosivos, para prevenir la ruptura por corrosión por esfuerzos, especialmente en aceros inoxidable, latones y otros materiales susceptibles a este tipo de corrosión.
- Se deben evitar recodos agudos en sistemas de tuberías por donde circulan fluidos. En estas áreas donde cambia la dirección del fluido bruscamente se potencia la corrosión por erosión.
- Se deben diseñar los tanques y recipientes de una manera que sean fáciles de limpiar y desaguar, ya que el estancamiento de sustancias corrosivas provoca la aparición de celdas por concentración.
- Se debe hacer un diseño eficiente de aquellas piezas que se espera queden inservibles en poco tiempo, para que sean fáciles de reemplazar.
- Es importante también diseñar sistemas de calefacción que no den lugar a zonas puntuales calientes, los cambios de calor ocasionan corrosión.

2.2.8 MATERIALES

Debido a las condiciones de funcionamiento los materiales básicos a utilizar para el diseño de la plataforma remolque son:

- **Acero ASTM A-36.-** Acero estructural de 36 Kpsi mínimo de límite elástico y de 58 – 80 Kpsi de resistencia a la tensión.¹³
- **Acero galvanizado.-** La duración de la protección que proporcionan los recubrimientos galvanizados frente a la corrosión atmosférica es extremadamente alta y depende de las condiciones climatológicas del lugar

¹³ http://www.ahmsa.com/Acero/productos/perfil_e/Prod_perfil_e_ASTM.htm

y de la presencia en la atmósfera de contaminantes agresivos, como son los óxidos de azufre (originados por actividades urbanas o industriales) y los cloruros (normalmente presentes en las zonas tropicales).¹⁴

- **Acero inoxidable.-** Su resistencia a la corrosión, sus propiedades higiénicas y sus propiedades estéticas hacen del acero inoxidable un material muy atractivo para satisfacer diversos tipos de demandas, como lo es la industria Alimenticia.¹⁵

2.2.9 LIMPIEZA DE LA PLATAFORMA REMOLQUE

El método de limpieza de la plataforma remolque es sencillo pues para realizar el mismo tan solo se necesita agua a presión para retirar los residuos de lodo y tierra que pudieran estar impregnados sobre la superficie de las partes tanto fijas como móviles que constituyen la plataforma remolque y de ser necesario utilizar un poco de agentes detergentes, en el caso de que se hayan depositado agentes grasos sobre la misma.

2.2.10 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES

En este punto se analiza la viabilidad de carácter técnico, es decir que posibilidades existen de construir lo que se está proponiendo.

2.2.10.1 Materiales a utilizar

Por las condiciones de funcionamiento y el ambiente de trabajo, para la construcción de la plataforma remolque es necesario seleccionar materiales, los cuales sean resistentes principalmente a efectos corrosivos y abrasivos de las condiciones medioambientales.

¹⁴ <http://www.atcg.es/Propiedades.htm>

¹⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_inoxidable

2.2.10.2 Peso de la plataforma remolque

Para realizar un transporte eficiente del vehículo de competencia 4x4 hacia el sitio en el que se encuentre ubicada la pista de carreras, se debe considerar algunos factores, como por ejemplo:

- El vehículo que va a remolcar la plataforma debe cumplir con los requerimientos básicos, de manera que no sufra daños en su estructura mecánica.
- El estado de las vías de acceso al sector de pits en algunas ocasiones presenta inconvenientes en cuanto a que la consistencia del suelo no es compacta, motivo por el cual se forman surcos profundos en los sitios por los que transitan tanto los vehículos de abasto, vehículos de competencia y remolques.

Por lo señalado anteriormente el peso de la plataforma debe ser bajo, alrededor de 350 kg, para que sumado al peso del vehículo que esta siendo transportado no ocasione problemas al vehículo remolcador, ni tampoco tenga problemas al transitar por suelos no compactados.

2.2.10.3 Costo máximo

La plataforma remolque debe tener un costo asequible para los propietarios de vehículos de competencia 4x4, para de esta manera poder ser comercializada fácilmente, pudiendo llegar tener un costo de \$ 3500.

2.2.10.4 Facilidad de operación y mantenimiento

Por ser un mecanismo que permite el transporte de vehículos de competencia 4x4, su diseño debe brindar al usuario la facilidad y seguridad de cargar y descargar el vehículo. De la misma forma el mantenimiento debe ser sencillo y las herramientas a ser utilizadas en el mismo deben ser básicas.

2.3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

En la actualidad el transporte de vehículos de competencia 4x4 se lo realiza de muchas formas, entre las cuales se puede citar las siguientes:

- Colocando un gancho de tiro en la parte frontal del vehículo de competencia y luego acoplándolo a un vehículo para remolcarlo, lo que en ocasiones es un método sencillo, pero puede presentar inconvenientes cuando el vehículo de competencias sufre daños severos en la transmisión o en algún otro sistema de rodaje, por lo que el remolque del mismo por este método se vuelve complicado e inadecuado. Este método se describe en la figura N° 2.3.



Figura N° 2.3.- Métodos de transporte de vehículos de competencia 4x4 usando un gancho de tiro.

- Contratando vehículos de carga que puedan transportar el o los vehículos de un club de 4x4; esto implica un costo de transporte que en ocasiones el propietario del vehículo no puede cubrir. Por otro lado al momento de cargar o descargar el vehículo se deben buscar sitios elevados, utilizar rampas, e incluso maquinaria pesada mediante acople de cadenas al vehículo de competencias, lo que representa un riesgo tanto para las

personas que intervienen en la labor de carga o descarga, como para el vehículo. Este método se describe en la figura N° 2.4.



Figura N° 2.4.- Método de transporte de vehículos de competencia 4x4 usando un vehículo de carga.

- Transportando en plataformas remolque que son acoplados a un vehículo adecuado para el efecto, lo que representa una alternativa sencilla y reduce el costo de transporte. También al momento de realizar la carga o descarga del vehículo de competencias se lo hace sin mayor complicación cuando la plataforma cuenta con rampas. Este método se describe en la figura N° 2.5.



Figura N° 2.5.- Método de transporte de vehículos de competencia 4x4 usando una plataforma remolque.

2.3.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Existen varios mecanismos de remolques para la transportación de vehículos de competencia. Los más utilizados por los propietarios de estos tipos de vehículos para el transporte individual son:

1. Remolque de un eje con plataforma y rampas largas.
2. Remolque de un eje con plataforma tipo riel basculante.
3. Remolque de doble eje con plataforma y apoyo mecánico.

2.3.1.1 Alternativa No. 1: Remolque de un eje con plataforma y rampas largas

Como su nombre lo indica este tipo de remolque asienta su centro de gravedad en un solo eje limitando su carga a vehículos pequeños, debido a su estructura y simple diseño se necesita de rampas largas para poder subir el vehículo a su plataforma. Ver la figura N° 2.6.



Figura N° 2.6.- Remolque de un eje con plataforma y rampas largas.

Ventajas.

- Debido a su tamaño su costo no es muy alto.
- Su peso no es muy considerable.

Desventajas.

- Se limita a cargar solo vehículos con un peso máximo de 450 kg.
- Las rampas se deben alinear y apoyar correctamente a la plataforma para subir al vehículo 4x4.
- Ya que posee un solo eje el sistema de remolque debe ser muy seguro en cuanto a su enganche.

2.3.1.2 Alternativa No. 2: Remolque de un eje con plataforma tipo riel basculante

Este tipo de remolque también asienta el centro de gravedad de su estructura en un eje pero optimiza su uso debido a que su diseño varía en cuanto a la forma de su piso ya que a diferencia del anterior este remolque tiene rieles solo para que las llantas asienten el peso del vehículo a ser transportado. Figura N° 2.7.

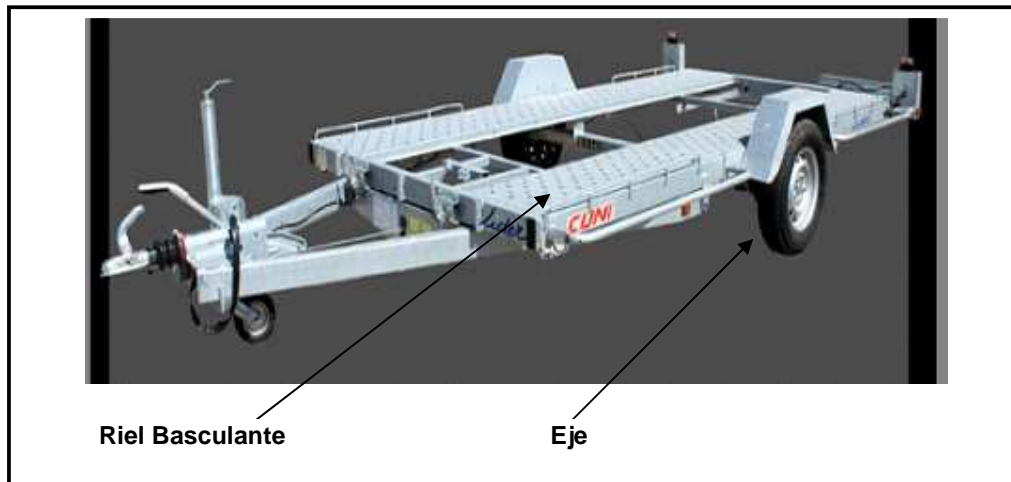


Figura N° 2.7.- Remolque de un eje con plataforma tipo riel basculante.

Ventajas.

- Debido a su tamaño su costo no es muy alto.
- Ya que dispone de un solo eje puede bascular sobre su eje de rodamiento.
- Posee un mecanismo que ayuda a la plataforma a bascular sobre el eje.
- Por la forma que tiene disminuye su peso total.
- A parte de vehículos se puede transportar también motos.

Desventajas.

- Se limita a cargar vehículos con un peso máximo de 700 kg.
- No posee rampas lo que hace un poco difícil la carga de vehículos.
- Al igual que el anterior debe poseer un mecanismo que asegure la plataforma a su base para evitar que bascule sobre su eje.

2.3.1.3 Alternativa No. 3: Remolque de doble eje con plataforma y apoyo mecánico

Este tipo de remolque asienta el centro de gravedad de su estructura en dos ejes su uso se optimiza debido a que al poseer doble eje puede soportar cargas mayores, la estructura de la plataforma es idéntica al del remolque con plataforma

tipo riel, el mecanismo para elevar y bajar la plataforma es de accionamiento mecánico en el caso. Figura N° 2.8.



Figura N° 2.8.- Remolque de doble eje con plataforma y apoyo mecánico.

Ventajas.

- No necesita rampas largas para subir el vehículo a su plataforma.
- Tiene la capacidad de soportar pesos hasta 1700 kg. por poseer doble eje.
- Posee un mecanismo manual de apoyo para estacionamiento.
- El remolque se vuelve más estable para su transporte.

Desventajas.

- Su costo se eleva por el aumento de nuevos aditamentos.
- El peso del remolque aumenta por la adición de un nuevo eje.

2.3.2 PARTES QUE CONFORMAN LA PLATAFORMA REMOLQUE

Las personas que están a cargo del mantenimiento deben conocer la función de cada elemento, para corregir los defectos y los puntos más críticos que influyen en el perfecto funcionamiento del conjunto. El usuario debe estar apto para realizar las reparaciones de la plataforma remolque cuando sea necesario, y para reponer las piezas dañadas correctamente y con rapidez. Los conocimientos y

perspicacia del usuario son muy importantes para permitir el perfecto funcionamiento del conjunto, para que no existan inconvenientes en su traslado. En general, la mayoría de plataformas remolques constan de las siguientes partes básicas:

- Conjugado de arrastre.
- Sistema de suspensión.
- Plataforma.

2.3.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

2.3.3.1 Método de selección

Para la selección de la alternativa que mejor se ajuste a nuestras expectativas en cuanto al transporte de vehículos de competencia 4x4 al lugar donde se encuentren las pistas se utilizara el método de los factores, debido a que se puede listar muchos aspectos fundamentales y técnicos que a larga podrán ser quienes califiquen las alternativas más idóneas para la toma de decisiones.

Para el uso de la técnica elegida se deben detallar algunas características importantes, que se describen a continuación.

- Se debe crear una matriz de calificación en la que se debe enlistar todas las alternativas posibles, así como los factores (X) que se desea calificar, tal como se muestra en la tabla No. 2.2.

Tabla N° 2.2.- Matriz de calificación de factores.

Factores Alternativas	X ₁	X ₂	X ₃	X _j
	Alternativa 1	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃
Alternativa 2	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C _{2j}
Alternativa 3	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C _{3j}
.....	
Alternativa n	C _{n1}	C _{n2}	C _{n3}	C _{nj}

- Se debe asignar un porcentaje de valor a cada factor y cuya suma de porcentajes debe ser igual a 100%. Cabe destacar que el valor en porcentaje dado a cada valor debe estar relacionado con la importancia que tiene dicho factor.
- Se procede a dar un valor con una calificación (C), a cada alternativa.
- Para obtener la calificación final de cada alternativa se utiliza la siguiente fórmula:

$$C = \frac{C_{n1} * X_1}{100} + \frac{C_{n2} * X_2}{100} + \dots + \frac{C_{nj} * X_j}{100} \quad \text{Ec. [2.1]}$$

- Finalmente se escoge la alternativa que tenga la mayor calificación.

2.3.3.2 Determinación del peso para cada parámetro

Para utilizar el método descrito con anterioridad se enfatiza los parámetros con mayor relevancia que van a entrar en la matriz de decisión y a cada uno se les va a dar un porcentaje de importancia, luego se les ubicará en la matriz desde el mayor a menor porcentaje. Los parámetros que entran al estudio son los siguientes.

1. Capacidad,
2. Ambiente de trabajo,
3. Vida útil,

4. Costos de Fabricación,
5. Transportabilidad,
6. Apariencia,
7. Materiales
8. Limpieza del Conjunto
9. Facilidad de operación y mantenimiento.

Cabe destacar que el orden anterior anotado no influye en nada en la determinación del peso que se le de a cada parámetro, el orden más bien se lo priorizará en la matriz de toma de decisiones.

2.3.3.2.1 Capacidad

Debido a que la plataforma remolque tiene que ser construida para soportar un vehículo de peso y dimensiones considerables para su transporte se escoge un nivel de importancia del **40 %**.

2.3.3.2.2 Ambiente de trabajo

Cualquier tipo de plataforma remolque que vaya a ser diseñada y construida va estar sometida a los mismos tipos de ambientes de trabajo por lo que su importancia disminuye y se lo asigna un porcentaje del **3%**.

2.3.3.2.3 Vida útil

De acuerdo al estudio que se realiza para este tipo de conjuntos, la vida útil se lo maneja de igual manera para cualquier conjunto que sea similar al remolque que se esta diseñando por lo que se le da un valor de importancia del **4%**.

2.3.3.2.4 Costos de fabricación

En la mayoría de los proyectos es necesario escoger la alternativa que represente una inversión rentable y reporte un mayor beneficio, razón por lo cual el nivel de importancia va ha ser del **20%**.

2.3.3.2.5 Transportabilidad

Es un factor importante ya que si se habla de transportabilidad se esta refiriendo a la facilidad que se tenga en cuanto a estabilidad, comodidad y facilidad de remolque por lo que se le asigna un porcentaje de importancia del **10%**.

2.3.3.2.6 Apariencia

La apariencia se lo define en este caso como la forma final estética que tome la plataforma remolque, que para una construcción y posterior comercialización debe ser, a parte de funcional, única, de manera que distinga el buen gusto del propietario, razón por la cual se le da un nivel de importancia del **10%**.

2.3.3.2.7 Materiales

La mayoría de plataformas remolques utilizan materiales semejantes para su construcción, debido a que son fáciles de conseguir en cualquier mercado local, por lo que se la da un nivel de importancia del **4%**.

2.3.3.2.8 Limpieza

La limpieza de la plataforma remolque es fundamental si se quiere garantizar que la misma tenga larga vida, y no se destruya fácilmente por agentes externos como la corrosión, debido a esto se le asigna un nivel de importancia del **4%**.

2.3.3.2.9 Facilidad de operación y mantenimiento

La facilidad que presente la plataforma remolque para su operación garantiza de alguna forma la satisfacción del usuario y la facilidad de mantenimiento de igual manera, razón por la cual se la asigna un nivel importancia del **5%**.

2.3.3.3 Decisión de la alternativa para la plataforma remolque

Antes de crear la matriz de decisión con todas las alternativas y decisiones, se va a ordenar los factores según el nivel de importancia, escogido de mayor a menor para cada parámetro, como se muestra en la tabla No. 2.3.

Tabla N° 2.3.- Nivel de importancia y características de los factores de decisión.

Factores	Descripción del factor	Nivel de Importancia (%)
X₁	Capacidad	40
X₂	Costo de fabricación	20
X₃	Transportabilidad	10
X₄	Apariencia	10
X₅	Facilidad de operación y mantenimiento	5
X₆	Vida útil	4
X₇	Materiales	4
X₈	Limpieza	4
X₉	Ambiente de trabajo	3
TOTAL		100

2.3.3.4 Evaluación de los factores

A cada factor se le dará una calificación del 1 al 10 dependiendo la característica que contenga en base a los siguientes criterios.

2.3.3.4.1 Capacidad de peso de vehículo a transportar

Tabla N° 2.4.- Capacidad de peso de vehículo a transportar.

Peso: 40%

Categoría	Evaluación sobre diez
Ideal	10
Mayor Capacidad	9
Buena Capacidad	6-8
Mediana Capacidad	3-5
Baja Capacidad	1-2

2.3.3.4.2 Costo de fabricación

Tabla N° 2.5.- Costo de fabricación.

Peso: 20%

Categoría	Evaluación sobre diez
Costo Ideal	10
Costo bajo	9
Costo medio	7-8
Costo alto	6
Costo elevado	1-5

2.3.3.4.3 Transportabilidad

Tabla N° 2.6.- Transportabilidad.

Peso: 10%

Categoría	Evaluación sobre diez
Ideal	10
Poco complicada	9
Medio complicada	7-8
Muy complicada	3-6
Imposible	1-2

2.3.3.4.4 Apariencia

Tabla N° 2.7.- Apariencia.

Peso: 10%

Categoría	Evaluación sobre diez
Ideal	10
Buena	9
Aceptable	7-8
Rústica	5-6
Deficiente	1-4

2.3.3.4.5 Facilidad de operación y mantenimiento

Tabla N° 2.8.- Facilidad de operación y mantenimiento.

Peso: 5%

Categoría	Evaluación sobre diez
Ideal	10
Moderada	6-9
Complicada	3-5
Complicada y costosa	2
Muy complicada y costosa	1

2.3.3.4.6 Vida útil

Tabla N° 2.9.- Vida útil.

Peso: 4%

Categoría	Evaluación sobre diez
Ideal	10
Aceptable	9
Media	4-8
Corta	3
Muy corta	1-2

2.3.3.4.7 *Materiales***Tabla N° 2.10.- Materiales.****Peso: 4%**

Categoría	Evaluación sobre diez
Ideal	10
Muy posiblemente se consigue	8-9
Posiblemente se consigue	4-7
Escasamente se consigue	3
Difícil conseguir	1-2

2.3.3.4.8 *Limpieza***Tabla N° 2.11.- Limpieza****Peso: 4%**

Categoría	Evaluación sobre diez
Ideal	10
Muy sencilla	9
Medianamente sencilla	6-8
Complicada	2-5
Muy complicada	1

2.3.3.4.9 Ambiente de trabajo

Tabla N° 2.12.- Ambiente de trabajo.

Peso: 3%

Categoría	Evaluación sobre diez
Ideal	10
Abrasivo	6-9
Corrosivo	3-5
Abrasivo y corrosivo	2
Muy abrasivo y corrosivo	1

2.3.3.5 MATRIZ DE DECISIÓN

La calificación se lo hace de la siguiente manera:

Debido al estudio de la selección de alternativas y requerimientos que se necesita se procede a evaluar las siguientes alternativas:

- Remolque de un eje con plataforma y rampas largas.
- Remolque de un eje con plataforma tipo riel basculante.
- Remolque de doble eje con plataforma y apoyo mecánico.

Tabla N° 2.13.- Matriz de decisión.

Factores \ Alternativas	Remolque de un eje con plataforma y rampas largas.	Remolque de un eje con plataforma tipo riel basculante.	Remolque de doble eje con plataforma y apoyo mecánico.
Capacidad	5	6	8
Costos de fabricación	8	8	7
Transportabilidad	7	7	9
Apariencia	7	7	7
Facilidad de operación y mantenimiento	7	6	9
Vida útil	8	8	9
Materiales	8	8	8
Limpieza	9	9	9
Ambiente de trabajo	2	2	2
TOTAL	6,41	6,76	7,75
ORDEN DE PREFERENCIA	3°	2°	1°

Elaboración: Propia

Del análisis de la Tabla N° 2.13 se obtiene el siguiente orden de las alternativas planteadas:

1. Remolque de doble eje con plataforma y apoyo mecánico.
2. Remolque de un eje con plataforma tipo riel basculante.
3. Remolque de un eje con plataforma y rampas largas.

2.3.3.6 CONCLUSIÓN:

- De Acuerdo al resultado obtenido en la Tabla N° 2.13 de la matriz de decisión se escoge para el diseño la alternativa No. 3 que comprende el **Remolque de doble eje con plataforma y apoyo mecánico** Figura N° 2.8.

2.3.3.7 JUSTIFICACIÓN DE LA CALIFICACIÓN

- En el caso del factor capacidad se da la calificación de 8 al remolque de doble eje con plataforma y apoyo mecánico porque debido a esa configuración puede soportar cargas mayores que las otras dos alternativas, las mismas que recibieron las calificaciones de 5 y 6 respectivamente.
- Por ser el costo de fabricación de las plataformas de un solo eje inferior al costo de la plataforma de doble eje reciben la calificación de 8, mientras que la de doble eje recibe 7.
- Para el transporte de vehículos las plataformas de un eje presentan condiciones inferiores, en cuanto a que, el peso del vehículo transportado pivota sobre el eje lo que en ocasiones tiende a ejercer fuerzas tales que puedan ocasionar que el conjugado de arrastre se desconecte y se ocasione un accidente, por eso reciben la calificación de 7, mientras que la plataforma de doble eje soporta de mejor manera la carga transportada y por eso recibe la calificación de 9.
- La apariencia de las plataformas debe ser aceptable porque están sometidas a la vista y crítica de las personas y por eso las tres alternativas reciben la calificación de 7.
- La facilidad de operación y mantenimiento se la evalúa en función del rendimiento que se pueda obtener con cada una de las alternativas, así: el remolque de un eje con plataforma tipo riel basculante por tener más elementos en su estructura, el mantenimiento es más complicado por eso se le da calificación de 6.
- El mantenimiento remolque de un eje con plataforma y rampas largas es más sencillo y recibe la calificación de 7, mientras que en el remolque de doble eje con plataforma y apoyo mecánico, el tiempo entre mantenimientos puede ser mayor debido a que las cargas transportadas son soportadas por dos ejes, lo que produce que el esfuerzo sobre los mismos sea menor y por eso se le da la calificación de 9.

- La vida útil de las plataformas de un eje es menor debido a que la carga transportada es soportada por un solo eje, mientras que en las de doble eje la misma carga es soportada por dos ejes y de esta manera se reducen los esfuerzos a la mitad, motivos por los que el remolque de doble eje recibe la calificación de 9 y los remolques de un eje reciben la calificación de 8.
- Los materiales que se usan para el diseño de cualquier tipo de remolques existen en el mercado común por lo que a las tres alternativas se les da la calificación de 8.
- La limpieza de los tres tipos de remolque es muy sencilla porque son mecanismos simples, por eso se les da la calificación de 9.
- Debido a la presencia de lodo y agentes corrosivos en los lugares donde se desarrollan las competencias, el ambiente de trabajo es abrasivo y corrosivo sobre la superficie de cualquier tipo de remolque, por eso se le asigna una calificación de 2.

2.4 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Se considera protocolo de pruebas a todo aquello que debe realizarse para garantizar el correcto funcionamiento del o los mecanismos que conforman la plataforma una vez que la misma entre en uso.

En el protocolo de pruebas se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Verificación del montaje.
- Verificación de soldaduras.
- Verificación del sistema eléctrico.
- Verificación del conjugado de arrastre.

2.4.1 VERIFICACIÓN DEL MONTAJE

En esta fase se debe considerar que el armado de la plataforma - remolque se lo haya hecho conforme los planos y así evitar posibles daños en el conjunto ó contratiempos al transportar el vehículo de competencias 4x4.

Esta verificación se la puede llevar a cabo con ayuda del siguiente formato:

Descripción	Acorde Planos		Observaciones
	SI	NO	

Elaboración: Propia

2.4.2 VERIFICACIÓN DE SOLDADURAS

La verificación de las soldaduras es fundamental para el presente caso, ya que la estructura de la plataforma – remolque en la mayoría de juntas es soldada, motivo por el cual se debe observar que no existan imperfecciones en cuanto a: porosidades, inclusiones de escoria, etc., que puedan ocasionar en lo posterior el colapso de la estructura.

La verificación se la puede llevar a cabo utilizando el siguiente formato:

Descripción de la junta	Imperfecciones		Observaciones
	SI	NO	

Elaboración: Propia

2.4.3 VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Con el afán de evitar incurrir en infracciones de tránsito u ocasionar algún accidente por falta de señales luminosas en la plataforma – remolque, se debe revisar que el sistema eléctrico que provee la corriente necesaria para que funcionen adecuadamente las señales luminosas. De la misma forma que no existan cables pelados y así evitar corto – circuitos.

2.4.4 VERIFICACIÓN DEL CONJUGADO DE ARRASTRE

Se debe constatar que el conjugado de arrastre se acople de manera óptima para evitar que, cuando se esté transportando el vehículo de competencia, no se produzca la separación del conjugado y posterior a eso un posible accidente de tránsito.

Para esto, luego de realizar el acople del conjugado, se verifica que el seguro del gancho este ubicado en la posición correcta y la pestaña esté anclada en el cuerpo del gancho.

CAPITULO 3

DISEÑO DE LA PLATAFORMA

3.1.- ESTUDIO GENERAL DEL MOVIMIENTO

La plataforma remolque que se esta diseñando tiene 3 puntos de apoyo los cuales son:

- El primer apoyo es el punto de acople entre el auto remolcador y el extremo mismo de la plataforma remolque.
- El segundo apoyo es el eje interno de la plataforma.
- El tercer punto de apoyo es el eje externo de la plataforma remolque.

Debido a que en la determinación de las reacciones principales y los momentos que actúan en todo su estructura no es imposible determinar una de estas cargas se recurre el hacer un estudio suponiendo una viga continua con cargas indeterminadas que durante el capítulo se lo ira resolviendo por el método de los tres momentos.

La plataforma remolque va estar sometida a cargas estáticas debido a su peso propio y el peso de la carga, también actúan sobre la plataforma cargas dinámicas debido a las irregularidades de la carretera por donde circule, por eso se debe poner énfasis principalmente en la unión de los perfiles que conforman la estructura de la plataforma ya sea mediante soldaduras, pernos o remaches.

3.2.- GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA

En la figura No. 3.1 se puede observar el esquema gráfico que representa la estructura de la plataforma – remolque.

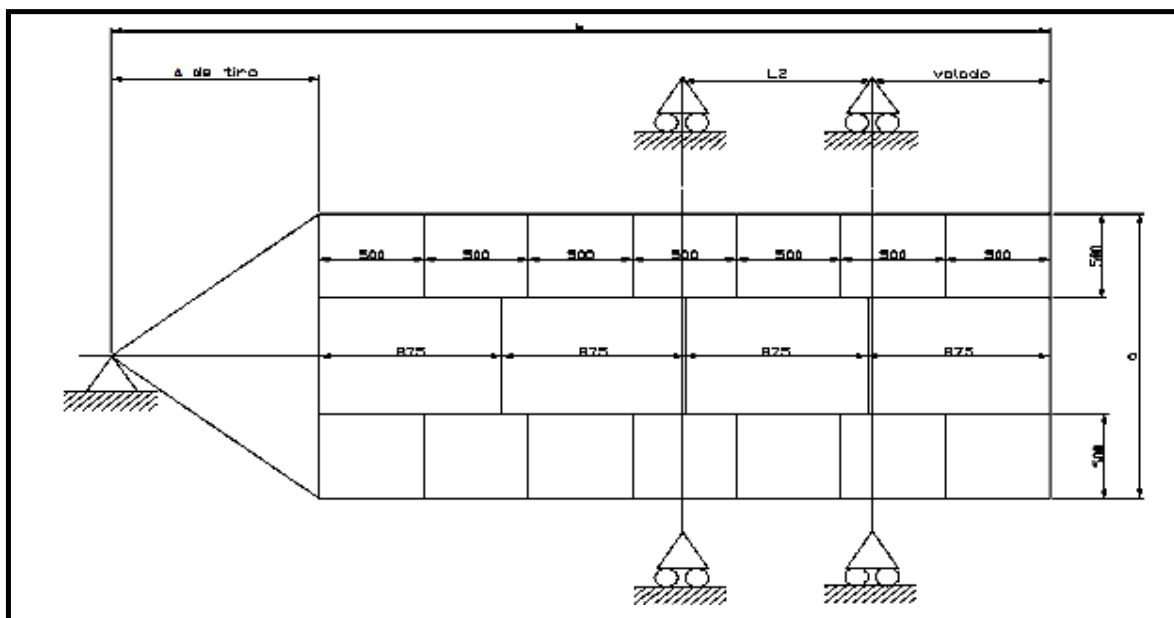


Figura N° 3.1.- Esquema principal.

Tabla N° 3.1.- Dimensiones Generales.

ASIGNACION	SIMBOLO	DIMENSION [cm]
Δ de Tiro	Δ	100
Longitud total	L	450
Distancia entre ejes	L_2	91
Volado	V	85
Ancho	a	170
Altura	h	75

Elaboración propia

Las dimensiones anotadas en la tabla N° 3.1, se dan de acuerdo al espacio físico que utiliza la carga a ser transportada en este caso el vehiculo de competencias 4 x 4.

La longitud que corresponde a la distancia entre ejes se da de acuerdo a las dimensiones de las medidas externas de los neumáticos que tentativamente serán llantas Rin 15 con neumáticos de medida 225/70R15.

La altura h se toma como promedio de los posibles autos que puedan remolcar a la plataforma, todos estos deben tener instalado la bola de tiro.

3.3.- DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS

3.3.1 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 supone algunos tipos de perfil tomados de los catálogos, y el peso de los otros elementos se lo toma de sus respectivos manuales, como indica la tabla No. 3.2.

Tabla N° 3.2.- Determinación del peso de la plataforma.

PERFIL	PESO [kg]
C 3 X 6	178.4
2 X 2 X 3/16	58.5
TOTAL	236.9

Fuente: Manual de AISC

Elaboración: Propia

3.3.2 CARGA VIVA

La carga viva se determina sumando la carga mas una sobrecarga del 10% que se aumenta para el dimensionamiento de este tipo de estructuras, como se hizo con anteriormente, la carga viene dada por el peso del vehículo prototipo de competencias que va a soportar la plataforma que en este caso

es de 950 kg., que se lo toma de su propio manual y se muestra en la figura N° 2.1. Pero tomando en cuenta de que la plataforma puede ser diseñada para cargar un peso extra se lo va a dimensionar con una carga de 1155 kg.

La sobrecarga es entonces el 10% de la carga que se acaba de determinar quedando la carga viva de la siguiente manera:

$$C_v = C + (C * 0.1)$$

$$C_v = 1155 + (1155 * 0.1)$$

$$C_v = 1270 \text{kg}$$

Donde:

C_v = Carga Viva

C = Peso del Vehiculo

3.3.3 EFECTO DINÁMICO DE LAS FUERZAS VIVAS

Este efecto se da por las irregularidades que se presenta a menudo en las carreteras de esta manera para el dimensionamiento se agrega a la carga viva una carga por efecto dinámico del 30% para evitar cualquier falla o desplome del material en su funcionamiento.

$$C_v' = C_v + (C_v * 0.3)$$

$$C_v' = 1270 + (1270 * 0.3)$$

$$C_v' = 1650$$

Donde:

C_v' = Carga viva considerando el efecto dinámico.¹⁶

¹⁶ ASSHTO.

3.3.4 CARGAS POR VIENTO

La carga de viento que actúa sobre un vehículo es conocida como resistencia aerodinámica, esta es una fuerza que se opone al movimiento de cualquier objeto en la atmósfera. Esta resistencia aumenta con el cuadrado de la velocidad por lo que es poco importante a bajas velocidades, mientras que a elevadas velocidades se convierte en la resistencia más importante que debe vencer un vehículo para seguir avanzando.

La resistencia del aire para vehículos se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Ra = \frac{1}{2} * Cx * \rho * Af * V^2 \quad \text{Ec. [3.1]}$$

Donde:

Ra= Resistencia aerodinámica [N]

ρ = Densidad del aire [kg/m³] = 1.2

V = Velocidad en [m/s]

Af = Superficie frontal del vehículo [m²]

Cx= Coeficiente aerodinámico del vehículo

El Cx varía entre 0.3 para coches de líneas aerodinámicas y 0.8 para camiones e incluso más de 1 si llevan cargas muy voluminosas.

El área frontal del vehículo se determina proyectando la parte frontal del vehículo sobre un plano perpendicular al flujo de aire que se produce sobre un vehículo en movimiento. Por lo que el área frontal queda en función del ancho por la altura total del vehículo.

3.4.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA LA PLATAFORMA

Para el diseño de la estructura, a la plataforma se lo divide en dos partes que vienen conformadas por los largueros o vigas principales y por los travesaños o vigas secundarias a los cuales se lo analiza independientemente para calcular los esfuerzos cortantes y momentos flectores para su posterior dimensionamiento.

3.4.1 DISEÑO DE LAS VIGAS PRINCIPALES

Para el dimensionamiento se supone una sola viga vista desde el lado lateral de la plataforma apoyada en tres puntos que son sus dos ejes y sobre el vehiculo remolcador, se tiene datos conocidos como las distancias, la carga viva que da el vehiculo y se divide en cuatro debido a que sus normales descansan en sus cuatro ruedas y su peso se distribuye en esos cuatro puntos y la carga muerta que se trata como carga distribuida, como muestra la figura N° 3.2.

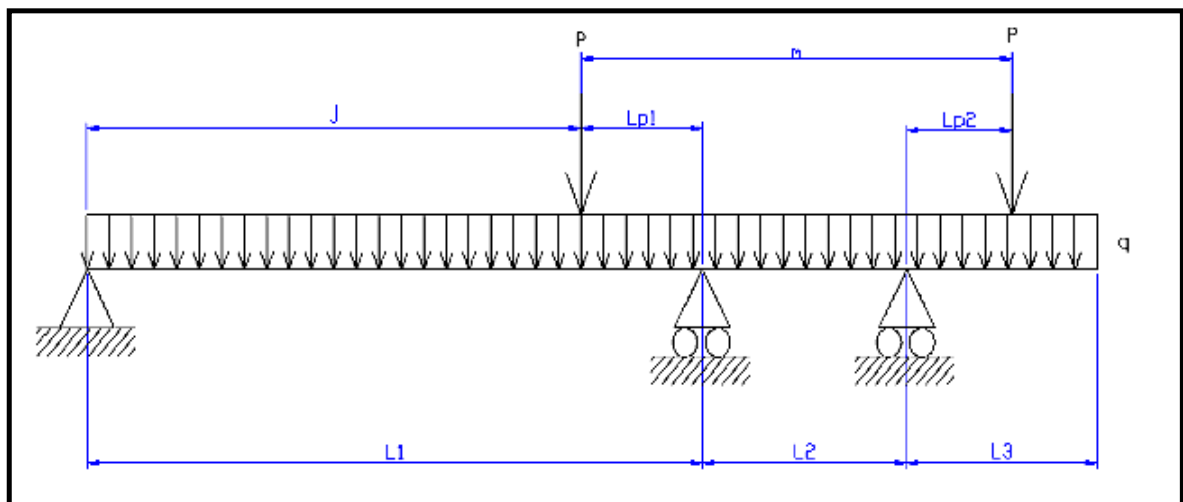


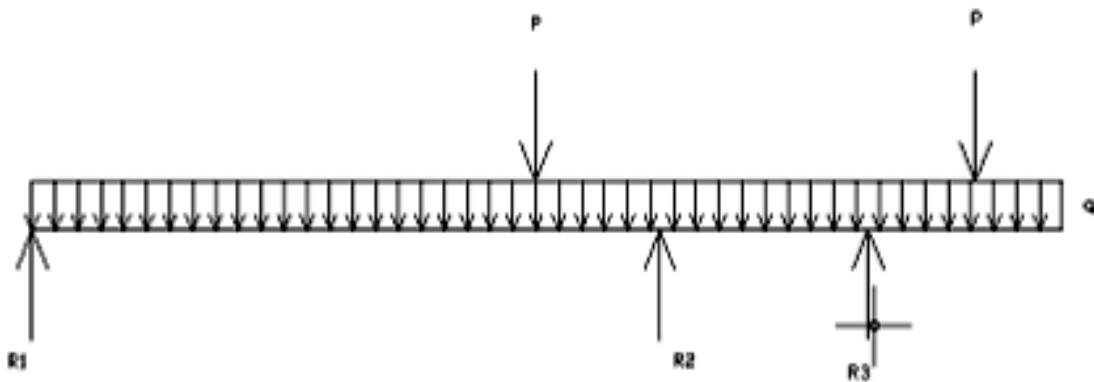
Figura N° 3.2.- Distribución de las Cargas y Distancias.

La descripción de las dimensiones de la figura No. 3.2, está indicada en la tabla No. 3.3:

Tabla N° 3.3.- Descripción de las dimensiones indicadas en la figura 3.2.

LONGITUDES	VALORES [cm]	
Lp1	$L1 - j$	Ec. [3.2]
Lp2	$m - L2 - Lp1$	Ec. [3.3]
L1	274	
L2	91	
L3	85	
J	$173 < j < 258$	
M	192	
CARGAS	VALORES	
P	187.5 [kg]	
Q	0.53 [kg/cm]	

Para la determinación de las reacciones en cada uno de los apoyos se procede a realizar la sumatoria de cargas y momentos en un diagrama de cuerpo de libre como se muestra a continuación:



$$\Sigma F_v = 0$$

$$R_1 + R_2 - 2P - \frac{qL}{2} = 0$$

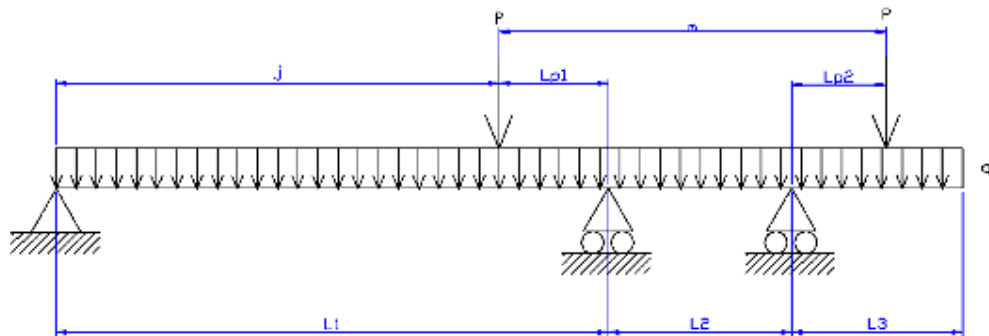
$$\Sigma M_1 = 0$$

$$(P * j) - (R_2 * L_1) - (R_3 * L_2 + L_1) + (P * L_1 + L_2 + L_{p2}) = 0$$

Entonces se tiene un sistema de dos ecuaciones con tres incógnitas por lo que se convierte en un problema de viga continua indeterminada, que se lo puede resolver de varias maneras, para facilidad se utiliza el método de Clapeyron o de los tres momentos, y se resuelve como sigue.

En el apoyo 1 no hay momentos entonces se aplica al tramo 1-2-3 la siguiente ecuación:

a. Tramo 1-2-3

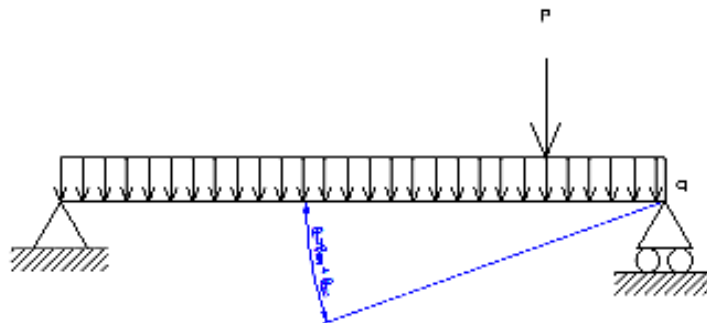


$$L_1 M_1 + 2(L_1 + L_2) M_2 + L_3 M_3 = -6EI * (\theta_{2i} + \theta_{2d})$$

$$2(L_1 + L_2) M_2 + L_3 M_3 = -6EI * (\theta_{2i} + \theta_{2d}) \quad \text{Ec. [3.4]}$$

El objetivo de este método es determinar los ángulos de giro que produce el momento en el apoyo 2, entonces primero se analiza en el tramo 1-2.

b. Tramo 1-2



El ángulo de giro izquierdo del apoyo 2, como se puede ver en el grafico viene compuesta por el ángulo de giro debido a la carga puntual y el ángulo de giro debido a la carga distribuida, entonces por lo tanto el ángulo de giro izquierdo en el apoyo 2 es la sumatoria de los dos ángulos descritos y son los siguientes:

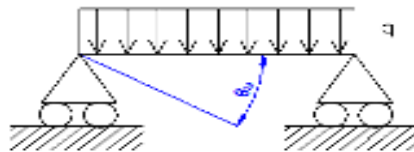
$$\theta_{2i} = \theta_{(P)} + \theta_{(q)} \quad \text{Ec. [3.5]}$$

Para encontrar estos ángulos se recurre a la Tabla G2 del libro de Timoshenko y se escoge los casos 1 y 5 para cargas distribuidas y cargas puntuales respectivamente.

$$\theta_{(q)} = \frac{qL_1^3}{24EI} \quad \text{Ec. [3.6]}$$

$$\theta_{(P)} = \frac{PjL_{P1} * (L_1 + j)}{6L_1EI} \quad \text{Ec. [3.7]}$$

c. Tramo 2-3



Para este tramo el único ángulo que existe es el ángulo debido a la carga puntual en este tramo y según la Tabla G2 Caso 1 de Timoshenko queda así:

$$\theta_{2d} = \frac{qL_2^3}{24EI} \quad \text{Ec. [3.8]}$$

d. Tramo de la viga en voladizo

En este tramo se determina el momento en el apoyo 3 debido al voladizo y a la carga puntual presente en la viga, por lo tanto:

$$M_3 = M_{(q)} + M_{(P)}$$

$$M_{(q)} = \frac{q * 85^2}{2}$$

$$M_{(P)} = P * L_{p2}$$

Reemplazando $M_{(q)}$ y $M_{(P)}$ en M_3 se tiene:

$$M_3 = -62960.37 + 375j \quad \text{Ec. [3.9]}$$

Luego se reemplaza las ecuaciones 3.6 y 3.7 en la ecuación 3.5 y resuelve.

Luego se reemplaza las ecuaciones 3.9, 3.8 y 3.5 en la ecuación de los tres momentos 3.4 y queda de la siguiente manera.

$$2(L_1 + L_2)M_2 + L_2(-62960.37 + 375j) = -6EI \left(\frac{PjL_{p1}(L_1 + j)}{6L_1EI} + \frac{qL_1^3}{24EI} + \frac{qL_2^3}{24EI} \right)$$

$$730M_2 + 34125j - 5729393.67 = - \left(\frac{PjL_{p1}(L_1 + j)}{L_1} + \frac{qL_1^3}{4} + \frac{qL_2^3}{4} \right)$$

$$730M_2 - 34125j + 5729393.67 + PjL_1 - \frac{Pj^3}{L_1} + 2725634.18 + 99848.1575 = 0$$

$$730M_2 + 8554876.01 - 68625j - 1.368j^3 = 0$$

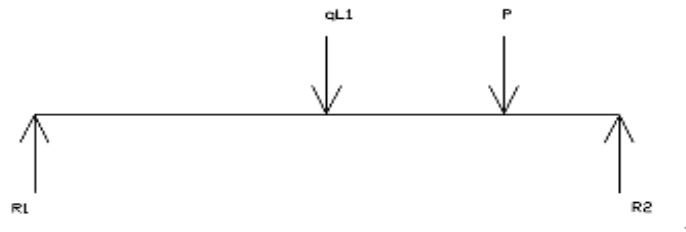
$$M_2 = 0.00188j^3 - 94.01j - 11719.01 \quad \text{Ec. [3.10]}$$

Como ya se determina anteriormente los momentos en los apoyos 2 y 3, M_2 y M_3 respectivamente, se procede a calcular las reacciones isostáticas e hiperestáticas.

e. Reacciones Isostáticas

Las reacciones isostáticas son las reacciones que se calculan en una viga simple ya sea bajo las condiciones de carga puntual, distribuidas o combinadas y quedan de la siguiente manera:

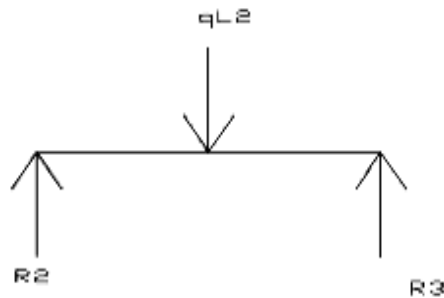
En el tramo 1-2 las reacciones isostáticas se ubican de la siguiente forma:



$$R_1 = 447.58 - 1.368j \quad \text{Ec. [3.11]}$$

$$R_2 = 72.64 + 1.368j \quad \text{Ec. [3.12]}$$

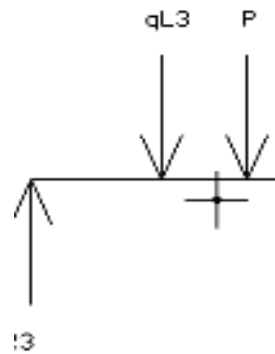
En el tramo 2-3 las reacciones están de esta manera:



$$R_2 = R_3 = \frac{qL_2}{2} \quad \text{Ec. [3.13]}$$

$$R_2 = R_3 = 24.115[\text{kg}]$$

En el tramo en voladizo la reacción en el apoyo 3 queda:



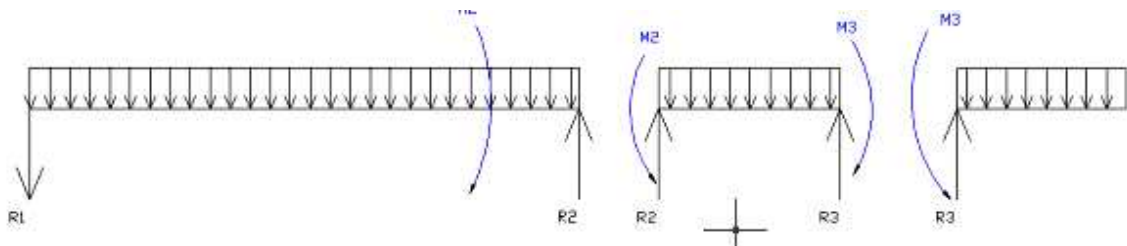
Ec. [3.14]

$$R_3 = qL_3 + P$$

$$R_3 = 420.05[kg]$$

f. Reacciones hiperestáticas

Estas reacciones se dan de acuerdo a la dirección que tomen los momentos en los diferentes tramos que ya están analizados y dan los siguientes valores.



En el tramo 1-2 las reacciones quedan de la siguiente manera:

$$R_1 = -\frac{M_2}{L_1} \quad \text{Ec. [3.15]}$$

$$R_2 = \frac{M_2}{L_1} \quad \text{Ec. [3.16]}$$

En el tramo 2-3 se tiene lo siguiente:

$$R_1 = \frac{M_3 - M_2}{L_1} \quad \text{Ec. [3.17]}$$

$$R_2 = -\left(\frac{M_3 - M_2}{L_1}\right) \quad \text{Ec. [3.18]}$$

En el tramo del voladizo la R_3 es igual a cero.

$$R_3 = 0$$

3.4.1.1 Determinación del Mayor Momento Flector

Con las ecuaciones deducidas anteriormente ya se puede determinar los Esfuerzos cortantes $V_{(x)}$ y Momentos flectores $M_{(x)}$ en los tramos establecidos, debido a que las ecuaciones están en función de una longitud (j) que puede variar desde $j_o = 173$ [cm.] hasta $j_f = 258$ [cm.] , se va a tomar los puntos extremos y dos intermedios para ver en que punto la carga total produce el mayor Momento máximo $M_{(máx)}$ y poder elegir con seguridad un tipo de Perfil para la plataforma.

Para determinar los esfuerzos cortantes y momentos flectores se va a realizar un programa en el "Microsoft EXCEL" en el cual se detalla las reacciones totales en los apoyos, los esfuerzos que actúan a la distancia en la que se ubica cada carga y reacción y los momentos flectores, este programa ayuda a determinar analítica y gráficamente en que punto y condición, que se somete a la estructura de la plataforma al mayor valor del momento flector $M_{(x)}$.

Los puntos para los cuales se va a determinar los valores máximos se tabulan a continuación:

1. $J = 173$ [cm]. Los valores y gráficos de Esfuerzo Cortante y de Momento Flector están en las tablas N°. 3.4, N°. 3.5 y figuras N° 3.3, N° 3.4, respectivamente.

2. $J = 194$ [cm]. Los valores y gráficos de Esfuerzo Cortante y de Momento Flector están en las tablas No. 3.6 y No. 3.7 y figuras N° 3.5, N° 3.6, respectivamente.
3. $J = 215$ [cm]. Los valores y gráficos de Esfuerzo Cortante y de Momento Flector están en las tablas No. 3.8 y No. 3.9 y figuras N° 3.7, N° 3.8, respectivamente.
4. $J = 258$ [cm]. Los valores y gráficos de Esfuerzo Cortante y de Momento Flector están en las tablas No. 3.10 y No. 3.11 y figuras N° 3.9, N° 3.10, respectivamente.

a. Para $j = 173$ [cm]Tabla N° 3.4.- Determinación de los Esfuerzos Cortantes para $j = 173$ [cm].

j
173

M2	-10953,43
M3	1914,63

	R1	R2	R2	R3	R3
R(isos)	142,47	190,28	24,12	24,12	232,55
R(hiper)	-39,98	39,98	99,33	-99,33	0,00
R(Total)	102,49	230,26	123,44	-75,21	232,55

APOYOS	DISTANCIA	$V(x)$
0,00	0,00	102,49
j	173,00	10,80
j	173,00	-364,20
L1	274,00	-230,26
L1	274,00	123,44
L2	365,00	75,21
L2	365,00	0,00
L2	365,00	232,55
Lp2	365,00	232,55
Lp2	365,00	0,00
L3	450,00	0,00

APOYOS	DISTANCIA	$M(x)$
0,00	0,00	0,00
j	173,00	9800,27
L1	274,00	-20219,55
L2	365,00	-11180,76
Lp2	365,00	-11180,76
L3	450,00	0,00

Elaboración: Propia
Fuente: Office XP

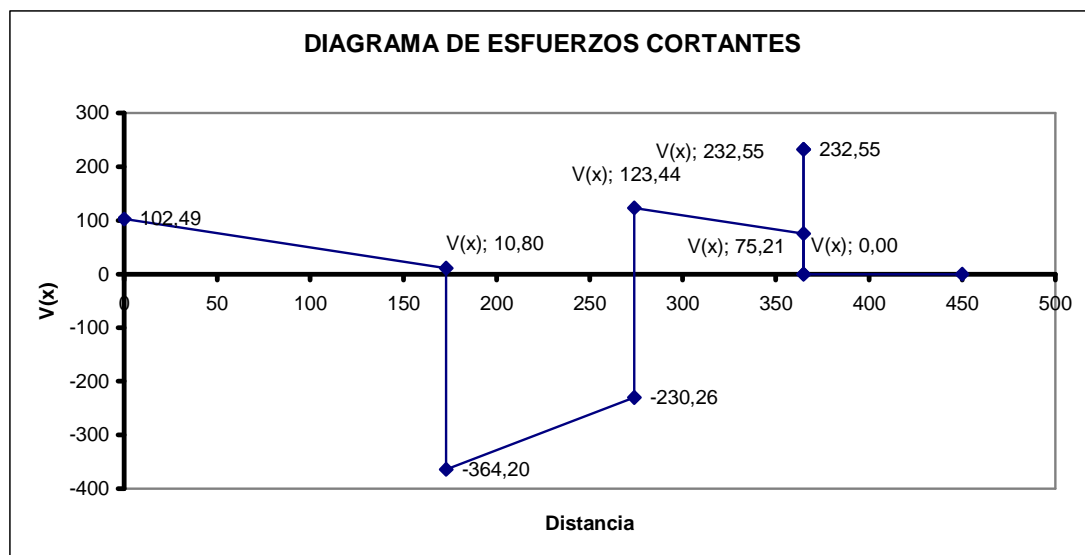
Figura N° 3.3.- Diagrama de Esfuerzos Cortantes para $j = 173$ [cm].

Tabla N° 3.5.- Determinación de los Momentos flectores máximos para $j = 173$ [cm].

j
173

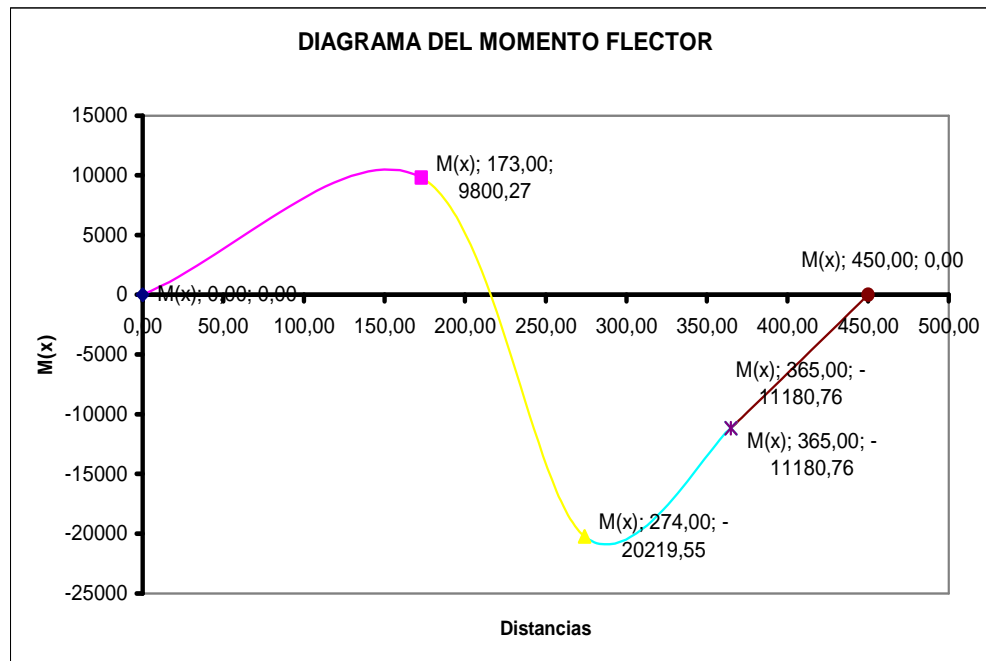
M2	-10953,43
M3	1914,63

	R1	R2	R2	R3	R3
R(isos)	142,47	190,28	24,12	24,12	232,55
R(hiper)	-39,98	39,98	99,33	-99,33	0,00
R(Total)	102,49	230,26	123,44	-75,21	232,55

APOYOS	DISTANCIA	$V(x)$
0,00	0,00	102,49
j	173,00	10,80
j	173,00	-364,20
L1	274,00	-230,26
L1	274,00	123,44
L2	365,00	75,21
L2	365,00	0,00
L2	365,00	232,55
Lp2	365,00	232,55
Lp2	365,00	0,00
L3	450,00	0,00

APOYOS	DISTANCIA	$M(x)$
0,00	0,00	0,00
j	173,00	9800,27
L1	274,00	-20219,55
L2	365,00	-11180,76
Lp2	365,00	-11180,76
L3	450,00	0,00

Elaboración: Propia
Fuente: Office XP

Figura N° 3.4.- Diagrama de Momentos Flectores para $j = 173$ [cm].

b. Para $j = 194$ [cm]Tabla N° 3.6.- Determinación de los Esfuerzos Cortantes para $j = 194$ [cm].

j
194

$M2$	-9949,78
$M3$	5852,13

	$R1$	$R2$	$R2$	$R3$	$R3$
$R(isos)$	128,19	205,34	24,12	24,12	232,55
$R(hiper)$	-36,31	36,31	45,03	-45,03	0,00
$R(Total)$	91,88	241,65	69,14	-20,91	232,55

APOYOS	DISTANCIA	$V(x)$
0,00	0,00	91,88
j	194,00	-10,94
j	194,00	-385,94
L1	274,00	-241,65
L1	274,00	69,14
L2	365,00	20,91
L2	365,00	0,00
L2	365,00	232,55
Lp2	386,00	221,42
Lp2	386,00	-11,13
L3	450,00	0,00

APOYOS	DISTANCIA	$M(x)$
0,00	0,00	0,00
j	194,00	7850,59
L1	274,00	-17253,10
L2	365,00	-13155,45
Lp2	386,00	-8388,77
L3	450,00	0,00

Elaboración: Propia
Fuente: Office XP

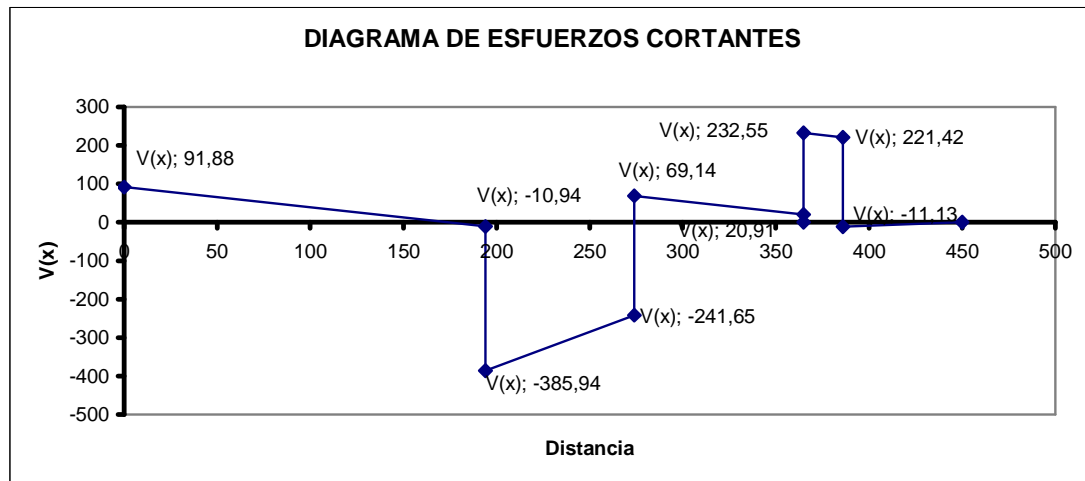
Figura N° 3.5.- Diagrama de Esfuerzos Cortantes para $j = 194$ [cm].

Tabla N° 3.7.- Determinación de los Momentos flectores máximos para $j = 194$ [cm].

j
194

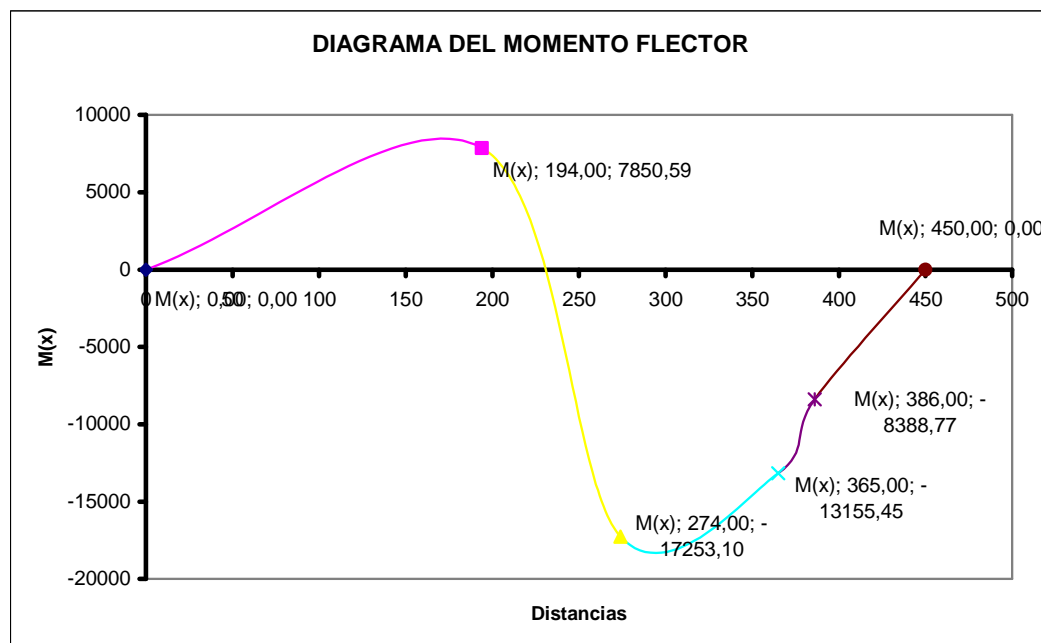
M2	-9949,78
M3	5852,13

	R1	R2	R2	R3	R3
R(isos)	128,19	205,34	24,12	24,12	232,55
R(hiper)	-36,31	36,31	45,03	-45,03	0,00
R(Total)	91,88	241,65	69,14	-20,91	232,55

APOYOS	DISTANCIA	V_(x)
0,00	0,00	91,88
j	194,00	-10,94
j	194,00	-385,94
L1	274,00	-241,65
L1	274,00	69,14
L2	365,00	20,91
L2	365,00	0,00
L2	365,00	232,55
Lp2	386,00	221,42
Lp2	386,00	-11,13
L3	450,00	0,00

APOYOS	DISTANCIA	M_(x)
0,00	0,00	0,00
j	194,00	7850,59
L1	274,00	-17253,10
L2	365,00	-13155,45
Lp2	386,00	-8388,77
L3	450,00	0,00

Elaboración: Propia
Fuente: Office XP

Figura N° 3.6.- Diagrama de Momentos Flectores para $j = 194$ [cm].

c. Para $j = 215$ [cm]Tabla N° 3.8.- Determinación de los Esfuerzos Cortantes para $j = 215$ [cm].

j
215

M2	-8464,93
M3	9789,63

	R1	R2	R2	R3	R3
R(isos)	113,91	219,70	24,12	24,12	232,55
R(hiper)	-30,89	30,89	-14,56	14,56	0,00
R(Total)	83,02	250,59	9,56	38,67	232,55

APOYOS	DISTANCIA	$V(x)$
0,00	0,00	83,02
j	215,00	-30,93
j	215,00	-405,93
L1	274,00	-250,59
L1	274,00	9,56
L2	365,00	-38,67
L2	365,00	0,00
L2	365,00	232,55
Lp2	407,00	210,29
Lp2	407,00	-22,26
L3	450,00	0,00

APOYOS	DISTANCIA	$M(x)$
0,00	0,00	0,00
j	215,00	5598,83
L1	274,00	-13768,74
L2	365,00	-15093,44
Lp2	407,00	-5793,80
L3	450,00	0,00

Elaboración: Propia
Fuente: Office XP

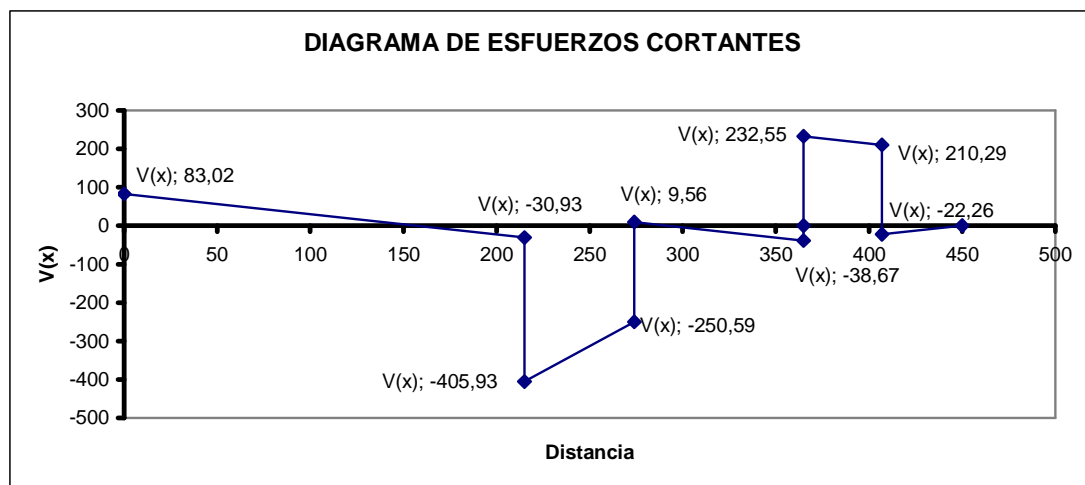
Figura N° 3.7.- Diagrama de Esfuerzos Cortantes para $j = 215$ [cm].

Tabla N° 3.9.- Determinación de los Momentos flectores máximos para $j = 215$ [cm].

j
215

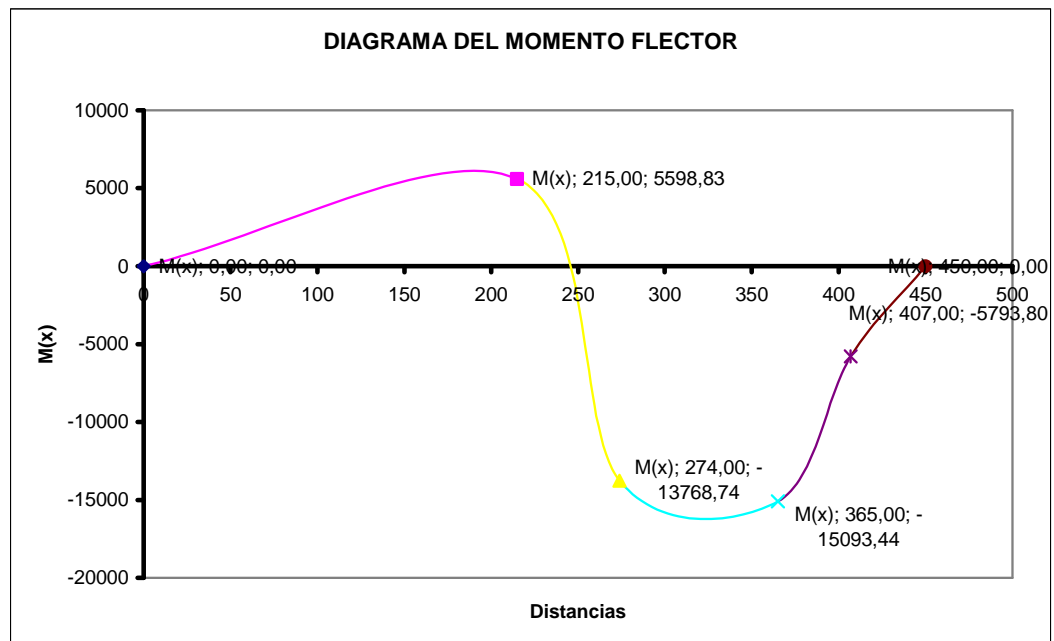
M2	-8464,93
M3	9789,63

	R1	R2	R2	R3	R3
R(isos)	113,91	219,70	24,12	24,12	232,55
R(hiper)	-30,89	30,89	-14,56	14,56	0,00
R(Total)	83,02	250,59	9,56	38,67	232,55

APOYOS	DISTANCIA	$V(x)$
0,00	0,00	83,02
j	215,00	-30,93
j	215,00	-405,93
L1	274,00	-250,59
L1	274,00	9,56
L2	365,00	-38,67
L2	365,00	0,00
L2	365,00	232,55
Lp2	407,00	210,29
Lp2	407,00	-22,26
L3	450,00	0,00

APOYOS	DISTANCIA	$M(x)$
0,00	0,00	0,00
j	215,00	5598,83
L1	274,00	-13768,74
L2	365,00	-15093,44
Lp2	407,00	-5793,80
L3	450,00	0,00

Elaboración: Propia
Fuente: Office XP

Figura N° 3.8.- Diagrama de Momentos Flectores para $j = 215$ [cm].

d. Para $j = 258$ [cm]Tabla N° 3.10.- Determinación de los Esfuerzos Cortantes para $j = 258$ [cm].

j
258

M_2	-3703,86
M_3	17852,13

	R_1	R_2	R_2	R_3	R_3
$R(isos)$	84,67	249,11	24,12	24,12	232,55
$R(hiper)$	-13,52	13,52	-155,48	155,48	0,00
$R(Total)$	71,15	262,63	-131,36	179,59	232,55

APOYOS	DISTANCIA	$V(x)$
0,00	0,00	71,15
j	258,00	-65,59
j	258,00	-440,59
L1	274,00	-262,63
L1	274,00	-131,36
L2	365,00	-179,59
L2	365,00	0,00
L2	365,00	232,55
Lp2	450,00	232,55
Lp2	450,00	0,00
L3	450,00	0,00

APOYOS	DISTANCIA	$M(x)$
0,00	0,00	0,00
j	258,00	717,82
L1	274,00	-4907,92
L2	365,00	-19056,19
Lp2	450,00	710,56
L3	450,00	0,00

Elaboración: Propia
Fuente: Office XP

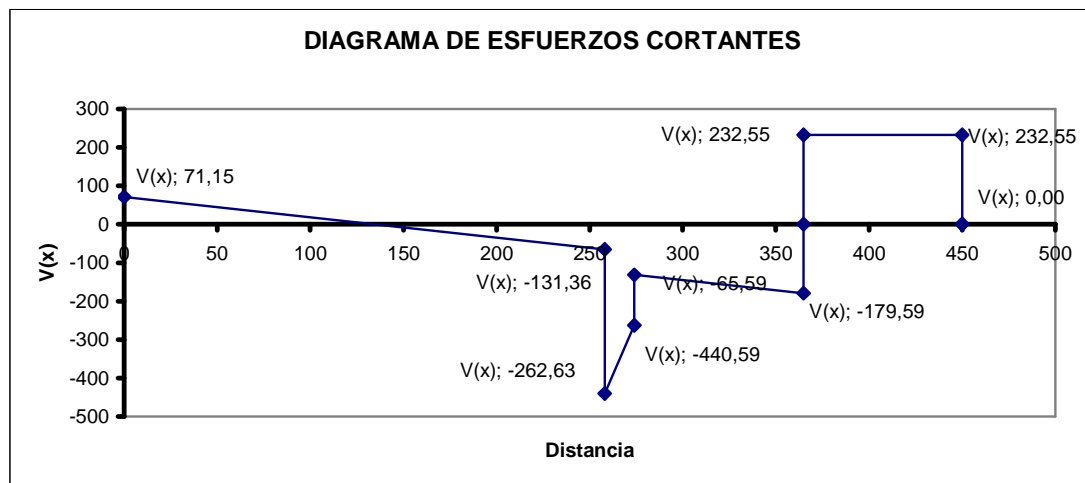
Figura N° 3.9.- Diagrama de Esfuerzos Cortantes para $j = 258$ [cm].

Tabla N° 3.11.- Determinación de los Momentos flectores máximos para $j = 258$ [cm].

j
258

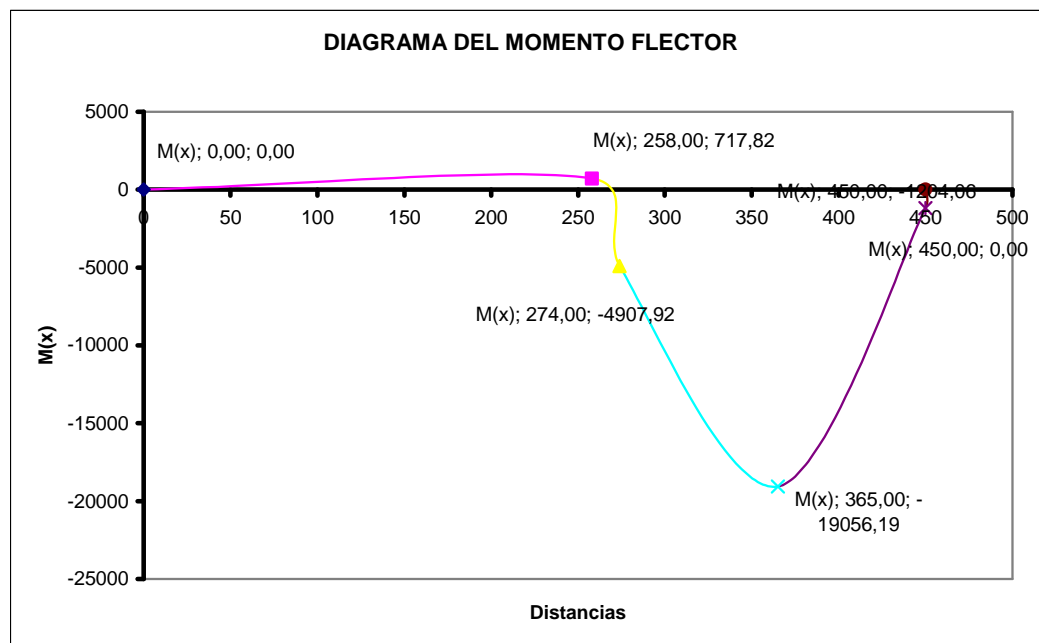
M2	-3703,86
M3	17852,13

	R1	R2	R2	R3	R3
R(isos)	84,67	249,11	24,12	24,12	232,55
R(hiper)	-13,52	13,52	-155,48	155,48	0,00
R(Total)	71,15	262,63	-131,36	179,59	232,55

APOYOS	DISTANCIA	V_(x)
0,00	0,00	71,15
j	258,00	-65,59
j	258,00	-440,59
L1	274,00	-262,63
L1	274,00	-131,36
L2	365,00	-179,59
L2	365,00	0,00
L2	365,00	232,55
Lp2	450,00	187,50
Lp2	450,00	-45,05
L3	450,00	0,00

APOYOS	DISTANCIA	M_(x)
0,00	0,00	0,00
j	258,00	717,82
L1	274,00	-4907,92
L2	365,00	-19056,19
Lp2	450,00	-1204,06
L3	450,00	0,00

Elaboración: Propia
Fuente: Office XP

Figura N° 3.10.- Diagrama de Momentos Flectores para $j = 258$ [cm].

Una vez ya distribuidas las cargas para cada uno de los cuatro casos anteriores se procede a determinar las reacciones y momentos máximos que actúan sobre los apoyos y tomamos el mayor valor máximo para el dimensionamiento.

Tabla N° 3.12.- Determinación De la Reacción y Momento máximos.

Caso	Reacciones Máx [kg]	M_(Máx) [kg-cm]	Nº de apoyo
J=173	356.7	20219.55	2
J=194	310.79	17253.10	2
J=215	271.22	15093.44	3
J=258	412.14	19056.19	3

Elaboración propia

De la tabla No. 3.12 se determina que el momento máximo es de:

$$M_{(Máx)} = 20219.55[kg - cm]$$

Y también se determina que la reacción mas alta se da en el apoyo N ° 3.

$$R_3 = R_{(Máx)} = 412.14[kg]$$

Con los valores anteriores ya se puede continuar con el dimensionamiento y con la determinación de los perfiles para la estructura de la plataforma.

Tomando en cuenta el análisis anterior y considerando a la plataforma como una viga continua, se tiene que para la posición en la que la rueda delantera del vehículo de competencia 4x4 se encuentra a J = 173 cm del punto de apoyo 1, el momento flector alcanza su máximo valor igual a $M_{máx} = 20219.55$ kg-cm, se procede a realizar el siguiente análisis.

Teniendo en cuenta la siguiente consideración:

$$\sigma_{\max} = \pm \frac{M_{\max}}{S_{xx}} \leq [\sigma]_{\text{mat}} = \frac{S_y}{F.S.} \quad \text{Ec. [3.19]}$$

Según catálogo DIPAC (ANEXO 2) el material del cual están hechos sus perfiles es acero A-36, el mismo que tiene una resistencia a la fluencia de $S_y = 36 \text{ KSI}$ y tomando un factor de seguridad $F.S. = 2$, se procede así:

$$[\sigma]_{\text{mat}} = \frac{S_y}{F.S.} = \frac{36 \text{ KSI}}{2} = 18 \text{ KSI}$$

Realizando la conversión de unidades del valor del momento flector máximo se tiene

$$M_{\max} = 20219.55 \text{ kg} \cdot \text{cm} * \left| \frac{2.2 \text{ klb}}{1000 \text{ kg}} \right| * \left| \frac{1 \text{ pulg}}{2.54 \text{ cm}} \right| = 17.51 \text{ klb} \cdot \text{pulg}$$

Entonces el módulo de inercia respecto al eje X es

$$S_{xx} \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]_{\text{mat}}} = \frac{17.51 \text{ klb} \cdot \text{pulg}}{18 \text{ klb} / \text{pulg}^2} = 0.973 \text{ pulg}^3 = 15.94 \text{ cm}^3$$

Utilizando el catálogo de DIPAC (ANEXO 2) se selecciona el perfil estructural tipo correa "G" de las siguientes dimensiones $A = 100 \text{ mm}$, $B = 50 \text{ mm}$, $C = 15 \text{ mm}$ y $e = 3 \text{ mm}$, que tiene un módulo de inercia $S_{xx} = 19.60 \text{ cm}^3 = 1.196 \text{ pulg}^3$, entonces

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{S_{xx}} = \frac{17.51 \text{ klb} \cdot \text{pulg}}{1.196 \text{ pulg}^3} = 14.64 \text{ KSI}$$

$$\Rightarrow F.S. = \frac{S_y}{\sigma_{\max}} = \frac{36 \text{ KSI}}{14.64 \text{ KSI}} = 2.5$$

De acuerdo al valor del factor de seguridad, se determina que el perfil utilizado es el adecuado.

3.4.2 DISEÑO DE LOS TRAVESAÑOS

Los travesaños son elementos que van ubicados a lo ancho de la plataforma y sirven para proporcionarle rigidez a la misma, y para su diseño se los asume como vigas, las mismas que están en sus extremos empotradas, como muestra la figura N°. 3.11.

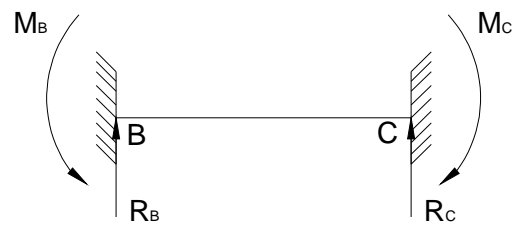


Figura N° 3.11. Travesaño empotrado.

En la Figura N° 3.12 se puede observar las cargas P que producen los momentos en los extremos de los travesaños. Éstas cargas son de los puntos de apoyo de las ruedas del vehículo sobre la superficie de las rieles de la plataforma y tienen un valor de 350 kg.

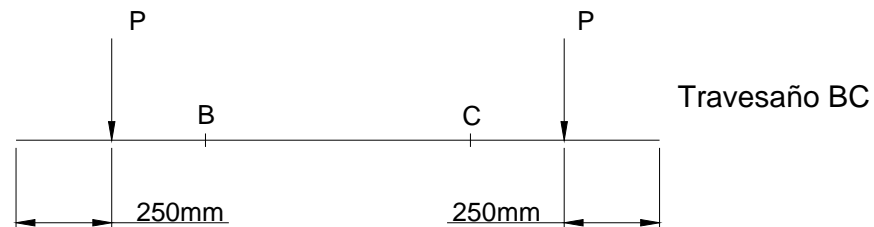


Figura N° 3.12. Ubicación de las cargas P, según el esquema de la figura 3.1.

Ahora se procede a determinar los momentos producidos por la presencia de las cargas P, de la siguiente manera:

$$M_B = M_C = 375\text{kg} * 25\text{cm} = 9375\text{kg} - \text{cm}$$

Para efecto de determinar el perfil a ser usado para éstos elementos se debe hacer una conversión de unidades, así:

$$M_B = M_C = 9375 \text{ kg} \cdot \text{cm} * \frac{2.2 \text{ klb}}{1000 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ pulg}}{2.54 \text{ cm}} = 8.12 \text{ klb} \cdot \text{pulg}$$

Se debe considerar la siguiente condición para realizar el cálculo y determinación del perfil:

$$\sigma_{\text{máx}} = \pm \frac{M_{\text{máx}}}{S_{xx}} \leq [\sigma]_{\text{mat}} = \frac{S_y}{F.S.} \quad \text{Ec. [3.19]}$$

El material a ser considerado es acero A-36, el mismo que posee un valor de resistencia a la fluencia $S_y = 36 \text{ KSI}$ y tomando un factor de seguridad $F.S. = 2$, se procede así:

$$[\sigma]_{\text{mat}} = \frac{S_y}{F.S.} = \frac{36 \text{ KSI}}{2} = 18 \text{ KSI}$$

Luego,

$$S_{xx} \geq \frac{M_{\text{máx}}}{[\sigma]} = \frac{8.12 \text{ klb} \cdot \text{pulg}}{18 \text{ klb} / \text{pulg}^2} = 0.451 \text{ pulg}^3$$

Del catalogo DIPAC (ANEXO 2) se determina que el perfil que tiene un valor mayor y aproximado al valor calculado es el perfil estructural tipo correa "G" que tiene las siguientes dimensiones $A = 100 \text{ mm}$, $B = 50 \text{ mm}$, $C = 15 \text{ mm}$ y $e = 3 \text{ mm}$, el cual tiene un valor de $S_{xx} = 19.60 \text{ cm}^3 = 1.196 \text{ pulg}^3$, de tal manera que:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_{\text{máx}}}{S_{xx}} = \frac{8.12 \text{ klb} \cdot \text{pulg}}{1.196 \text{ pulg}^3} = 6.788 \text{ KSI}$$

$$\Rightarrow F.S. = \frac{S_y}{\sigma_{\text{máx}}} = \frac{36 \text{ KSI}}{6.788 \text{ KSI}} = 5.3$$

Esto indica que el perfil es adecuado para soportar las cargas presentes.

3.4.3 DISEÑO DEL TRIÁNGULO DE TIRO

De acuerdo al análisis en el cual se supone a la plataforma como una viga continua, se determina una reacción máxima en el gancho de tiro que se encuentra ubicado en la posición 1, la misma que tiene un valor de $R_1 = 102.49 \text{ kg}$, para $J = 173 \text{ cm}$. Para éste caso se va a considerar al triángulo de tiro como una viga en Cantiliver, como se muestra en la figura N° 3.13.

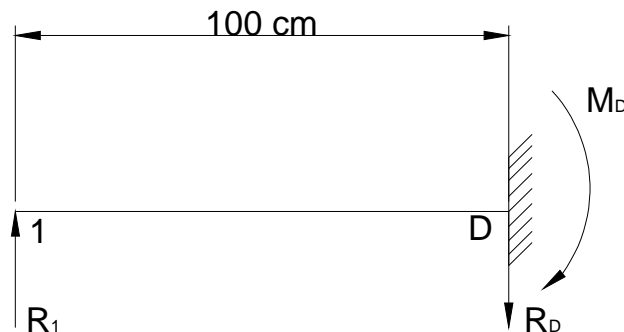


Figura N° 3.13. Triángulo de Tiro, según esquema de la figura 3.1.

Entonces se tiene que el momento en D es:

$$M_D = 102.49 \text{ kg} * 100 \text{ cm}$$

$$M_D = 10249 \text{ kg} - \text{cm} = 8.88 \text{ klb} - \text{pu lg}$$

Teniendo en cuenta que $M_D = 8.88 \text{ Klb-pulg}$ es el momento máximo en esta parte de la estructura, se tiene que

$$S_{xx} \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]_{\text{mat}}} = \frac{8.88 \text{ klb} - \text{pu lg}}{18 \text{ klb} / \text{pu lg}^2} = 0.493 \text{ pu lg}^3 = 8.08 \text{ cm}^3$$

Utilizando el manual DIPAC (ANEXO 2) se escoge el siguiente perfil estructural tipo correa "G" que tiene las siguientes dimensiones $A = 100 \text{ mm}$, $B = 50 \text{ mm}$, $C =$

15mm y $e = 3\text{mm}$, el cual tiene un valor de $S_{xx} = 19.60\text{ cm}^3 = 1.196\text{ pulg}^3$, de tal manera que:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{S_{xx}} = \frac{8.88\text{klb} - \text{pulg}}{1.196\text{ pulg}^3} = 7.425\text{ KSI}$$

$$\Rightarrow F.S. = \frac{S_y}{\sigma_{\max}} = \frac{36\text{ KSI}}{7.425\text{ KSI}} = 4.8$$

Por lo que el perfil escogido es el adecuado.

3.4.4 DISEÑO DE LOS APOYOS DEL PISO DEL RIEL

El riel es la parte de la plataforma sobre el cual va apoyado el vehículo de competencia 4x4, el mismo que esta formado por el cuadro limitado por los largueros de la plataforma, los mismos que están unidos a unos perfiles colocados en posición perpendicular a su longitud, sobre los cuales se encuentra apoyado el piso del riel.

Para su diseño se considerarán a estos elementos como una viga doblemente empotrada, como se puede observar en la figura N° 3.14.

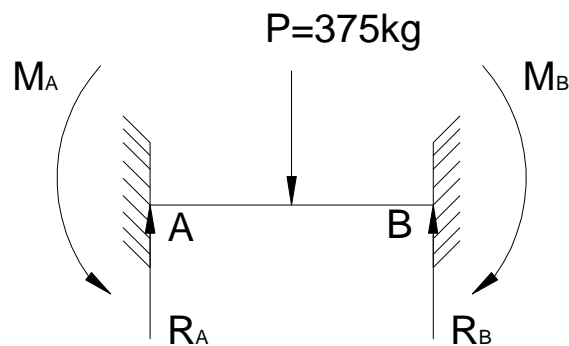


Figura N° 3.14. Apoyos del piso del riel.

Entonces se tiene que,

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} * P = \frac{1}{2} (375kg) = 187.5kg$$

$$M_A = M_B = \frac{1}{8} * P * L = \frac{1}{8} * (375kg) * (40cm) = 1875kg - cm$$

Realizando los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector como muestra la figura N° 3.15, se tiene que:

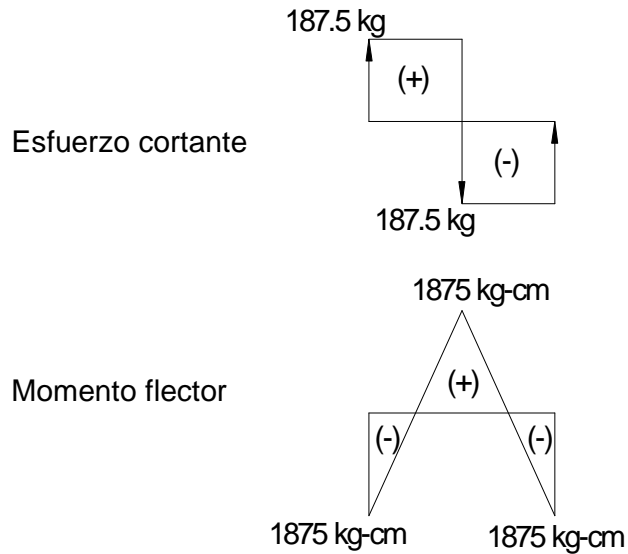


Figura N° 3.15. Diagramas de esfuerzo cortante y momento flector.

El valor del máximo momento flector es $M_{\text{máx}} = 1875 \text{ kg-cm} = 1.624 \text{ klb-pulg}$.

Se procede a calcular el módulo de inercia respecto al eje X

$$S_{xx} \geq \frac{M_{\text{max}}}{[\sigma]_{\text{mat}}} = \frac{1.624 \text{ klb-pulg}}{18 \text{ klb/pulg}^2} = 0.09 \text{ pulg}^3 = 1.47 \text{ cm}^3$$

Utilizando el catálogo de DIPAC (ANEXO 2) se selecciona perfil estructural ángulo "L" doblado de $40 \times 40 \text{ mm}$ de lado y 4 mm de espesor que tiene un módulo de inercia $S_{yy} = 1.58 \text{ cm}^3 = 0.096 \text{ pulg}^3$, entonces

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{S_{yy}} = \frac{1.624klb - pu \lg}{0.096 pu \lg^3} = 16.84KSI$$

$$\Rightarrow F.S. = \frac{S_y}{\sigma_{\max}} = \frac{36KSI}{16.84KSI} = 2.1$$

De acuerdo al valor del factor de seguridad, se determina que el perfil utilizado es el adecuado.

3.5 DISEÑO DE LA SUSPENSIÓN DE LA PLATAFORMA.

Debido a que la suspensión esta conformada por dos ejes se elige un sistema de suspensión con ballestas tipo Tandem que consta de los siguientes elementos sujetos a dimensionamiento.

- Ejes que acoplan las ruedas.
- Determinación de los rodamientos.
- Pivote del balancín.
- Balancín.
- Soporte del Balancín.
- Pernos de sujeción de las ballestas.

Existen otros elementos que forman parte de la suspensión, pero los mismos se los puede conseguir bajo catálogo con las condiciones de carga a las que esta expuesta la plataforma remolque, como son las ballestas.

3.5.1 DISEÑO DE LOS EJES QUE ACOPLAN LAS RUEDAS

Del análisis anterior donde se puede observar que para la posición en la cual el vehículo se encuentra con su llanta posterior ubicada en el borde posterior de la

plataforma ($J = 258 \text{ cm}$) se produce una reacción máxima en el segundo eje, la misma que es tomada en cuenta en el siguiente análisis.

La reacción total en el segundo eje tiene un valor de 412.14 kg , la misma que va apoyada en dos puntos equidistantes de los límites izquierdo y derecho del eje, por lo que las cargas a ser aplicadas en estos puntos tienen un valor de: $P_{ai} = 206.07 \text{ kg}$ y $P_{ad} = 06.07 \text{ kg}$. Siendo P_{ai} y P_{ad} las cargas en los apoyos izquierdo y derecho del eje respectivamente.

Teniendo en cuenta que el ancho de la plataforma es de 170 cm , el ancho de los neumáticos es de 22 cm y que la distancia que queda una vez montada la rueda en la punta de eje es de 4 cm con respecto al filo de la plataforma, por lo tanto se debe sumar 12 cm a cada lado, llegando a tener una longitud total del eje de 194 cm , como muestra la tabla N° 3.16.

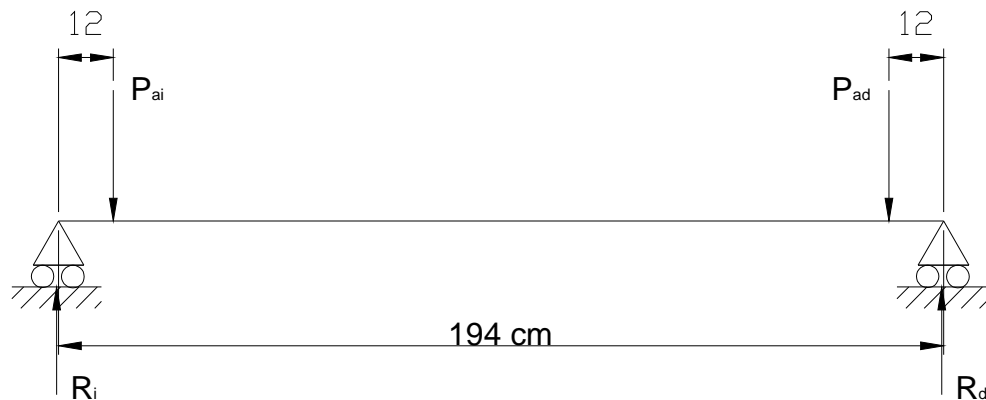


Figura N° 3.16. Esquema de cargas sobre los ejes que acoplan las ruedas.

Con las consideraciones señaladas se procede con el siguiente cálculo, así

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \\ R_i + R_d &= P_{ai} + P_{ad} = 206.07\text{kg} + 206.07\text{kg} \\ R_i + R_d &= 412.14\text{kg} \\ \sum M_i &= 0 \\ 24R_{ai} + 194R_{ad} - 218R_d &= 0 \\ \Rightarrow R_d &= \frac{24 * (206.7) + 194 * (206.07)}{218} = 206.07\text{kg} \\ \Rightarrow R_i &= 206.07\text{kg}\end{aligned}$$

Realizando los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector respectivos, como muestra la figura N° 3.17.

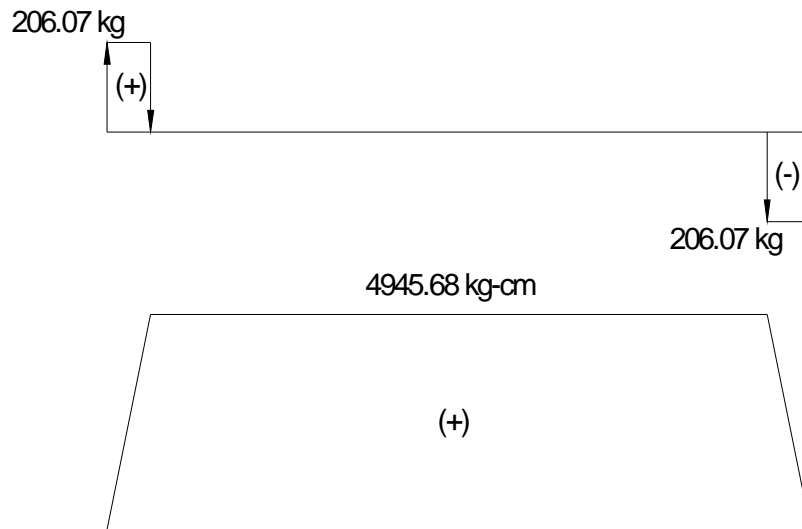


Figura N° 3.17. Diagramas de esfuerzo cortante y momento flector.

Se obtiene que el momento flector máximo que va a soportar éste elemento va a ser igual a 4945.68 kg-cm, ubicado a 24 cm y 194 cm de la longitud del eje, por lo que en éstos puntos se tienen las secciones críticas.

Para determinar que perfil es el más adecuado para soportar el momento flector máximo se debe tomar en cuenta la siguiente consideración:

$$\sigma_{\max} = \pm \frac{M_{\max}}{S_{xx}} \leq [\sigma]_{\text{mat}} = \frac{S_y}{F.S.}$$

Según catálogo DIPAC el material del cual están hechos sus perfiles es acero A-36, el mismo que tiene una resistencia a la fluencia de $S_y = 36 \text{ KSI}$. Entonces se tiene que

$$[\sigma]_{\text{mat}} = \frac{S_y}{F.S.} = \frac{36 \text{ KSI}}{2} = 18 \text{ KSI}$$

Realizando la conversión de unidades del valor del momento flector máximo se tiene

$$M_{\max} = 4945.68 \text{ kg} \cdot \text{cm} * \left| \frac{2.2 \text{ klb}}{1000 \text{ kg}} \right| * \left| \frac{1 \text{ pulg}}{2.54 \text{ cm}} \right| = 4.28 \text{ klb} \cdot \text{pulg}$$

Entonces el módulo de inercia respecto al eje x es

$$S_{xx} \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]_{\text{mat}}} = \frac{4.28 \text{ klb} \cdot \text{pulg}}{18 \text{ klb} / \text{pulg}^2} = 0.23 \text{ pulg}^3 = 3.89 \text{ cm}^3$$

Utilizando el catálogo de DIPAC se selecciona el perfil P 2 ½ que tiene un módulo de inercia $S_{xx} = 8.24 \text{ cm}^3 = 0.502 \text{ pulg}^3$, entonces

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{S_{xx}} = \frac{4.28 \text{ klb} \cdot \text{pulg}}{0.502 \text{ pulg}^3} = 8.51 \text{ KSI}$$

$$\Rightarrow F.S. = \frac{S_y}{\sigma_{\max}} = \frac{36 \text{ KSI}}{8.51 \text{ KSI}} = 4.2$$

Debido a que el factor de seguridad es de 4.2 se determina que el perfil utilizado es el adecuado.

3.5.2 DETERMINACIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Los rodamientos son elementos que se encuentran ubicados en las puntas de eje que acoplan las ruedas. Estos elementos están sometidos a dos tipos de carga:

- **Carga radial:** debido a la reacción que ejerce el piso sobre la llanta en dirección perpendicular al eje de la punta de eje.
- **Carga axial:** debido a la reacción que ejerce el piso sobre la llanta cuando se encuentra con una irregularidad no directamente en la dirección perpendicular, sino ligeramente desviada de la dirección vertical. Este tipo de carga se presenta también cuando el vehículo aborda una curva, se ejerce sobre él una fuerza centrífuga que tiende a desplazarlo hacia afuera de la trayectoria, de tal modo que sobre los neumáticos se ejerce una fuerza de rozamiento F_r , que luego se procede a determinarla.

Para el presente cálculo se debe tomar en cuenta la máxima reacción que se da sobre el eje 2, cuando el vehículo de competencia 4x4 se encuentra ubicado en $J = 258$ cm.

En la Figura N° 3.18. se indican los dos tipos de reacciones (cargas) que se ejercen sobre los rodamientos

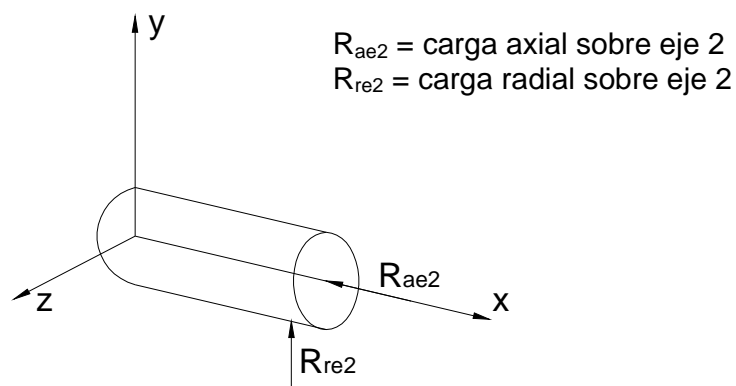


Figura N° 3.18. Cargas sobre los rodamientos.

Debido a esta configuración de cargas se deben utilizar rodamientos de rodillos cónicos, que además de cargas radiales, soportan también cargas axiales en un sentido.

La carga radial es la máxima reacción que se da sobre el eje 2 y tiene un valor de $R_{ae2} = 412.14 \text{ kg}$.

La carga axial se la determina de la siguiente manera (ver figura N° 3.19):

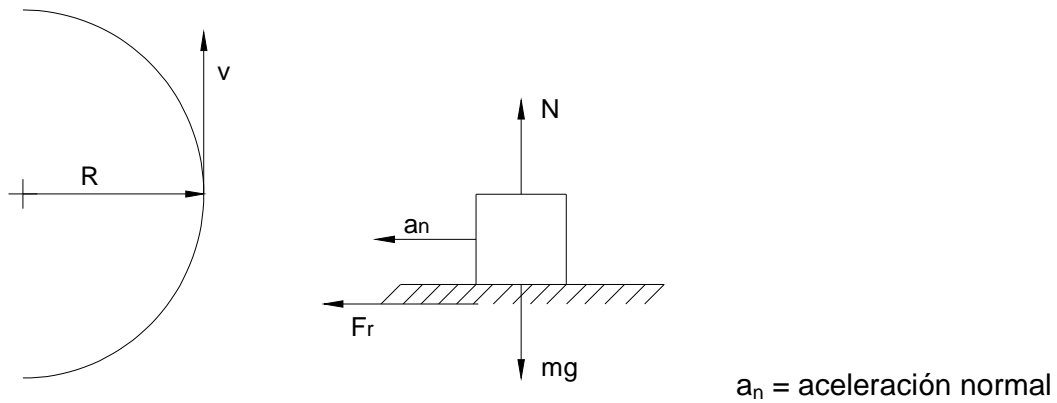


Figura N° 3.19. Carga axial sobre los rodamientos.

$$\Rightarrow \sum F_y = 0$$

$$\Rightarrow N = m * g$$

$$\sum F_x = m * a$$

$$\Rightarrow F_r = m * a_n = m * \frac{v^2}{R}$$

Ec. [3.20]

$$m * \frac{v^2}{R} = \mu * N \Rightarrow v = \sqrt{\mu * g * R}$$

$$\Rightarrow R = \frac{v^2}{\mu * g} = \frac{(25m/s)^2}{0.6 * (9.8m/s^2)} = 106.29m$$

Siendo $\mu = 0.6$ el coeficiente de fricción de las llantas contra el suelo, entonces

$$\Rightarrow R = \frac{v^2}{\mu * g} = \frac{(25m/s)^2}{0.6 * (9.8m/s^2)} = 106.29m$$

Se debe tener en cuenta que el peso total de la plataforma cargada P_T es de

$$P_T = P_{plat} + P_c + 4 * P_r \quad \text{Ec. [3.21]}$$

Siendo:

P_{plat} : Peso de la plataforma.

P_c : Peso de la carga.

P_r : Peso de la rueda.

Entonces se tiene que:

$$P_T = 236.9kg + 1500kg + 4 * (20.45kg)$$

$$P_T = 1818.71kg$$

$$\Rightarrow F_r = 1818.71kg \frac{(25m/s)^2}{(106.29m)} = 427.76N$$

$$\Rightarrow R_{ae2} = \frac{F_r}{g} = \frac{427.76N}{9.8m/s^2} = 43.64kg$$

Para la selección de los rodamientos más adecuados se utiliza el catálogo de rodamientos FAG (ANEXO 3), y considerando condiciones de carga dinámica, con los valores de las cargas axial y radial, se tiene en cuenta la siguiente relación:

$$P = F_{rad} \quad \text{para} \quad \frac{F_{ax}}{F_{rad}} \leq e \quad \text{Ec. [3.22]}$$

ó

$$P = 0.4 * F_{rad} + Y * F_{ax} \quad \text{para} \quad \frac{F_{ax}}{F_{rad}} > e \quad \text{Ec. [3.23]}$$

Siendo F_{ax} y F_{rad} , las cargas axial y radial que soporta el rodamiento respectivamente.

$$\Rightarrow \frac{F_{ax}}{F_{rad}} = \frac{R_{ae2}}{R_{re2}} = \frac{43.64kg}{412.14kg} = 0.105$$

Debido a éste valor entonces se determina que

$$P = F_r \quad \text{Ec. [3.24]}$$

Teniendo en cuenta que el diámetro de los neumáticos es 70 cm, y para una velocidad de desplazamiento del vehículo de 90 km/h, se procede a calcular el número de revoluciones por minuto a las que giran los neumáticos, así:

$$\begin{aligned} \dot{s} &= r * \dot{\theta} \\ \Rightarrow 25m/s &= 0.35m * \dot{\theta} \\ \Rightarrow \dot{\theta} &= 71.4 \frac{rad}{s} * \left| \frac{1rev}{2\pi} \right| * \left| \frac{60seg}{1min} \right| = 682RPM = n \end{aligned}$$

Con el valor de n se procede a determinar el valor del factor de velocidad f_n en la tabla de la página 265 del catálogo FAG (ANEXO 3), el mismo que tiene un valor de:

$$f_n = 0.401 \text{ para un valor de } n = 700 \text{ RPM}$$

Luego se determina el valor del factor f_L en la tabla de la página 263 del catálogo FAG (ANEXO 3), considerando a la plataforma remolque como coche pesado, así se tiene el valor de

$$f_L = 2.0$$

Finalmente se determina el factor de dureza f_H en la tabla de la página 249 del catálogo FAG (ANEXO 2), considerando que la temperatura de trabajo no supera los 150 °C, así se tiene el valor de

$$f_H = 1$$

Teniendo calculados y determinados los valores anteriores, se tiene que

$$C = \frac{f_L}{f_n * f_H} * P \quad \text{Ec. [3.25]}$$

Siendo C la capacidad de carga dinámica.

Entonces,

$$C = \frac{2}{0.401 * 1} * 412.14 \text{kg} = 2055.56 \text{kg}$$

Con el valor de C y utilizando la tabla para rodamientos de rodillos cónicos del catálogo FAG (ANEXO 3), se selecciona el siguiente rodamiento:

Denominación abreviada	d [mm]	D [mm]	B [mm]
320 05 X	25	47	15

3.5.3 DISEÑO DEL PIVOTE DEL BALANCÍN

Este pivote se dimensiona tomando en cuenta dos aspectos, el primero consiste cuando la plataforma esta sin movimiento por lo tanto el análisis se lo realiza primero con carga estática para flexión como se observa en la Tabla N° 3.11.

El segundo aspecto es cuando actúa sobre este pivote una carga dinámica por los desperfectos que se puedan encontrar en el camino.

Para carga estática se toma un factor de seguridad igual a: $n=2$, una carga de $P=421.14$, y un pequeño agujero de 3mm que aloja el pasador y se va a utilizar un material de acero de mediano carbono templado y revenido con un $S_y=627.6$

MPa, y un $S_{ut}=784.5$ Mpa, según el catalogo Norton para aceros de alta resistencia.

Con los datos anteriores se trata de escoger un pivote con un diámetro que logre soportar la fatiga para cargas dinámicas no inferiores a un factor de seguridad de 2.

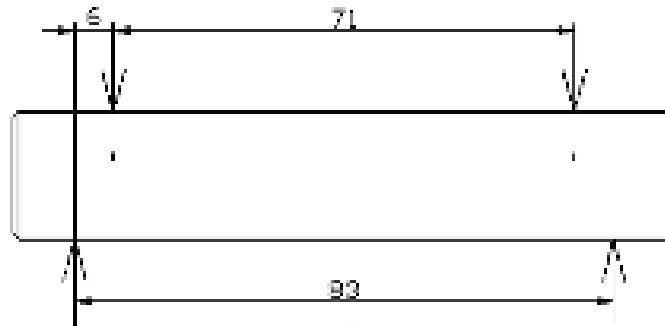


Figura N° 3.20. Pivote con esfuerzos flexionantes.

Realizando los gráficos de esfuerzos cortantes y momentos flectores Fig. N° 3.21, obtenemos un dato de momento máximo igual a, $M_{m\acute{a}x.}=1236.42$ [Kg.-mm].

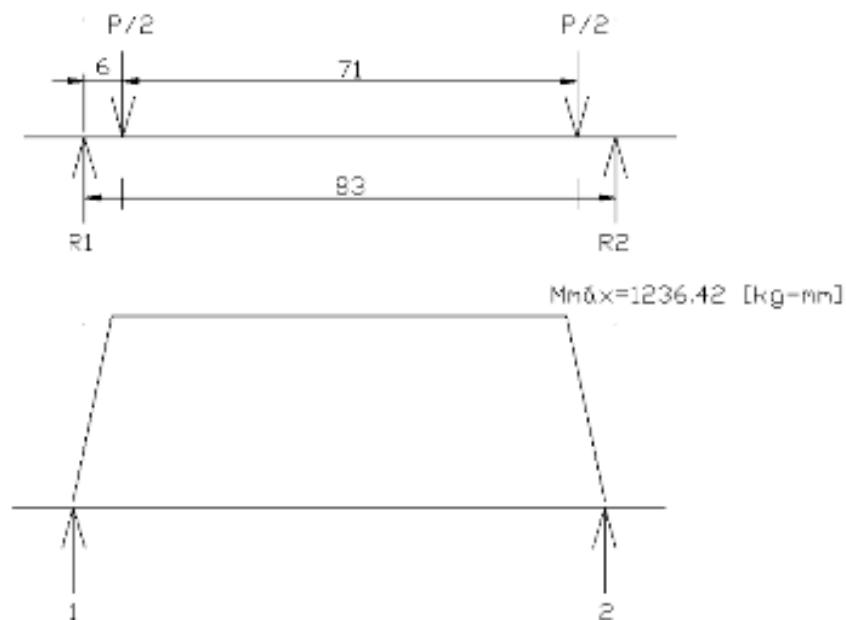


Figura N° 3.21. Esfuerzos cortantes y Momento flector.

Para iniciar con el cálculo tomamos la siguiente ecuación obtenida del libro de Shigley.

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{16}{\pi d^3} (M^2 + T^2)^{1/2} \quad \text{Ec. [3.26]}$$

Se supone que en el pivote no hay torsión por lo tanto la ecuación queda así:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{16}{\pi d^3} (M) \quad \text{Ec. [3.27]}$$

También se sabe que:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{S_y}{2n} \quad \text{Ec. [3.28]}$$

Luego se iguala la ecuación 3.20 y 3.21 y queda:

$$\frac{S_y}{2n} = \frac{16}{\pi d^3} (M) \quad \text{Ec. [3.29]}$$

Luego se despeja d y se reemplaza los valores conocidos quedando lo siguiente:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * M * n}{\pi * S_y}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * 1236.42 * 2}{\pi * 64}}$$

$$d = 7.33[mm]$$

Con el diámetro calculado se procede a realizar el análisis con carga dinámica de la siguiente manera:

Con la ecuación:

$$Se' = \left\{ \begin{array}{ll} 0.504 Sut & Sut \leq 200 \text{ Kpsi} (1400 \text{ Mpa}) \\ 100 \text{ Kpsi} & Sut > 200 \text{ Kpsi} \\ 700 \text{ Mpa} & Sut > 1400 \text{ Mpa} \end{array} \right\} \quad \text{Ec. [3.30]}$$

Se establece el límite de resistencia a la fatiga que es:

$$Se' = 0.504 * Sut$$

$$Se' = 0.504 * 784.5$$

$$Se' = 395.388 \text{ Mpa}$$

Luego se procede a calcular el factor de superficie que se obtiene de la ecuación 3.24 dada por el libro de Shigley.

$$ka = aS_{ut}^b \quad \text{Ec. [3.31]}$$

Los valores de a y b se obtienen de la tabla N° 3.13:

Tabla N° 3.13.- Factores de acabado de superficie.

ACABADO DE SUPERFICIE	FACTOR a		EXPONENTE b
	kpsi	Mpa	
Esmerilado (rectificado)	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Forjado	39.9	272	-0.995

Elaboración: Propia

Fuente: Libro de Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 4ª Ed. ¹⁷

¹⁷ SHIGLEY J. E., Manual de Diseño Mecánico, 4ª Edición, Tomo II, Editorial McGraw – Hill, México, 1989.

De acuerdo a la tabla N° 3.13 se escoge los valores de a y b para el caso de maquinado y:

$$ka = 0.771$$

El factor de tamaño de se determina a partir de la ecuación 3.25.

$$kb = \left\{ \begin{array}{ll} \left(\frac{d}{0.3} \right)^{-0.1133} & \text{in} \quad 0.11 \leq d \leq 2\text{in} \\ \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.1133} & \text{mm} \quad 2.79 \leq d \leq 51\text{mm} \end{array} \right\} \quad \text{Ec. [3.32]}$$

Utilizando la segunda expresión de la ecuación se obtiene:

$$kb = 0.994501$$

Utilizando la ecuación 3.33 para el factor de carga para torsión y cortante se tiene:

$$kc = 0.577 \quad \text{Ec. [3.33]}$$

Luego todos los factores de Marín restantes tienen el valor de la unidad y se obtiene S_e así,

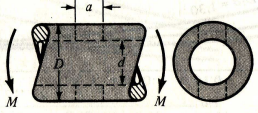
$$S_e = S'_e * ka * kb * kc * kd * ke \quad \text{Ec. [3.34]}$$

$$S_e = 395.388 * 0.771 * 0.994501 * 0.577 * 1 * 1$$

$$S_e = 174.934[\text{Mpa}]$$

A partir de la Tabla 3.14.

Tabla N° 3.14. Factores de de concentración de esfuerzos K_t , aproximados para barra o tubo circular con agujero transversal sometido a flexión.



a/D	d/D					
	0.9		0.6		0	
	A	K_t	A	K_t	A	K_t
0.050	0.92	2.63	0.91	2.55	0.88	2.42
0.075	0.89	2.55	0.88	2.43	0.86	2.35
0.10	0.86	2.49	0.85	2.36	0.83	2.27
0.125	0.82	2.41	0.82	2.32	0.80	2.20
0.15	0.79	2.39	0.79	2.29	0.76	2.15
0.175	0.76	2.38	0.75	2.26	0.72	2.10
0.20	0.73	2.39	0.72	2.23	0.68	2.07
0.225	0.69	2.40	0.68	2.21	0.65	2.04
0.25	0.67	2.42	0.64	2.18	0.61	2.00
0.275	0.66	2.48	0.61	2.16	0.58	1.97
0.30	0.64	2.52	0.58	2.14	0.54	1.94

Fuente: R. E. Peterson, *Stress Concentration Factors*, Wiley, Nueva York, 1974, págs. 146, 235.

Fuente: Libro de Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 4ª Ed.

Utilizando a/D y d/D se obtiene el factor de concentración esfuerzos;

$$\frac{a}{D} = 0.375$$

$$\frac{d}{D} = 0 \quad \text{[Por no poseer diámetro interno]}$$

$$A = 0.54$$

$$K_t = 1.94$$

Luego se calcula lo siguiente:

$$Z_{neto} = \frac{\pi A}{32D} (D^4) \quad \text{Ec. [3.35]}$$

$$Z_{neto} = \frac{\pi * 0.54}{32 * 2} (2^4)$$

$$Z_{neto} = 0.0266$$

Utilizando la Figura N° 3.22 se determina las sensibilidades de las mellas q :

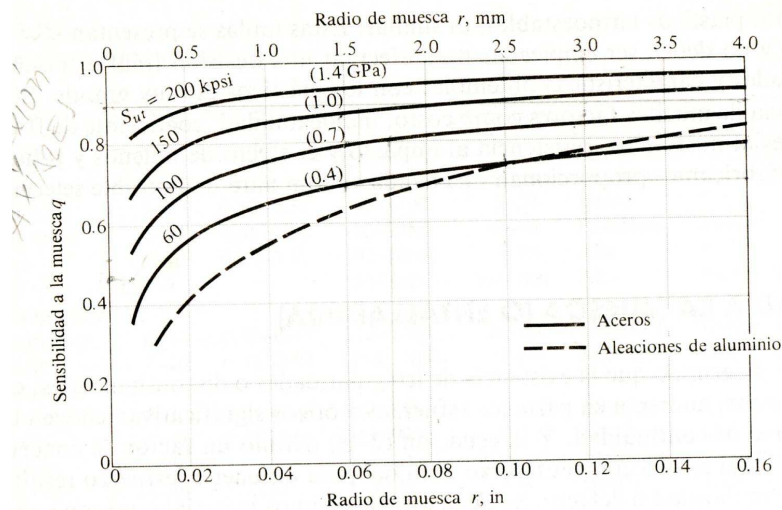


Figura N° 3.22. Diagrama de sensibilidad a la muesca para aceros sometidos a cargas de flexión y cargas axiales.

Según la figura se toma un valor $q=0.78$ y se calcula el factor de concentración de esfuerzos por fatiga para flexión.

$$k_f = 1 + q[Kt - 1] = 1 + 0.78 * (1.94 - 1) = 1.7332 \quad \text{Ec. [3.36]}$$

Con los valores de las ecuaciones 3.29, 3.28 se calcula el esfuerzo por flexión:

$$\sigma_x = K_f \frac{M}{Z_{neto}} \quad \text{Ec. [3.37]}$$

$$\sigma_x = 1.7332 * \left(\frac{12.12}{0.0266} \right)$$

$$\sigma_x = 789.996 [Mpa]$$

Luego se determina que los dos esfuerzos principales distintos de cero, a partir de un análisis por círculo de Mohr, son,

$$\sigma_A, \sigma_B = \frac{\sigma_x}{2} \pm \left[\left(\frac{\sigma_x}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2} \quad \text{Ec. [3.38]}$$

$$\tau_{xy} = 0$$

$$\sigma_A, \sigma_B = \frac{\sigma_x}{2} \pm \left[\left(\frac{\sigma_x}{2} \right) \right]$$

$$\sigma_A, \sigma_B = \sigma_x$$

Con la ecuación 3.32 se determina el esfuerzo de Von Mises,

$$\sigma' = \left(\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_B + \sigma_B^2 \right)^{1/2} \quad \text{Ec. [3.39]}$$

$$\sigma' = 0$$

$$\sigma' = \sigma_A$$

$$\sigma' = 789.996 [Mpa]$$

Por último se estima el factor de seguridad, y es,

$$n = \frac{Se}{\sigma'} \quad \text{Ec. [3.40]}$$

$$n = \frac{174.934}{789.996}$$

$$n = 0.221$$

El factor de seguridad calculado es muy pequeño por cuanto el elemento fallaría en el funcionamiento con carga dinámica, por lo que usando un método interactivo

y la forma descrita con anterioridad se calcula otro diámetro, lo que da como resultado un factor de seguridad con carga dinámica de:

Para:

$D = 20 \text{ mm.}$

$n = 4.05$

Este factor de seguridad es un valor aceptable para el funcionamiento del pivote del balancín, El material y medidas dadas también se llevan con el dimensionamiento.

Los parámetros calculados y que se van a utilizar son:

Material = acero de mediano carbono templado y revenido.

Diámetro=20

Con agujero transversal pasante para un pasador. Como muestra la figura N° 3.23.

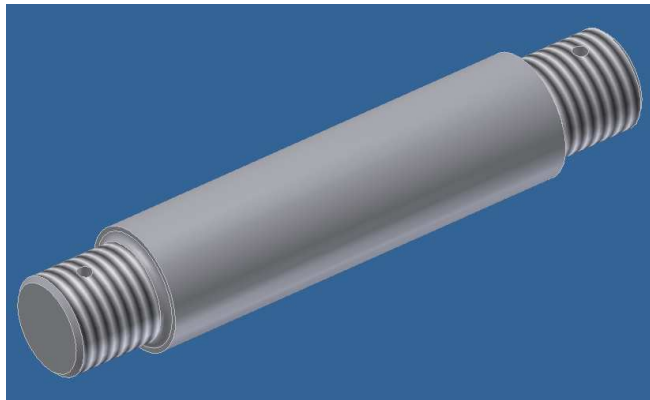


Figura N° 3.23. Pivote del balancín.

3.5.4 DISEÑO DE LAS PLACAS SOPORTE DE LAS BALLESTAS

El soporte del balancín es un elemento que va ir sujeto a la plataforma mediante soldadura y por lo tanto se va calcular el factor de seguridad con medidas preestablecidas para una de sus placas, este cálculo va a servir tanto para el soporte del balancín como para el balancín ya que se va a dimensionar con el valor total máximo de carga que se aplica en e uno de sus ejes.

El dimensionamiento se lo realiza también en el caso de que la placa este actuando con cargas dinámicas, las dimensiones y cargas axiales se ilustran en la figura N° 3.24.

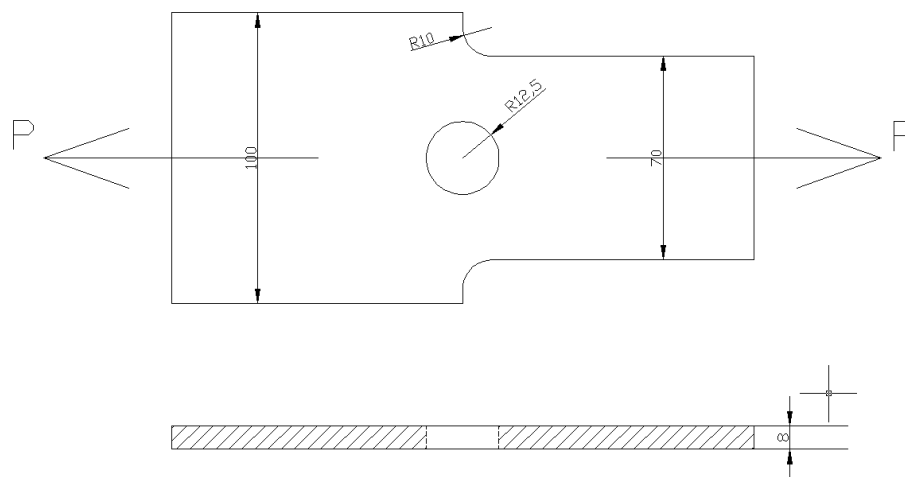


Figura N° 3.24. Dimensiones de la placa soporte.

Para el dimensionamiento se toma como material el acero ASTM 36, con la ecuación 3.30 se determina el límite de la resistencia a la fatiga y queda como resultado:

$$Se' = 0.504 * Sut$$

$$Se' = 201.408 [Mpa]$$

Con la ecuación 3.31 se calcula el factor de superficie,

$$ka = 0.922$$

El factor de tamaño en el caso de que se aplique una carga axial no existe efecto de tamaño por lo tanto se usa,

$$k_b = 1$$

El factor de carga esta dado por la ecuación 3.34 para una placa con carga axial es de:

$$k_c = 0.923 \quad \text{carga_axial} \quad S_{ut} \leq 1520[\text{Mpa}]$$

Todos los factores restantes tienen el valor de la unidad, y el límite de la resistencia a la fatiga viene dado por la ecuación 3.36 quedando un valor de:

$$S_e = S'_e * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e$$

$$S_e = 201.408 * 0.922 * 1 * 0.923$$

$$S_e = 171.399[\text{Mpa}]$$

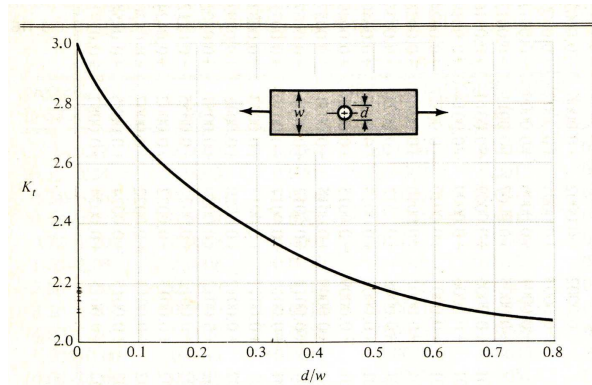
Para determinar el esfuerzo se analiza que gobierna la sección en el orificio utilizando la terminología de la tabla N° 3.15 se obtiene un $K_t = 2.5$. Con los siguientes datos:

$$d=20[\text{mm}]$$

$$w=100[\text{mm}]$$

$$r=10$$

Tabla N° 3.15. Barra con agujero transversal sometida a tensión o compresión.



Fuente: Libro de Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 4ª Ed.

La sensibilidad de la muesca se determina con la figura N° 3.22 tomando un valor de $q = 0.8$.

Utilizando la ecuación 3.29 se determina el factor de concentración de esfuerzo,

$$kf = 1 + q[Kt - 1] = 1 + 0.8 * (2.5 - 1) = 2.2$$

Luego el esfuerzo es:

$$\sigma_x = Kf \frac{M}{Z_{neto}}$$

$$\sigma_x = 2.2 * \left(\frac{412.4 * 9.8}{0.02 * 0.006} \right)$$

$$\sigma_x = 74.094 [Mpa]$$

Con las expresiones de esfuerzo y límite de la resistencia a la fatiga calculada se procede a calcular el factor de seguridad que nos da:

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

$$n = \frac{171..399}{74.094}$$

$$n = 2.3$$

Entonces se escoge una placa de espesor mínima de 6 [mm] para realizar los soportes ya que el factor de seguridad se lo puede considerar confiable para estos tipos de elementos.

3.5.5 DISEÑO DE LOS PERNOS DE SUJECION DE LA BALLESTA

Para desarrollar esta parte se selecciona un perno M14, el mismo que debe verificarse si soporta la carga que va a soportar, utilizando la Tabla 8-5 del libro de Shigley 5^{ta} edición, se obtienen los siguientes datos, descritos en la tabla N° 3.16:

Tabla N° 3.16. Especificación mecánica métrica para un perno de grado 10.9.

Grado METRICO 10.9	
Sp	830 [Mpa]
Sut	1040 [Mpa]
Sy	940 [Mpa]
D	14 [mm]
At	115 [mm ²]

Fuente: Libro de Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, 5^{ta} Edición, Tabla 8-4

Elaboración: Propia

3.5.5.1 Carga que soporta el perno

Ya se determina anteriormente que este perno va a soportar una carga de:

$$m_p = 206.07 \text{ kg}$$

Para empezar los cálculos se utiliza la relación:

$$Aa = 2Ap \quad \text{Ec. [3.40]}$$

Donde:

Aa: Área de la arandela.

Ap: Área del perno.

Entonces se procede a calcular el factor "c"

$$c = \frac{k_b}{k_b + k_m} \quad \text{Ec. [3.41]}$$

Donde:

k_b : Constante de rigidez del perno.

k_m : Constante de rigidez de los elementos empernados.

$$k_b = \frac{A * E}{l} \quad \text{Ec. [3.42]}$$

$$k_m = \frac{2 * A * E}{l}$$

Donde:

A: Área transversal basada en el diámetro mayor

l: Agarre.

E: Módulo de elasticidad.

$$c = \frac{\frac{A * E}{l}}{\frac{A * E}{l} + \frac{2 * A * E}{l}} = \frac{1}{1 + 2} = \frac{1}{3} = 0.33$$

Para determinar la precarga F_i se utiliza el siguiente rango:

$$0.6 * F_p < F_i < 0.9 * F_p \quad \text{Ec. [3.43]}$$

Donde:

F_p : Carga a la prueba.

$$F_p = A_t * S_p \quad \text{Ec. [3.44]}$$

$$F_p = 115 * 830 = 95450[N]$$

Considerando el límite superior del intervalo recomendado se tiene:

$$F_i = 0.9 * 95450 = 85905[Mpa]$$

Ahora según el criterio de Soderberg y considerando que estos pernos van a estar trabajando a fatiga se tiene:

$$F_i = A_t * S_y - \frac{c * \eta * P}{2} \left(\frac{S_y}{S_e} + 1 \right) \quad \text{Ec. [3.45]}$$

Donde:

S_y : Resistencia a la fluencia

S_e : Resistencia a la fatiga.

P : Carga externa total.

η : Factor de seguridad.

De la ecuación 3.45 se tiene:

$$\eta = \frac{2 * (A_i * S_y - F_i)}{c * P * \left(\frac{S_y}{S_e} + 1 \right)}$$

Pero:

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S_e' \quad \text{Ec. [3.46]}$$

$$S_e' = 19.2 + 0.314 * S_{uc} \quad \text{Ec. [3.47]}$$

Para materiales dúctiles se tiene $S_{uc} = S_{ut}$

$$S_e' = 132.3 + 0.314 * 1040$$

$$S_e' = 458.848 [\text{Mpa}]$$

Donde:

$k_a \rightarrow$ Considerando maquinado.

$$k_a = 0.78$$

$$k_b = 1$$

$k_c = 0.897$ Dando una confiabilidad del 90%

$$k_e = \frac{1}{K_f} = \frac{1}{2.2} = 0.45$$

$$k_e = \frac{1}{K_f} = \frac{1}{2.2} = 0.45$$

$$S_e = 0.78 * 1 * 0.897 * 0.45 * 0.45 * 458.848 [Mpa]$$

$$S_e = 65.01 [Mpa]$$

$$\eta = \frac{2 * (115 [mm^2] * 940 [Mpa] - 85905 [N])}{0.33 * 206.07 [Kg] * 9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right] * \left(\frac{940}{65.01} + 1 \right)}$$

$$\eta = 4.31$$

Con este resultado se ve claramente que el perno resiste para la aplicación dada, es más el perno soporta la carga con la que se realiza el cálculo y cualquier carga externa en algún momento dado.

3.5.6 DISEÑO DE LAS SOLDADURAS

Para la construcción de la plataforma remolque se utiliza soldadura en las juntas debido a que mediante este proceso se pueden unir las secciones de los perfiles, las mismas que son delgadas, sin necesidad de diseñar y construir sujetadores individuales, así como también disminuir el tiempo en el ensamblaje de la estructura, lo que repercute en el costo final de la plataforma.

Para el diseño de la soldadura se considera el triángulo de tiro, debido a que en este sistema se presentan las reacciones de mayor magnitud.

En la figura N° 3.26 se presenta un esquema lateral del triángulo de tiro y de las fuerzas que actúan sobre el mismo.

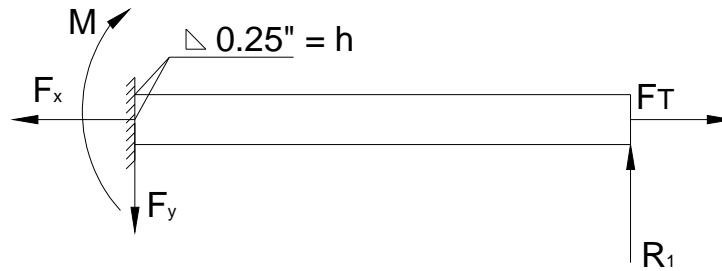


Figura N° 3.26 Reacciones sobre la soldadura del triángulo de tiro.

Donde:

$F_x = F_R = 1091.23 \text{ kg}$. (Produce tensión en toda la unión)

$F_y = R_1 = 102.49 \text{ kg}$. (Produce corte en toda la unión)

$h = 0.25''$ (medida de la garganta)

El momento producido por R_1 es:

$$M = 102.49 \text{ kg} * 100 \text{ cm} = 10249 \text{ kg} - \text{cm}$$

Debido a la configuración de la soldadura, el área de la soldadura se la calcula utilizando la tabla 9.2 de Shigley.

$$A = 0.707 * h * (2b + d)$$

$$A = 0.707 * (0.635 \text{ cm}) * [2 * (5 \text{ cm}) + 10 \text{ cm}]$$

$$A = 8.98 \text{ cm}^2$$

$$I_u = \frac{d^2}{12} * (6b + d) = \frac{(10 \text{ cm})^2}{12} * [6 * (5 \text{ cm}) + 10 \text{ cm}] = 333.33 \text{ cm}^3$$

$$I = 0.707 * h * I_u$$

$$I = 0.707 * (0.635 \text{ cm}) * (333.33 \text{ cm}^3) = 149.65 \text{ cm}^4$$

Debido a la presencia de las fuerzas tanto de remolque, como de apoyo, se presentan esfuerzos de flexión y torsión. Para el metal de soldadura el esfuerzo normal total es:

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A} + \frac{M * c}{I} = \frac{1091.23 \text{ kg}}{8.98 \text{ cm}^2} + \frac{10249 \text{ kg} - \text{cm} * (5 \text{ cm})}{149.65 \text{ cm}^4} = 463.95 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

El esfuerzo cortante vale

$$\tau_{xy} = \frac{F_y}{A} = \frac{102.49kg}{8.98cm^2} = 11.41kg / cm^2$$

3.6 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS NORMALIZADOS

Los elementos normalizados son aquellos que están disponibles en el mercado y se los puede adquirir previo un calculo o necesidad, todos estos elementos están disponibles bajo un catálogo dependiendo de los requerimientos y características en los que se los va a utilizar.

3.6.1 SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL NEUMÁTICO

Las dimensiones de los neumáticos se representan de la siguiente forma:

205/ 55 R 16 - 91 W

Dónde:

1. El primer número identifica el ancho de sección (de pared a pared) de la cubierta, expresado en milímetros.
2. El segundo número es el perfil, o altura del lado interior de la cubierta y se expresa en el porcentaje del ancho de cubierta que corresponde al flanco o pared de la cubierta. En algunas cubiertas se prescinde del mismo, considerando que equivale a un perfil 80.
3. El tercer número es el diámetro de la circunferencia interior del neumático en pulgadas, o también, el diámetro de la llanta sobre la que se monta.
4. El cuarto número indica el índice de carga del neumático. Este índice se rige por unas tablas en que se recogen las equivalencias en kg del mismo. En el ejemplo el índice "91" equivale a 615 kg por cubierta.

5. Finalmente la letra indica la velocidad máxima a la que el neumático podrá circular sin romperse o averiarse. Cada letra equivale a una velocidad y en el ejemplo el código W supone una velocidad de hasta 270 km/h.

En disposición se tiene un juego de aros Rin (diámetro) 15 pulgadas, por lo que se hace necesario escoger solamente un neumático que cumpla los requerimientos de carga y velocidad para este tamaño de aro.

De acuerdo a la nomenclatura que se presenta al inicio de este tema, el neumático a escogerse debe soportar una carga de 350 kg y estar sobre una velocidad de 90 [km], que constan en las tablas N°3.17 y N° 3.18.

Tabla N° 3.17. Índice de carga para neumáticos.

INDICE DE CARGA	CAPACIDAD DE CARGA [KG]
85	515
86	530
87	545
88	560
89	580
90	600
91	615
92	630
93	650

Fuente: <http://es.wikipedia.org>

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.18. Índice de velocidad para neumáticos.

INDICE DE VELOCIDAD	LIMITE DE VELOCIDAD [km/h]
T	190
H	210
V	240
W	270
Y	300
ZR	>240

Fuente: <http://es.wikipedia.org>

Elaboración: Propia

De acuerdo a las tablas anteriores y a la disponibilidad de aros diámetro 15 se escoge el siguiente Neumático, descrito en la tabla N° 3.19:

Tabla N° 3.19. Medidas del Neumático Escogido

Ancho de neumático	225
Alto de flanco	70
Radial	R
Diámetro	15
Índice de carga	85
Índice de velocidad	T

Elaboración: Propia

3.6.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE LUCES

La plataforma debe contar con un sistema de luces de acuerdo al reglamento de la Ley de Tránsito de la Policía Nacional, que en el caso de no poseerlas incluso es considerado una contravención leve de tercera clase, escrita en el Capítulo Quinto, Sección 3, Artículo 141, Literal o, de la Ley de Tránsito.

Debido a las condiciones señaladas anteriormente se debe elegir una pareja de conectores de siete puertos, para 12 voltios, que según el catálogo de AGER AUTO (ANEXO 4) son los productos que tienen los siguientes códigos:

- **010102:** clavija 7 P. 12 V. PVC tornillo.
- **020202:** base 7 P. 12 V. PVC tornillo.

3.6.3 SELECCIÓN DEL PIE DE APOYO

El pie de apoyo se va a escoger según el catalogo de productos WHEEL (ANEXO 5) para que soporte una capacidad de carga de 600Kg. Código de producto 18217.

3.6.4 SELECCIÓN DE LAS BALLESTAS

Debido a que en el diseño de la suspensión se dimensiona la mayoría de las partes, falta escoger un juego de hojas de resortes o paquetes para que se complete la suspensión de la plataforma, la selección se hace en base a la carga máxima que soporta cada eje que es de 412.14 [kg] por rueda que en promedio será 0.5 ton por rueda.

Se procede entonces a un análisis de posibles opciones de ballestas que se pueden conseguir en el mercado nacional, entre estas se tiene (ver tabla N° 3.20):

Tabla N° 3.20. Características de Ballestas.

Marca	Modelo	Capacidad [kg]
FORD	F 350	3791
TOYOTA	HILUX 4X2 Cabina Simple	1255

Elaboración: Propia

Teniendo en cuenta las características anteriormente señaladas y las características necesarias para el presente caso, se selecciona entonces las ballestas de la camioneta Toyota Hilux 4x2 Cabina Simple (ANEXO 6) que tienen la capacidad de carga esperada para cada rueda.

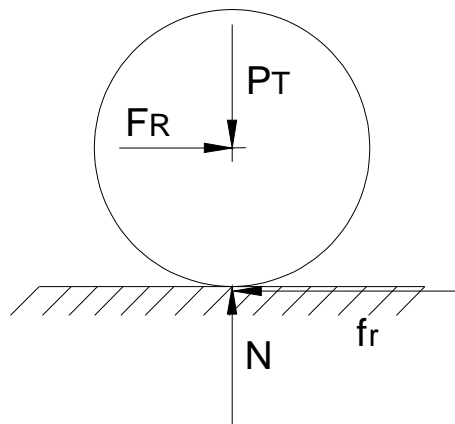
La selección de ballestas se hace de esta forma, tomando base en la Tesis de grado Diseño de una plataforma de cama alta acoplable a cabezales de transporte pesado para el traslado de contenedores realizado en la Facultad de Ingeniería Mecánica.

3.6.5 SELECCIÓN DEL CONJUGADO DE REMOLQUE

Para seleccionar el conjugado de remolque previamente se debe determinar que fuerza es la que se debe emplear para remolcar la plataforma cuando esta se encuentre cargada.

3.6.5.1 Determinación de la fuerza de tiro.

La fuerza de tiro o fuerza de remolque, es la fuerza necesaria para remolcar la plataforma, y se la determina de la siguiente manera, como indica la figura N° 3.27:



Siendo:

P_T = peso total de la plataforma cargada.

F_R = fuerza de remolque.

f_r = fuerza de fricción.

N = normal.

Figura N° 3.27. Diagrama de cuerpo libre de la rueda de la plataforma.

$$\begin{aligned} \Rightarrow \sum F_x &= 0 & \Rightarrow \sum F_y &= 0 \\ \Rightarrow F_R &= f_r & \Rightarrow P_T &= N \\ \Rightarrow F_R &= \mu * N & N &= 1818.71kg \\ \Rightarrow F_R &= 0.6 * (1818.71kg) \\ \Rightarrow F_R &= 1091.23kg \end{aligned}$$

Por lo que la $F_R = 1091.23 \text{ kg}$ es la fuerza mínima necesaria para remolcar la plataforma.

3.6.5.2 Determinación del conjugado de remolque

Debido a que la fuerza de remolque es:

$$F_R = 1091.23 \text{ kg} = 2400.7 \text{ lbs.}$$

La capacidad del conjugado de remolque a ser seleccionado debe ser superior a este requerimiento para garantizar que cuando se remolque la plataforma, no

ocurran accidentes como por ejemplo la rotura del gancho o de la bola de tiro y posterior desacople del vehículo remolcador.

Por lo que, la capacidad del gancho y de la bola de tiro debe ser mínimo de 2500 lbs.

3.6.6 SELECCIÓN DE LAS PUNTAS DE EJE

Para la selección de estos elementos que se los puede conseguir en locales de venta de repuestos automotrices en el mercado nacional (ver tabla N° 3.21), y tomando en cuenta el estudio para la selección de las ballestas, se procede con el siguiente análisis:

Tabla N° 3.21. Características de Ballestas.

Marca	Modelo	Capacidad [kg]
FORD	F 350	3791
FORD	GRANADA	1270
TOYOTA	HILUX 4X2 Cabina Simple	1255

Elaboración: Propia

Analizando las características anteriores y también tomando en cuenta los costos de los repuestos, se procede a seleccionar las puntas de eje del automóvil FORD GRANADA (ANEXO 6) que tienen la capacidad de carga esperada para cada rueda.

3.7 ELABORACIÓN DE PLANOS

Los planos de los elementos diseñados anteriormente están contenidos en el ANEXO 1.

CAPÍTULO 4

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO

4.1 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

Para realizar el procedimiento de construcción se debe contar con personal que conozca el manejo de máquinas herramientas, así como también de procesos de soldadura, para garantizar un óptimo ensamblaje de las partes y componentes de la plataforma remolque. Así como también contar con el equipo de protección personal para que cuando se este llevando a cabo el montaje no se tengan accidentes que pudieran afectar a la integridad física del personal que esté a cargo del mismo.

Dentro del equipo de protección personal (EPP), se pueden mencionar los siguientes (ver tabla No. 4.1):

Tabla N° 4.1. Equipo de Protección Personal.

DENOMINACIÓN	ABREVIATURA
Gafas de protección anti-parras.	GAP
Guantes de protección para manipular los perfiles y no sufrir cortaduras.	GPM
Guantes de protección para soldadura.	GPS
Máscara de soldar.	MS
Mascarilla de filtrado de aire	MA

Dentro del equipo, herramientas e insumos a ser utilizadas para maquinar las diferentes partes de la plataforma, se pueden mencionar los siguientes (ver tabla No. 4.2):

Tabla N° 4.2. Herramientas e Insumos.

DENOMINACIÓN	ABREVIATURA
Soldadora SMAW	SSMAW
Sierra manual	SM
Dobladora	D
Martillo	M
Taladro de pedestal	TP
Entenalla	E
Calibrador	C
Flexómetro	F
Amoladora	A
Sierra Alternativa	SA
Lima	L
Cepillo de Alambre	CA
Playo de Presión	PP
Llave de Tuercas	LLT
Compresor de Aire	COA
Esmeril	ES
Escuadra	ESC
Rayador	R
Pie de Apoyo	PA
Engrasadora	EGR
Torno	T
Prensa Hidráulica.	PH
Destornilladores.	DT
Corta frío.	CF
Estilete.	ET
Taladro Manual.	TM
Cortadora Eléctrica.	CE
Lija de Madera.	LM
Lija de Agua.	LA

4.1.1 CONSTRUCCIÓN DEL CUADRO PRINCIPAL DE LA PLATAFORMA

Para la construcción del cuadro principal de la plataforma se va utilizar perfil estructural tipo correa “G” de las siguientes dimensiones A = 100mm, B = 50 mm, C = 15mm y e = 3mm, el mismo que está hecho de acero A-36 (catálogo DIPAC, ANEXO 2).

El proceso de construcción se detalla a continuación, tabla No. 4.3:

Tabla 4.3 Construcción del cuadro principal de la plataforma.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Medición y trazado de las longitudes del perfil requerido.	F, R	GPM
2	Corte del perfil.	A	GPM, GAP
3	Ubicación de los segmentos según los planos (ANEXO 1).	ESC, F	GPM
4	Soldadura de juntas.	SSMAW	MS, GPS
5	Pulido de las soldaduras.	A, L, CA	GPM, GAP

4.1.2 CONSTRUCCIÓN DE LAS RIELES DE LA PLATAFORMA

Para las rieles se utiliza el perfil estructural tipo correa “G” de las siguientes dimensiones A = 100mm, B = 50 mm, C = 15mm y e = 3mm que está hecho en acero A-36 (catálogo DIPAC, ANEXO 2).

El proceso de construcción se detalla en la tabla No. 4.4.

Tabla 4.4 Construcción de las rieles de la plataforma.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Medición y trazado de las longitudes del perfil requerido.	F, R	GPM
2	Corte del perfil.	A, SM	GPM, GAP
3	Ubicación de los segmentos según los planos (ANEXO 1).	ESC, F	GPM
4	Soldadura de juntas.	SSMAW	MS, GPS
5	Pulido de las soldaduras.	A, L, CA	GPM, GAP

4.1.3 CONSTRUCCIÓN DE LOS APOYOS DEL PISO DE LA RIEL

Para los apoyos del piso de las rieles se utiliza el perfil estructural ángulo “L” doblado de 40 x 40mm de lado y 4mm de espesor que está hecho en acero A-36 (catálogo DIPAC, ANEXO 2).

El proceso de construcción se detalla en la tabla No. 4.5:

Tabla 4.5 Construcción de los apoyos de la riel.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Medición y trazado de las longitudes del perfil requerido.	F, R	GPM
2	Corte del perfil.	A, SM	GPM, GAP
3	Ubicación de los segmentos según los planos (ANEXO 1).	ESC, F	GPM
4	Sujeción de los segmentos en las posiciones indicadas	PP	GPM
5	Soldadura de juntas.	SSMAW	MS, GPS
6	Pulido de las soldaduras.	A, L, CA	GPM, GAP
7	Pre-pintado de los apoyos	COA	MA

4.1.4 CONSTRUCCIÓN DEL TRIÁNGULO DE TIRO

Para el triángulo de tiro se utiliza el perfil estructural tipo correa "G" de las siguientes dimensiones A = 100mm, B = 50 mm, C = 15mm y e = 3mm que está hecho en acero A-36 (catálogo DIPAC, ANEXO 2).

El proceso de construcción se detalla en la tabla No. 4.6:

Tabla 4.6 Construcción del triángulo de tiro.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Medición y trazado de las longitudes del perfil requerido.	F, R	GPM
2	Corte de los perfiles.	A, SM	GPM, GAP
3	Trazado de los centros de los agujeros para montaje del gancho de tiro en el perfil.	F, R, M	GPM
4	Taladrado de los agujeros en el perfil, para montaje del gancho de tiro.	TP, E	GAP, GPM
5	Eliminación de rebabas.	L	GPM
6	Ubicación de los perfiles según los planos (ANEXO 1).	ESC, F	GPM
7	Soldadura de juntas.	SSMAW	MS, GPS
8	Pulido de las soldaduras.	A, L, CA	GPM, GAP
9	Montaje del gancho de tiro.	LLT	GPM

4.1.5 CONSTRUCCIÓN DE LOS TRAVESAÑOS

Para los travesañes se utiliza el perfil estructural tipo correa "G" de las siguientes dimensiones A = 100mm, B = 50 mm, C = 15mm y e = 3mm que está hecho en acero A-36 (catálogo DIPAC, ANEXO 2).

El proceso de construcción se detalla en la tabla No. 4.7:

Tabla 4.7 Construcción de los travesaños.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Medición y trazado de las longitudes del perfil requerido.	F, R	GPM
2	Corte del perfil.	A, SM	GPM, GAP
3	Ubicación de los segmentos según los planos (ANEXO 1).	ESC, F	GPM
4	Sujeción de los segmentos en las posiciones indicadas.	PP	GPM
4	Soldadura de juntas.	SSMAW	MS, GPS
5	Pulido de las soldaduras.	A, L, CA	GPM, GAP

4.1.6 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL PISO DE LAS RIELES

Para el piso de las rieles se utiliza tablonces de madera Tangaré.

El proceso de construcción y montaje se detalla a en la tabla No. 4.8:

Tabla 4.8 Construcción y montaje del piso de las rieles.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Medición y trazado de las longitudes de los tablones requeridos según los planos (ANEXO 1).	F, R	GPM
2	Corte de los tablones.	CE	GPM, GAP
3	Pulido de aristas.	LM	GPM
4	Pintado de los tablones.	COA	MA
5	Ubicación de los tablones según los planos (ANEXO 1).	F	GPM
6	Perforado de agujeros en los tablones.	TM	GPM
7	Ubicación de pernos de sujeción.		GPM
8	Ajuste de pernos.	LLT	GPM

4.1.7 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS SOPORTES DE LAS BALLESTAS

Para los soportes de las ballestas se utiliza chapa metálica de espesor $e = 6\text{mm}$ que está hecha en acero A-36 (catálogo DIPAC, ANEXO 2).

El proceso de construcción y montaje se detalla en la tabla No. 4.9.

Tabla 4.9 Construcción y montaje de los soportes de las ballestas.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Medición y trazado de las longitudes de las placas requeridas.	F, R	GPM
2	Corte del perfil.	A, SM	GPM, GAP
3	Medición y trazado de los centros de los agujeros.	F, R, M	GPM
4	Taladrado de los agujeros.	TP, E	GPM
5	Eliminación de rebabas.	L	GPM
6	Doblado de las placas según los planos (ANEXO 1).	ES, F, PP	GPM
7	Ubicación del soporte en la plataforma según los planos (ANEXO 1)	F	GPM
8	Soldadura de juntas.	SSMAW	MS, GPS
9	Pulido de las soldaduras.	A, L, CA	GPM, GAP
10	Suspensión de la plataforma a desnivel.	PA	GPM
11	Ubicación de los soportes según los planos.	F, PP	GPM
12	Soldadura de juntas.	SSMAW	MS, GPS
13	Pulido de las soldaduras	A, L, CA	GPM, GAP

4.1.8 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL BALANCÍN

Para la construcción del balancín se utiliza chapa metálica de espesor $e = 6\text{mm}$, hecha en acero A-36 (catálogo DIPAC, ANEXO 2).

El proceso de construcción y montaje se detalla en la tabla No. 4.10.

Tabla 4.10 Construcción y montaje del balancín.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Medición y trazado de las longitudes de las placas requeridas.	F, R	GPM
2	Corte del perfil.	A, SM	GPM, GAP
3	Medición y trazado de los centros de los agujeros.	F, R, M	GPM
4	Taladrado de los agujeros.	TP, E	GPM
5	Eliminación de rebabas.	L	GPM
6	Ubicación de las placas según los planos (ANEXO 1).	ES, F, PP	GPM
7	Ubicación del bocín.	F, PP	GPM
8	Soldadura de juntas.	SSMAW	MS, GPS
9	Pulido de las soldaduras.	A, L, CA	GPM, GAP
10	Pintado del balancín.	COA	MA
11	Montaje del balancín en el soporte de la plataforma.	LLT	GPM

4.1.9 MONTAJE DE LAS BALLESTAS

Las ballestas fueron seleccionadas según las condiciones de carga analizadas en el Capítulo 3 y según los catálogos que se encuentran en el Anexo 6.

El proceso de montaje se detalla en la tabla No. 4.11.

Tabla 4.11 Montaje de las ballestas.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Ubicación de las ballestas en sus respectivos lugares.	PA	GPM
2	Acoplamiento de los bujes en el ojo de la ballesta.	M	GPM
3	Acoplamiento de los pernos de sujeción.	LLT	GPM

4.1.10 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS EJES QUE ACOPLAN LAS RUEDAS

Para los ejes que acoplan las ruedas se utiliza el tubo redondo de 2 ½ pulg de diámetro, que está hecho en acero A-36 (catálogo DIPAC, ANEXO 2).

En los extremos de éstos ejes se acoplan unos elementos llamados puntas de eje, sobre los cuales van montados los rodamientos, que acoplan con la manzana, donde posteriormente irá acoplada la rueda.

El proceso de construcción y montaje se detalla en la tabla No. 4.12.

Tabla 4.12 Construcción y montaje de los ejes que acoplan las ruedas.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Medición y trazado de las longitudes del perfil requerido.	F, R	GPM
2	Corte del perfil.	A, SM	GPM, GAP
3	Ubicación de las puntas de eje según los planos (ANEXO 2).	T	GPM
4	Soldadura de juntas.	SSMAW	MS, GPS
5	Pulido de las soldaduras.	A, L, CA	GPM, GAP
6	Ubicación de los rodamientos en las manzanas.	PH	GPM
7	Ubicación del conjunto en las puntas de eje.	EGR, LLT	GPM
8	Montaje y sujeción de los ejes sobre las ballestas de la plataforma.	LLT	GPM

4.1.11 PINTADO GENERAL DE LA ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA REMOLQUE

Para realizar el pintado de la plataforma remolque se debe tener en cuenta lo señalado en ambiente de trabajo y que son los factores de corrosión y abrasión que debe soportar la estructura. Teniendo en cuenta esto se debe seleccionar adecuadamente el o los recubrimientos que van a ser aplicados sobre la superficie de la estructura, los mismos que son:

- Pintura anti-corrosiva.
- Pintura de acabado final.

El procedimiento de pintado se lo detalla en la tabla No. 4.13.

Tabla 4.13 Pintado general de la estructura de la plataforma remolque.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Eliminación de óxido y grasa de la superficie.	LA	GPM
2	Aplicación de las capas de pintura en la superficie de la plataforma remolque.	COA	MA

4.1.12 MONTAJE DEL SISTEMA DE LUCES

El montaje de los elementos que conforman el sistema de luces se debe realizar de la siguiente forma descrita en la tabla No. 4.14.

Tabla 4.14 Montaje del sistema de luces.

PROCESO		MÁQUINAS Y/O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
1	Derivación de la energía de las luces posteriores del vehículo remolcador hacia la base de 7 puertos.	CF, ET, DT	GPM
2	Ubicación y fijación de la base en el chasis del vehículo.	F, R, TM, DT	GPM
3	Cableado de luces en la plataforma remolque.	CF, ET, DT	GPM
4	Ubicación de los faros en las posiciones indicadas en los planos (anexo 1).	F, R, TM, DT	GPM

Nota: Hay que tomar muy en cuenta que las conexiones eléctricas deben estar correctamente aisladas con adhesivo aislante, para de esta manera evitar posibles corto-circuitos que puedan afectar tanto al sistema de luces de la plataforma remolque, como al vehículo remolcador.

4.2. Pruebas de Campo

Mediante las pruebas de campo se procede a determinar y garantizar que la estructura de la plataforma es resistente cuando se le aplica carga, y no presenta fallas que en lo posterior pueden afectar tanto al vehículo de competencias 4x4, como al vehículo remolcador.

En las siguientes figuras (No. 4.1, No. 4.2, No. 4.3 y No. 4.4) se describe mediante fotografías las pruebas de campo realizadas fuera y dentro de la universidad.



Figura N° 4.1. Pruebas de campo: En el taller de construcción.



Figura N° 4.2. Pruebas de campo: Con Autoridades de la Facultad de Ingeniería Mecánica.



Figura N° 4.3. Pruebas de campo: Con Autoridades de la Facultad de Ingeniería Mecánica.



Figura N° 4.4. Pruebas de campo: Remolcando la plataforma en los parqueaderos de la universidad.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE COSTOS

5.1 COSTO DE LA PLATAFORMA REMOLQUE

Para determinar el costo real de la plataforma remolque, se debe considerar algunos factores como por ejemplo:

- Costos de materiales.
- Costos de montaje y pruebas.
- Costos de acabados.
- Costos de mano de obra.
- Costos de diseño y varios.

5.1.1. COSTOS DE MATERIALES

El costo de los materiales (ver tabla N° 5.1) se refiere a los desembolsos que se debe realizar para adquirir los mismos, como por ejemplo: perfiles, elementos normalizados, partes para el sistema eléctrico, ruedas, que se describen en la siguiente tabla. Cabe destacar también que los materiales para la construcción de la plataforma fueron adquiridos en el mercado nacional.

Tabla N° 5.1 Costos de Materiales

Cant.	Descripción	Valor Unitario [dólares]	Valor Total [dólares]
6	Perfil estructural correa "G" 100x50x15x3mm	26.62	159.73
1	Perfil estructural ángulo "L" doblado 25x25x3mm	12.15	12.15
1	Tubo estructural redondo 2 ½ pulg x 3mm	44	44
2	Plancha de acero antideslizante (Tol Corrugado) 3mm.	123.22	246.44
2	Tubo redondo 1 pulg.	22.50	45
1	Tubo cuadrado 1 ½" x 3 mm	22.10	22.10
1	Perfil Estructural Canal "U" 50x25x3mm	15	15
4	Puntas de eje	25	100
4	Ballestas	15	60
8	Abrazadera de ballesta	6.80	54.40
4	Bujes de caucho	7	28
	Pernos	30	30
	Cables eléctricos	11.76	11.76
	Conectores	8	8
2	Faros	5.22	10.44
1	Pie de apoyo	55	55
1	Gancho de tiro	27.50	27.50
4	Aros R15	15	60
4	Neumáticos	20	80
4	Placa de soporte de ballesta	5	20
	TOTAL		1089.52

Cabe destacar que todos los ítems señalados anteriormente se los puede conseguir dentro del mercado nacional ecuatoriano.

5.1.2. COSTOS DE MONTAJE Y PRUEBAS

Dentro de estos costos (ver tabla N° 5.2) se debe considerar el valor a pagar por los insumos que se debe adquirir para realizar el montaje de la plataforma remolque.

Tabla N° 5.2 Costos de Montaje

Cant.	Descripción	Valor Unitario [dólares]	Valor Total [dólares]
3	Discos de corte	2.10	6.30
1	Discos de pulir	3	3
2	Electrodos E6011	4	8
1	Cepillo de alambre	2.50	2.50
3	Adhesivo aislante	0.50	1.50
	Pruebas	20	20
	TOTAL		41.30

5.1.3. COSTOS DE ACABADOS

Se debe tener en cuenta que la plataforma remolque estará expuesta a la mirada y crítica de las personas que estén a su alrededor, motivo por el cual la misma deberá tener una apariencia agradable a la vista. Por tal razón los acabados deben ser buenos no solamente por apariencia, sino también para proteger a la estructura de la plataforma de la corrosión.

Los costos (ver tabla N° 5.3) de acabados se describen a continuación:

Tabla N° 5.3 Costos de Acabados

Cant.	Descripción	Valor Unitario [dólares]	Valor Total [dólares]
4	Lija de agua N° 240	0.60	2.40
1	Pintura anti-corrosiva	11.64	11.64
1	Pintura de acabado	20	20
1	Diluyente de pintura	5.60	5.60
2	Cinta de seguridad reflectiva	13.14	26.28
		TOTAL	65.92

5.1.4. COSTOS DE MANO DE OBRA

Debido a que se requiere de personal capacitado ya sea en el área de: soldadura, torneado, montaje, electricidad, pintura, para el montaje de la plataforma remolque, esto genera un costo (ver tabla N° 5.4) de mano de obra, el mismo que se describe a continuación:

Tabla N° 5.4 Costos de Mano de Obra

Cant.	Descripción	Valor Unitario [dólares]	Valor Total [dólares]
2	Acoplado de las puntas de eje en los ejes que soportan las ruedas.	80	160
4	Modificación y acabados de las ballestas.	40	160
4	Corte y acoplado de almohadillas en los ejes que soportan las ruedas.	5	20
	Corte y doblado de los componentes de los soportes de la suspensión.	80.50	80.50
	Soldadura de la estructura de la plataforma.	250	250
	Montaje de las partes y accesorios.	20	20
	Instalación eléctrica.	20	20
	Pintura.	50	50
		TOTAL	760.5

5.1.5. COSTOS DE DISEÑO Y VARIOS

Para realizar la construcción de la plataforma previamente se debe realizar el diseño, y para esto surgen costos (ver tabla N° 5.5) en cuanto a movilización, papelería entre otros, los mismos que se describen a continuación:

Tabla N° 5.5 Costos de Diseño y Varios

Cant.	Descripción	Valor Unitario [dólares]	Valor Total [dólares]
	Costos de diseño.	400	400
	Papelería.	15	15
	Movilización.	200	200
	Impresión de documentos.	20	20
	Impresión de planos	10	10
	TOTAL		645

5.1.6. COSTOS TOTALES

Estos costos (ver tabla N° 5.6) se obtienen de la sumatoria de los costos analizados y calculados anteriormente. Se describe a continuación:

Tabla N° 5.6 Costos Totales.

Descripción	Valor [dólares]
Costos de Materiales.	1089.52
Costos de Montaje y Pruebas.	41.30
Costos de Acabados.	65.92
Costos de Mano de Obra.	760.50
Costos de Diseño y Varios.	645
TOTAL	2602.24

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1. El diseño y posterior construcción de la plataforma – remolque permite la aplicación de los conocimientos obtenidos de Ingeniería Mecánica tales como: Estática, Resistencia de Materiales, Elementos de Máquinas, Dibujo Mecánico, Diseño de Máquinas, Selección de Materiales, etc., en un proyecto real.
2. La plataforma – remolque permite que el transporte de vehículos de competencia 4x4 se lo haga de manera segura, con bajos costos de transporte y además brinda la posibilidad al propietario de contar siempre con la disponibilidad de transporte.
3. La plataforma – remolque puede ser usada también para el transporte de otro tipo de vehículos, tales como: automóviles, camionetas, siempre y cuando no excedan la capacidad límite de carga.
4. El costo de la plataforma – remolque es asequible a las posibilidades económicas de los propietarios de vehículos competencia 4x4, debido a que su diseño es sencillo y funcional.
5. La suspensión de la plataforma – remolque brinda un transporte suave del vehículo al transitar por superficies muy agrestes, y de la misma forma la intensidad de las cargas cíclicas sobre los componentes de la plataforma se reducen, con lo cual la vida útil de la misma aumenta.
6. La plataforma – remolque tiene la capacidad de transportar 1500 kg de manera segura.

7. El mantenimiento de la plataforma – remolque es sencillo debido a que los componentes a los cuales se los debe revisar son fáciles de armar y desarmar para chequear su estado, y posiblemente su reemplazo.
8. Con la utilización de tablonés de madera Tangaré se logra aumentar el coeficiente de rozamiento entre las ruedas del vehículo de competencia 4x4 y el piso de las rieles, con lo que se puede garantizar que el mismo no resbale de su posición inicial.

6.2 RECOMENDACIONES

1. Un estudio de mercado permite recabar información de las necesidades reales que tienen los usuarios y de esta manera realizar un diseño sencillo y funcional que satisfaga las mismas.
2. La utilización de catálogos de productos con los que cuenta el mercado nacional permite reducir los costos de fabricación de la plataforma, debido a que evita el pago de impuestos y tiempo de importación.
3. El uso de software de diseño como por ejemplo INVENTOR, es de gran ayuda para la realización de este tipo de proyectos, debido a que reduce el tiempo de diseño.
4. Se debe realizar un mantenimiento con una determinada periodicidad, para de esta manera conservar a la plataforma – remolque en óptimas condiciones y también extender su vida útil.
5. El manejo del vehículo remolcador se lo debe hacer con mucha precaución, tomando muy en cuenta la longitud y el ancho de la plataforma.
6. Tomar en cuenta que la detención del vehículo remolcador acoplado a la plataforma cargada con el vehículo de competencia 4x4 requiere de mayor presión de frenado, por lo que se debe utilizar marchas bajas.

BIBLIOGRAFÍA

- SHIGLEY J. E., Manual de Diseño Mecánico, 4ª Edición, Tomo II, Editorial McGraw – Hill, México, 1989.
- FERDINAND P. BEER, RUSSELL JOHNSTON, Mecánica Vectorial para Ingenieros (Estática), 5ª Edición, Editorial McGraw – Hill, México, 1990.
- MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, 9ª Edición, Tomos I y II, Editorial McGraw – Hill, México, 1995.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización; Código de Dibujo Técnico y Mecánico; Normalización #009. Quito. 1989.
- Andrade V., José, Sánchez A., Héctor, 2007, “Diseño de una Plataforma Cama Alta Acoplable a Cabezales de Transporte Pesado para el Traslado de Contenedores”, Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, EPN, Quito, Ecuador.
- VARGAS, J; Guía de los fundamentos de Dibujo Industrial; E.P.N., Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador, 2006.
- INEN; Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981.
- VARGAS, J; Producción por Virutaje; E.P.N., Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador, 2006.
- www.pensketruckrental.com/espanol/camiones_accesorios/remolques.html
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/rozamiento/general/rozamiento.htm>
- <http://www.inamhi.gov.ec/swf/mapaciudades.swf>
- <http://www.worldmeteo.info/es/tiempo.html?id=ECXX0002>
- <http://www.mecanicavirtual.org/suspension3.htm>
- <http://www.coches.net/noticias/toyota-toyota-hilux-el-mas-duro-529-prno.aspx>
- www.bravo.net/ford/f-350.htm
- <http://www.lincolnversailles.com/Granada/76%20Owners%20Manual/76OM55.htm>
- http://www.carfolio.com/specifications/models/car/?car=31999#a_bodywork
- <http://www.fedrelandsvennen.no/amcar/brochures/ford/78granada/12.html>

- <http://www.agremolques.com/respuesta.php?idp=1>
- http://www.wheelsa.com/catalogo/catalogo_wheel.pdf
- www.remolquesalce.es/content/remolques_porta_vehiculos.htm - 20k -
- <http://www.dutton-lainson.com/products.php?cat=17&pg=4>

ANEXOS

ÍNDICE

RESUMEN	1
PRESENTACIÓN	7
CAPÍTULO 1	8
MARCO TEÓRICO.....	8
1.1 GENERALIDADES	8
1.1.1 LA SUSPENSIÓN	8
1.1.1.1 Muelles	9
1.1.1.1.1 Ballestas.....	10
1.1.1.1.2 Muelles helicoidales.....	12
1.1.1.1.3 Barra de torsión.....	12
1.1.1.2 Amortiguadores	13
1.1.1.3 Barras estabilizadoras	15
1.1.1.4 Neumáticos	16
1.1.1.4.1 Características.....	17
1.1.1.5 Tipos de sistemas de suspensión	19
1.2 ESTUDIO DE PLATAFORMAS Y REMOLQUES.....	19
1.2.1 PLATAFORMA.....	19
1.2.2 REMOLQUE.....	20
1.2.2.1 Conducción con remolque.....	21
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	23
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
1.4 ALCANCE	23
CAPITULO 2	24
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	24
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	24
2.1.1 SITUACIÓN INICIAL	24
2.1.2 SITUACIÓN FINAL.....	24
2.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FUNCIONALES Y	
PARAMETROS DE DISEÑO	25
2.2.1 PARAMETROS FUNCIONALES	25
2.2.1.1 Capacidad.....	25
2.2.1.2 Accionamiento.....	26
2.2.1.3 Voltaje.....	26
2.2.1.4 Dimensiones	27
2.2.2 AMBIENTE DE TRABAJO.....	27
2.2.2.1 Características Medio Ambientales	27
2.2.2.1 Características del suelo de la pista de competencia	28
2.2.3 VIDA ÚTIL DE LA PLATAFORMA REMOLQUE	28
2.2.4 COSTOS DE FABRICACIÓN DE LA PLATAFORMA REMOLQUE.....	28
2.2.5 TRANSPORTABILIDAD.....	29
2.2.6 APARIENCIA.....	29
2.2.7 CORROSIÓN.....	29

2.2.7.1 Tipos de Corrosión	30
2.2.7.1.1 General o Uniforme	30
2.2.7.1.2 Galvánica.....	30
2.2.7.2 Control de la corrosión.....	31
2.2.7.2.1 Protección catódica	31
2.2.7.2.2 Protección anódica	32
2.2.7.2.3 Selección de materiales	32
2.2.7.2.4 Recubrimientos	32
2.2.7.2.5 Diseño.....	33
2.2.8 MATERIALES.....	34
2.2.9 LIMPIEZA DE LA PLATAFORMA REMOLQUE	35
2.2.10 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES	35
2.2.10.1 Materiales a utilizar	35
2.2.10.2 Peso de la plataforma remolque.....	36
2.2.10.3 Costo máximo.....	36
2.2.10.4 Facilidad de operación y mantenimiento	36
2.3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	37
2.3.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO	39
2.3.1.1 Alternativa No. 1: Remolque de un eje con plataforma y rampas largas....	39
2.3.1.2 Alternativa No. 2: Remolque de un eje con plataforma tipo riel basculante	40
2.3.3.1 Método de selección	43
2.3.3.2 Determinación del peso para cada parámetro	44
2.3.3.2.1 Capacidad	45
2.3.3.2.2 Ambiente de trabajo	45
2.3.3.2.3 Vida útil.....	45
2.3.3.2.4 Costos de fabricación	45
2.3.3.2.5 Transportabilidad	46
2.3.3.2.6 Apariencia.....	46
2.3.3.2.7 Materiales	46
2.3.3.2.8 Limpieza	46
2.3.3.2.9 Facilidad de operación y mantenimiento	46
2.3.3.3 Decisión de la alternativa para la plataforma remolque.....	47
2.3.3.4 Evaluación de los factores.....	47
2.3.3.4.1 Capacidad de peso de vehículo a transportar	48
2.3.3.4.2 Costo de fabricación	48
2.3.3.4.3 Transportabilidad	48
2.3.3.4.4 Apariencia	49
2.3.3.5 MATRIZ DE DECISIÓN	51
2.3.3.6 CONCLUSIÓN:	52
2.3.3.7 JUSTIFICACIÓN DE LA CALIFICACIÓN.....	53
2.4 PROTOCOLO DE PRUEBAS	54
2.4.1 VERIFICACIÓN DEL MONTAJE.....	55
2.4.2 VERIFICACIÓN DE SOLDADURAS	55
2.4.3 VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	56
2.4.4 VERIFICACIÓN DEL CONJUGADO DE ARRASTRE	56
CAPITULO 3	57
DISEÑO DE LA PLATAFORMA	57
3.1.- ESTUDIO GENERAL DEL MOVIMIENTO	57

3.2.- GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA	58
3.3.- DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS	59
3.3.1 CARGA MUERTA	59
3.3.2 CARGA VIVA.....	59
3.3.3 EFECTO DINÁMICO DE LAS FUERZAS VIVAS.....	60
3.3.4 CARGAS POR VIENTO.....	61
3.4.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA LA PLATAFORMA.....	62
3.4.1 DISEÑO DE LAS VIGAS PRINCIPALES	62
3.4.1.1 Determinación del Mayor Momento Flector.....	69
3.4.2 DISEÑO DE LOS TRAVESAÑOS	81
3.4.3 DISEÑO DEL TRIÁNGULO DE TIRO.....	83
3.4.4 DISEÑO DE LOS APOYOS DEL PISO DEL RIEL	84
3.5 DISEÑO DE LA SUSPENSIÓN DE LA PLATAFORMA.....	86
3.5.1 DISEÑO DE LOS EJES QUE ACOPLAN LAS RUEDAS.....	86
3.5.2 DETERMINACIÓN DE LOS RODAMIENTOS.....	90
3.5.3 DISEÑO DEL PIVOTE DEL BALANCÍN	94
3.5.4 DISEÑO DE LAS PLACAS SOPORTE DE LAS BALLESTAS	103
3.5.5 DISEÑO DE LOS PERNOS DE SUJECION DE LA BALLESTA.....	106
3.5.5.1 Carga que soporta el perno.....	107
3.5.6 DISEÑO DE LAS SOLDADURAS.....	110
3.6 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS NORMALIZADOS.....	112
3.6.1 SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL NEUMÁTICO	112
3.6.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE LUCES.....	114
3.6.3 SELECCIÓN DEL PIE DE APOYO	114
3.6.4 SELECCIÓN DE LAS BALLESTAS.....	115
3.6.5 SELECCIÓN DEL CONJUGADO DE REMOLQUE	115
3.6.5.1 Determinación de la fuerza de tiro.....	116
3.6.5.2 Determinación del conjugado de remolque.....	116
3.6.6 SELECCIÓN DE LAS PUNTAS DE EJE	117
3.7 ELABORACIÓN DE PLANOS	117
 CAPÍTULO 4	 118
PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO ...	118
 4.1 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN	 118
4.1.1 CONSTRUCCIÓN DEL CUADRO PRINCIPAL DE LA PLATAFORMA ..	120
4.1.2 CONSTRUCCIÓN DE LAS RIELES DE LA PLATAFORMA	120
4.1.3 CONSTRUCCIÓN DE LOS APOYOS DEL PISO DE LA RIEL.....	121
4.1.4 CONSTRUCCIÓN DEL TRIÁNGULO DE TIRO	122
4.1.5 CONSTRUCCIÓN DE LOS TRAVESAÑOS	123
4.1.6 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL PISO DE LAS RIELES	124
4.1.7 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS SOPORTES DE LAS BALLESTAS	125
4.1.8 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL BALANCÍN	127
4.1.9 MONTAJE DE LAS BALLESTAS	128
4.1.10 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS EJES QUE ACOPLAN LAS	128
RUEDAS	128
4.1.11 PINTADO GENERAL DE LA ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA	129
REMOLQUE	129
4.1.12 MONTAJE DEL SISTEMA DE LUCES	131

4.2. Pruebas de Campo.....	131
CAPÍTULO 5	135
ANÁLISIS DE COSTOS	135
5.1 COSTO DE LA PLATAFORMA REMOLQUE.....	135
5.1.1. COSTOS DE MATERIALES	135
5.1.2. COSTOS DE MONTAJE Y PRUEBAS	137
5.1.3. COSTOS DE ACABADOS	137
5.1.4. COSTOS DE MANO DE OBRA.....	139
5.1.5. COSTOS DE DISEÑO Y VARIOS	140
5.1.6. COSTOS TOTALES	140
CAPÍTULO 6	141
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141
6.1 CONCLUSIONES	141
6.2 RECOMENDACIONES	142
BIBLIOGRAFÍA	143
ANEXOS.....	145
PLANOS	A1
CATÁLOGO DE ACERO “DIPAC”	A2
CATÁLOGO DE RODAMIENTOS “FAG”	A3
CATÁLOGO “AGER AUTO”	A4
CATÁLOGO “WHEEL”	A5
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE VEHÍCULOS	A6