



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**



**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE  
ENDEREZADO DE ESTRUCTURAS VEHICULARES LIVIANAS  
MEDIANTE EL DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRACCIONADORA  
EN LA EMPRESA CONAUTO S.A.C. - JULIACA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. EDWIN PACORICONA APAZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2021**



## DEDICATORIA

*Dedicado en primer lugar a **Dios**, nuestro padre celestial, quien me da fortaleza para día a día ser una mejor persona.*

*A mis padres **Job** y **Francisca**, mi hermano **Jahn**, quienes me brindaron el calor de hogar y apoyaron para lograr mis objetivos.*

*A Mi esposa **Karina** y mi pequeña hija **Ariana Nikol**, por todo su cariño, amor y motivación para poder concretar mis metas.*



## AGRADECIMIENTO

*Agradezco al M. Sc. Mario Mamani Pampa por la asesoría de este trabajo, por compartir sus conocimientos y su valiosa experiencia para la culminación del presente trabajo.*

*A la empresa CONAUTO S.A.C por las facilidades que me brindo para poder desarrollar la presente investigación aplicados a la rama de la Ingeniería Mecánica Eléctrica.*

*A todos mis Maestros y Compañeros de clase de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica por la amistad y enseñanza que me han brindado.*

*A la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO por la formación académica brindada.*



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 13**

**ABSTRACT..... 14**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. Planteamiento del problema..... 16**

**1.2. Justificación del proyecto de investigación..... 17**

**1.3. Objetivos de la investigación ..... 17**

1.3.1. Objetivo general..... 17

1.3.2. Objetivos específicos..... 17

**1.4. Hipótesis ..... 18**

1.4.1. Hipótesis general ..... 18

1.4.2. Hipótesis específica ..... 18

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. Antecedentes de la investigación..... 19**

2.1.1. A nivel nacional ..... 19

2.1.2. A nivel internacional ..... 20

**2.2. Referente teórico ..... 21**

2.2.1. Tipos de carrocerías según su construcción..... 21

2.2.1.1. Carrocería y chasis separados ..... 21



2.2.1.2. Tipos de bastidor.....	21
2.2.1.2.1. En escalera (en h).....	21
2.2.1.2.2. De columna (en x).....	22
2.2.1.2.3. Perimétrico.....	22
2.2.1.2.4. Tubular.....	22
2.2.1.3. Monocasco autoportante.....	23
2.2.1.4. Tipos de carrocerías autoportantes.....	23
2.2.1.4.1. Carrocería autoportante unida por soldadura.....	23
2.2.1.4.2. Carrocería autoportante unida por soldadura con elementos desmontables.....	24
2.2.1.5. Carrocería con plataforma chasis.....	24
2.2.2. Reparaciones en bastidores y estructuras autoportantes.....	24
2.2.3. Materiales y procesos de construcción.....	25
2.2.4. Colisión con daños estructurales.....	25
2.2.5. Relación entre la carrocería y la estabilidad.....	26
2.2.6. Diseño y fabricación de una carrocería.....	26
2.2.6.1. Los cálculos para la estructura.....	26
2.2.6.2. Elementos finitos.....	27
2.2.6.3. Cálculo de la resistencia.....	27
2.2.6.4. Cálculo del comportamiento ante las colisiones.....	27
2.2.6.5. Energía cinética.....	28
2.2.6.6.1. Modulo delantero o frontal.....	29
2.2.6.6.2. Modulo central.....	29
2.2.6.6.3. Modulo posterior.....	29
2.2.6.7. Aceros utilizados en la fábrica de carrocerías.....	30
2.2.6.8. Tipos de aceros empleados en el automóvil.....	30
2.2.6.9. Aceros de alto límite elástico (hss).....	31
2.2.6.10. El acero inoxidable.....	32
2.2.6.11. Nuevos materiales.....	32
2.2.6.12. Tendencias en el uso de materiales.....	33
2.2.6.13. Reparación de los a ceros ale (hss).....	33
2.2.7. La deformación programada.....	35
2.2.7.1. Largueros delanteros inferiores.....	35
2.2.7.2. Largueros delanteros superiores.....	35



2.2.7.3. Travesaño delantero.....	36
2.2.7.4. Pilares.....	36
2.2.7.5. Largueros traseros.....	36
2.2.7.6. Largueros laterales inferiores.....	36
2.2.7.7. Vigüeta transversal (del salpicadero).....	36
2.2.7.8. Barra laterales. ....	37
2.2.8. Efectos de una colisión en un vehículo autoportante .....	37
2.2.8.1. Colisión frontal. ....	37
2.2.8.2. Colisión trasera. ....	38
2.2.8.3. Colisión lateral.....	38
2.2.8.4. Colisión con vuelco. ....	39
2.2.9. Efectos de una colisión en un vehículo con bastidor.....	39
2.2.9.1. Desviación lateral. ....	39
2.2.9.2. Hundimiento. ....	40
2.2.9.3. Aplastamiento. ....	40
2.2.9.4. Diamante.....	40
2.2.9.5. Torsión.....	40
2.2.10. El banco de trabajo .....	41
2.2.10.1. Bastidor elevado del suelo.....	41
2.2.10.2. Fijos: .....	41
2.2.10.3. Móviles: .....	42
2.2.10.4. Sobre elevador. ....	42
2.2.10.5. Bastidor anclado al suelo.....	43
2.2.11. El sistema de anclaje .....	43
2.2.12. El equipo de tracción.....	43
2.2.12.1. Equipo de tracción con escuadra. ....	43
2.2.12.2. Equipo de tracción por columna. ....	44
2.2.12.3. Equipo de tracción por tiros.....	45
2.2.13. El equipo de medida .....	46
2.2.14. Otros tipos de bancadas .....	47
2.2.14.1. Bancadas para vehículos industriales. ....	47
2.2.14.2. Minibancadas.....	48
2.2.14.3. Bancadas plegables.....	49
2.2.14.4. Conjunto de tracción simple. ....	49



2.2.15. Mantenimiento de equipos de tracción .....	50
--	----

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. Materiales.....</b>	<b>51</b>
3.1.1. Técnicas e instrumentos para la recolección de información .....	52
3.1.2. Cuadro de selección de ruedas industriales.....	53
3.1.3. Manual de construcción en acero.....	53
3.1.4. Tipos de daños producto de un siniestro vehicular según taller Conauto .....	54
<b>3.2. Metodología .....</b>	<b>55</b>
3.2.1. Tipo de investigación .....	55
<b>3.2.2. Población de investigación.....</b>	<b>55</b>
3.2.3. Ubicación y descripción de la población .....	56
3.2.4. Diseño de la investigación .....	56
3.2.5. Procedimiento de cálculo .....	57
3.2.5.1. Procedimiento de cálculo de la bancada .....	57
3.2.5.2. Cálculo del brazo vertical traccionador .....	58
3.2.5.3. Cálculo del pasador del brazo vertical del traccionador .....	59
3.2.5.4. Cálculo del pasador de la torre por aplastamiento ( $\sigma_b$ ) .....	59
3.2.5.4. Cálculo del pasador del pistón hidráulico.....	60

### CAPITULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. Diseño mecánico de la máquina traccionadora de estructuras vehiculares livianas.....</b>	<b>61</b>
4.1.1. Componentes estructurales .....	62
4.1.1.1. Bancada.....	62
4.1.1.1.1. Selección de las ruedas industriales .....	74
4.1.1.2. Conjunto brazo traccionador.....	75
4.1.1.3. Caballetes.....	88
4.1.1.4. Pistón hidráulico .....	89
4.1.2. Planos de diseño.....	90
<b>4.2. Cuadro de tiempo de procesos de reparación de un vehículo siniestrado ....</b>	<b>92</b>



4.2.1. Proceso de planchado de carrocerías vehiculares actualmente .....	92
4.2.2. Comparación con la propuesta de diseño e implementación de una máquina traccionadora de carrocerías vehiculares livianos .....	94
4.2.3. Comparación costo de fabricación con la adquisición de una máquina traccionadora en el mercado.....	95
<b>4.2. Discusión .....</b>	<b>99</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>102</b>
<b>VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>105</b>

**Área** : Ingeniería Mecánica

**Tema** : Diseño de máquinas

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 03 de diciembre del 2021



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1 :</b> Deformación programada del vehículo.....	29
<b>Figura 2:</b> Equipo de tracción tipo escuadra .....	44
<b>Figura 3:</b> Equipo de tracción por columna .....	45
<b>Figura 4:</b> Equipo de tracción por tiros .....	46
<b>Figura 5:</b> Bancada para vehículos industriales.....	48
<b>Figura 6:</b> Minibancadas.....	48
<b>Figura 7:</b> Traccionador simple.....	49
<b>Figura 8:</b> Proceso de enderezado de estructuras vehiculares en Conauto SAC .....	51
<b>Figura 9:</b> Modelo propuesto traccionadora de carrocerías .....	52
<b>Figura 10:</b> Manual del IMCA .....	54
<b>Figura 11:</b> Parte frontal de la concesionaria Conauto Juliaca .....	55
<b>Figura 12:</b> Mapa de ubicación de la ciudad de Juliaca.....	56
<b>Figura 13:</b> Modelo Bancada .....	62
<b>Figura 14:</b> Acción de fuerzas sobre la bancada .....	63
<b>Figura 15:</b> Distribución del peso del vehículo en la bancada.....	65
<b>Figura 16:</b> Vista frontal de la viga.....	65
<b>Figura 17:</b> D.C.L. Bancada.....	66
<b>Figura 18:</b> Diagrama D.F.C. y D.M.F. Bancada en el plano ZY.....	67
<b>Figura 19:</b> Fuerzas actuantes en el plano XZ de la bancada.....	67
<b>Figura 20:</b> Vista lateral del plano XZ.....	68
<b>Figura 21:</b> Diagrama D.F.C. y D.M.F. Bancada en el plano XZ.....	69
<b>Figura 22:</b> Fuerzas actuantes en el plano ZX de la bancada.....	69
<b>Figura 23:</b> Diagrama D.F.C. y D.M.F. Bancada en el plano ZX.....	70
<b>Figura 24:</b> Rueda industrial propuesta.....	75
<b>Figura 25:</b> Conjunto Traccionador Propuesto .....	76
<b>Figura 26:</b> Posición del pistón hidráulico comprimido .....	77
<b>Figura 27:</b> Posición del pistón hidráulico extendido .....	77
<b>Figura 28:</b> Fuerzas actuantes en el Brazo horizontal.....	78
<b>Figura 29:</b> DFC y DMF del brazo horizontal .....	79
<b>Figura 30:</b> Fuerzas actuantes del brazo vertical .....	81
<b>Figura 31:</b> DFC y DMF del brazo vertical .....	82
<b>Figura 32:</b> Fuerzas actuantes respecto al eje X y Y.....	83



<b>Figura 33:</b> Fuerzas actuantes y reacciones en el pasador del cilindro hidráulico.....	87
<b>Figura 34:</b> Modelo Caballete .....	88
<b>Figura 35:</b> Porto-Power Hidráulico 10 Tn Marca TRUPER .....	89
<b>Figura 36:</b> Presentación de Porto-Power .....	89
<b>Figura 37:</b> Plano de conjunto.....	90
<b>Figura 38:</b> Plano de Montaje .....	91
<b>Figura 39:</b> Traccionamiento actual en Conauto SAC.....	93
Figura 40. Modelamiento del conjunto traccionador propuesto .....	94
<b>Figura 41:</b> Cotización de máquina traccionadora en el mercado .....	98



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Tipos de Acero Empleados en el Automóvil.....	31
<b>Tabla 2:</b> Inspección de los Componentes Hidráulicos y Mecánicos de Equipos de Tracción. ....	50
<b>Tabla 3:</b> Cuadro de Selección de Ruedas Industriales.....	53
<b>Tabla 4:</b> Clasificación de Tipos de Daños en Carrocerías Vehiculares.....	54
<b>Tabla 5:</b> Pesos de los componentes de la maquina traccionadora propuesta.....	61
<b>Tabla 6:</b> Peso de algunos modelos de la marca Toyota .....	64
<b>Tabla 7:</b> Momentos máximos en diferentes planos .....	71
<b>Tabla 8:</b> Propiedades mecánicas ACERO ASTM A500 .....	72
<b>Tabla 9:</b> Cuadro de especificaciones de perfiles de acero cuadrado .....	73
<b>Tabla 10:</b> Especificaciones de los aceros ASTM A500.....	74
<b>Tabla 11:</b> Especificaciones del perfil acero rectangular .....	80
<b>Tabla 12:</b> Especificaciones de Perfil de Acero Rectangular.....	82
<b>Tabla 13:</b> Recolección de tiempos de reparación de diferentes vehículos ingresados a Conauto .....	92
<b>Tabla 14:</b> Detalle del servicio del caso 07 .....	93
<b>Tabla 15:</b> Tiempos optimizados implementando la maquina traccionadora propuesto	95
<b>Tabla 16:</b> Detalle de los aceros necesarios para la construcción de la máquina traccionadora.....	96
<b>Tabla 17:</b> Lista de aceros necesarios para la construcción .....	97
<b>Tabla 18:</b> Lista de pernos necesarios para la fabricación de la máquina traccionadora	97
<b>Tabla 19:</b> Detalle del costo total de la máquina traccionadora propuesto .....	97
<b>Tabla 20:</b> Tiempo de recuperación de la inversión.....	98
<b>Tabla 21:</b> Cuadro de dimensiones de la traccionadora cotizado.....	99



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>INEI:</b>	Instituto Nacional de Estadística e Informática
<b>IMCA:</b>	Instituto Mexicano de la Construcción en Acero
<b>AISC:</b>	Instituto Americano del acero y construcción
<b>ASTM:</b>	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
<b>m.s.n.m.:</b>	Altitud en metros sobre el nivel del mar
<b>Ec:</b>	Energía cinética
<b>MPa:</b>	Mega pascales (unidad de medida de presión)
<b>N/mm<sup>2</sup>:</b>	Newton en un milímetro cuadrado (unidad de medida de presión)
<b>D.C.L.:</b>	Diagrama de cuerpo libre
<b>D.F.C.:</b>	Diagrama de fuerza cortante
<b>D.M.F.:</b>	Diagrama de momento flector



## RESUMEN

Los índices de accidentes vehiculares siguen aumentando anualmente en la región de Puno, ya sean por diferentes factores, por consiguiente en la presente tesis se hizo el estudio en la concesionaria CONAUTO SAC de la sede Juliaca, en los años 2020 y parte del 2021, en el cual diariamente se atienden vehículos livianos que solicitan servicio de Planchado y Pintado, por lo general de la marca Toyota, en el cual se apreció que el proceso de enderezado de estructuras vehiculares se tuvo complejidad a la hora de instalar y cambiar de posición el traccionador existente. Se tuvo como objetivo principal Mejorar el proceso de enderezado de estructuras vehiculares livianos mediante el diseño de una máquina traccionadora en la empresa CONAUTO S.A.C. – JULIACA; asimismo se tuvo como hipótesis general: el diseño de una máquina traccionadora de estructuras vehiculares livianos permitirá el mejoramiento del proceso de enderezado en la empresa CONAUTO S.A.C. – JULIACA. El método de investigación es de tipo descriptivo correlacional con lo cual se analizó las características y comportamientos de los esfuerzos estructurales de los materiales y se evaluó la factibilidad de fabricación del diseño propuesto. Se obtuvo como resultado final el diseño de una máquina traccionadora de compactos para el área de planchado y pintado de carrocerías vehiculares livianos de la empresa CONAUTO S.A.C de la ciudad de Juliaca, de esta manera se llega a la conclusión principal de que el diseño optimiza el tiempo y reduce horas/ hombre comprendidos en el proceso de traccionamiento, así como facilita la operación y versatilidad. Finalmente se realizó el análisis comparativo entre fabricación y adquisición, con lo cual se recomendó la fabricación del diseño propuesto.

**Palabras Clave:** Diseño, máquina traccionadora, enderezado, optimización, costos.



## ABSTRACT

Vehicle accident rates continue to increase annually in Puno region, either due to different factors, therefore in this thesis the study was carried out at the CONAUTO SAC concessionaire of the Juliaca headquarters, in 2020 and part of 2021, in which daily service light vehicles that request Ironing and Painting service, usually of the Toyota brand, in which it was appreciated that the process of straightening vehicle structures had complexity when installing and changing the position of the tractor existing. The main objective was to improve the straightening process of light vehicle structures through the design of a traction machine in the company CONAUTO S.A.C. - JULIACA; likewise, the general hypothesis was: the design of a traction machine for light vehicle structures will allow the improvement of the straightening process in the company CONAUTO S.AC. - JULIACA. The research method is descriptive and correlational, with which the characteristics and behaviors of the structural stresses of the materials were analyzed and the manufacturing feasibility of the proposed design was evaluated. The final result was the design of a compact traction machine for the ironing and painting area of light vehicle bodies of the CONAUTO SAC Company in the city of Juliaca, in this way the main conclusion is reached that the design optimizes the time and reduces man-hours included in the traction process, as well as facilitates operation and versatility. Finally, the comparative analysis between manufacture and acquisition, with which the manufacture of the proposed design was recommended.

**Keywords:** Design, traction machine, straightening process, optimization, costs.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene por objetivo mejorar el proceso de enderezado de estructuras afectadas de vehículos livianos producto de un accidente de tránsito mediante el diseño y propuesta de una máquina traccionadora.

Debido a la demanda en el área de servicio de carrocería y pintura (B&P) en el taller de CONAUTO Sede Juliaca con respecto a años pasados aumentó progresivamente, lo cual se debe a los diferentes tipos de accidentes de tránsito que ocurren en la región, ello obliga a mejorar y optimizar sus procesos.

Para el desarrollo de la presente tesis se ha estructurado en cuatro capítulos: En el **capítulo uno** se menciona el planteamiento del problema, objetivos e hipótesis de la investigación. En el **capítulo dos** se consideró la revisión de literatura, recolectando información respecto a los antecedentes del presente proyecto. En el **capítulo tres** se realizó la metodología de investigación, los materiales utilizados para la recolección de información, el software de diseño Solidworks y a la vez se consideró el cálculo, análisis y selección de materiales de los diferentes componentes de la máquina a diseñar y en el **capítulo cuatro** se realizó la interpretación de resultados de la investigación, como el análisis técnico económico del costo de fabricación de dicho diseño, análisis comparativa con la implementación, culminando así con las conclusiones y recomendaciones.



## 1.1. Planteamiento del problema

En el proceso de enderezado de estructuras vehiculares livianos se realiza actualmente aplicando un traccionador manual tipo L, la sujeción para la tracción entre la parte afectada del vehículo y el brazo traccionador es mediante cadena acerada, aplicando la herramienta teclé para su tracción manualmente. En el proceso se observa que el técnico lo realiza empíricamente, mucho depende de la experiencia que tiene en cuanto al posicionamiento de las herramientas que utilizará, además el tiempo que demora en instalar todos los accesorios para el enderezamiento y cambio de posición del brazo traccionador es bastante considerable, lo cual conlleva a que dicho proceso sea pesado y demoroso.

Además de ello, se tiene una demanda creciente en los últimos años en cuanto al servicio de enderezamiento de estructuras vehiculares (entre servicios medianos y pesados), en muchos casos se programan citas, reprograman fechas, aplazando trabajos hasta en un mes por la carga laboral que se tiene, lo cual afecta en la disponibilidad del taller que requiere el cliente.

Sobre las atenciones por el servicio del enderezamiento mensuales son de 3 unidades aproximadamente, pudiéndose mejorar hasta 6 unidades por mes con la propuesta de la maquina traccionadora.

Para mejorar el proceso de enderezamiento, es necesario la mecanización y optimización, en este caso se abocará en el proceso de traccionamiento de estructuras vehiculares livianas y su factibilidad.



## **1.2. Justificación del proyecto de investigación**

La demanda creciente de adquisición de nuevas unidades vehiculares creció en la región Puno, ello conlleva a la probabilidad del aumento de accidentes de tránsito, por ende unidades siniestradas, es así que muchos clientes de la marca Toyota deciden llevar sus unidades siniestradas al taller de CONAUTO, dentro de los cuales los modelos más recurrentes son hilux con 70%, rav4 y fortuner 15%, etios y yaris 10%, otros 5%.

En la actualidad el proceso de enderezado de estructuras vehiculares demanda mucho tiempo, se realiza mediante un traccionador en forma de "L" manual, su instalación es relativamente complicado y demoroso.

Con estas consideraciones es necesario desarrollar el diseño de una máquina traccionadora que contribuya a optimizar el proceso, debido a que el equipo que se tiene demora en promedio en la instalación de 03 horas y el proceso de enderezamiento 01 semana, sin embargo se propone una optimización en el tiempo de instalación en 0.5 horas y el proceso de enderezamiento en 04 días respectivamente, teniendo como un caso de servicio pesado.

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Mejorar el proceso de enderezado de estructuras vehiculares livianos mediante el diseño de una máquina traccionadora en la empresa CONAUTO S.A.C. – JULIACA.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar una máquina traccionadora de estructuras vehiculares livianos.
- Analizar el costo de fabricación de la máquina traccionadora para evaluar su factibilidad.



## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

El diseño de una máquina traccionadora de estructuras vehiculares livianos permitirá el mejoramiento del proceso de enderezado en la empresa CONAUTO S.AC. – JULIACA.

### **1.4.2. Hipótesis específica**

- Una información técnica del proceso de enderezado en el área de Planchado y Pintura, nos permitirá el diseño de una máquina traccionadora de estructuras vehiculares livianos.
- El análisis del costo de fabricación de la máquina traccionadora ayudará a evaluar si es factible su construcción.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. A nivel nacional

Zlatar (2008), Diseño de una máquina traccionadora de chasis, Lima, Perú: Pontificia universidad católica del Perú. Plantea como objetivo general: Diseñar una máquina traccionadora de chasis y que luego de aplicada sobre el vehículo deformado producto de un choque se logra reubicar sus partes críticas a su posición original. Esta máquina es de fácil operación y presenta comodidad en el momento de trabajo. La máquina diseñada está compuesta por un elevador de tijera hidráulico, que eleva al vehículo a una altura de fácil acceso y un elemento traccionador que provee la fuerza de tracción necesaria para producir la deformación de la estructura del vehículo. Para el desarrollo de esta tesis se utilizó el “Método generalizado de procedimiento en el proceso de diseño”. (p. 2)

Laureano y Mascaraqui (2016), Mejoras en el proceso de reparación de vehículos siniestrados para incrementar el índice de producción del servicio de la empresa Scania, Lima, Perú: Universidad privada del Norte. Plantea como objetivo general: Implementar mejoras en el proceso de reparación de los vehículos siniestrados para incrementar el índice de producción del servicio de la empresa Scania del Perú en el año 2016. Estas mejoras implementadas deben ser continuas dado que busca mejorar cada una de sus procesos. Además de lograr ordenar y estandarizar cada proceso interno y externo para que de esa manera se logre trabajar de manera eficiente, eliminando los tiempos muertos (improductivos) y elevando la capacidad de producción. Con esto la empresa será capaz de incrementar su índice de producción actual. (p. 10)



Paucar (1991), Diseño y cálculo de un equipo para alineación de carrocerías autoportantes de automóviles, Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, plantea como objetivo general: Realizar el diseño de un equipo para lineación de carrocerías que ofrezcan versatilidad, de simple mecanismo y fácil operación, con criterios adecuados que se ajusten la infraestructura de los talleres de servicio y adecuado al mecánico en reparación de carrocerías.

Los materiales y elementos que se toman en cuenta para el diseño de este equipo son de fabricación nacional o se dispone en el medio, el trabajo prescinde los procesos y técnicas de fabricación, los criterios del diseño involucran las limitaciones que presentan las empresas metal mecánicas que realizaran los procesos de manufactura. Se realizan cálculos por resistencia estática con el análisis de esfuerzos y deflexión permitido, compatibles a las normas de estructuras metálicas, soldadura y las normas de seguridad en la construcción de levantadores hidráulicos de uso automotriz. (pp. 1-3)

### **2.1.2. A nivel internacional**

Cullquicondor y Mogrovejo (2009), Diseño y construcción de un banco para enderezar compactos de automóviles, Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay, plantea como objetivo general: Diseñar y construir una bancada que está compuesto por un bastidor o banco, sobre la que se fijan y se inmovilizan los vehículos a reparar, mediante unas mordazas de anclaje, unos accesorios de medición, verificación y control y un elemento de empuje hidráulico.

En dicho banco estará montado un brazo hidráulico en forma de L, el cual tendrá la facilidad de girar alrededor de la carrocería del vehículo permitiendo adecuarse en la posición necesaria para corregir la deformación de la carrocería.



El brazo en forma de L dispondrá de un cilindro hidráulico que se accionará manualmente, también poseerá una cadena de tiro para fijar a la parte dañada de la carrocería la misma que puede ser regulable su altura. (pp. 1-2)

## **2.2. Referente teórico**

### **2.2.1. Tipos de carrocerías según su construcción**

**2.2.1.1. Carrocería y chasis separados.** De acuerdo a este tipo de carrocerías, se menciona lo siguiente:

Consiste fundamentalmente en disponer de dos vigas de acero, llamadas largueros, a todo lo largo del automóvil. Estos largueros se aseguran entre sí por medio de unos travesaños soldados en diferentes puntos de la longitud de los largueros, de modo que el conjunto así logrado adquiere una gran rigidez. A este grupo de hierros debidamente dotados de forma se le da el nombre de bastidor. (Manual del automóvil CEAC, 2003, p. 849).

El bastidor es una estructura constituida por un armazón de vigas o largueros de acero a lo largo del vehículo, unidas mediante travesaños soldados, atornillados o remachados, dispuestos transversal o diagonalmente. El elemento así formado posee una elevada resistencia y rigidez, constituyendo la base o bastidor sobre el que se montan los órganos mecánicos y la carrocería; por lo que recibe y absorbe todos los esfuerzos de flexión y torsión derivados del normal funcionamiento del motor y la marcha del vehículo. (Gómez et al., 2010, p. 61)

#### **2.2.1.2. Tipos de bastidor.**

**2.2.1.2.1. En escalera (en h).** Según Gómez et al. (2010), lo describe así:



Consiste en dos largueros laterales de chapa laminada o embutida y soldada, con perfil cajado o en "U", paralelos o no, unidos mediante una serie de travesaños. En su día fue uno de los más utilizados, centrándose su uso en la actualidad en camiones y algunos furgones ligeros, debido a su gran solidez. (p. 61).

**2.2.1.2.2. De columna (en x).** Este bastidor se estrecha por el centro, proporcionando al vehículo una estructura rígida, diseñada para contrarrestar los puntos de torsión elevada. El travesaño delantero es muy robusto para servir de fijación a los anclajes de las suspensiones delanteras. Una variedad del mismo es el bastidor de tubo central, que cuenta con una viga gruesa longitudinal en la sección central, con perfil cuadrado o redondo y que tiene en sus extremos sendos entramados para alojar a los elementos mecánicos del vehículo (grupo motopropulsor, suspensiones, dirección, etc.). Su empleo se centra en vehículos de competición. (Gómez et al., 2010, p. 61).

**2.2.1.2.3. Perimétrico.** En este tipo de bastidor, los largueros soportan la carrocería en la parte más ancha, ofreciendo mayor protección en caso de impacto lateral. Presenta una configuración escalonada detrás y delante de las ruedas delanteras y traseras respectivamente, para formar una estructura de caja de torsión, que en caso de impacto frontal, absorbe gran parte de la energía generada. Los travesaños traseros están diseñados convenientemente para absorber la energía de un impacto trasero. En caso de impacto lateral, como el larguero longitudinal (lateral) se encuentra muy cerca del cerramiento del piso, se evitan en parte los aplastamientos. (Gómez et al., 2010, p. 62)

**2.2.1.2.4. Tubular.** Esta estructura es prácticamente artesanal y se aplica en automóviles de competición o deportivos de muy altas prestaciones. Consiste en diseñar un complejo entramado de tubos de acero (u otro material de similar o superior resistencia) soldados entre sí conformando la estructura interna de la carrocería. Se



añaden los paneles interiores, exteriores y ya se dispone del automóvil. Permite drásticas reducciones de peso y excelente comportamiento de seguridad pasiva, pero la reparación es también artesanal lo que la encarece en exceso. (Orovio, 2010, p.57)

**2.2.1.3. Monocasco autoportante.** Es aquella en la que forma parte de su estructura el bastidor, este tipo de carrocerías autoportantes reúnen grades ventajas en el sentido de ser las más ligeras a la vez que las más estables y las más flexibles de las carrocerías existentes, uniendo además a estas virtudes las de ser las que pueden fabricarse en serie con mayor perfección y con un costo más reducido ya que pueden construirse con la ayuda de un alto grado de mecanización. (Manual del automóvil CEAC, 2003, p. 851)

La estructura está conformada por un conjunto de elementos soldados entre sí, a los que van acoplados los demás paneles de la carrocería. Las zonas delantera y trasera se diseñan para que se deformen progresivamente en caso de colisión y el habitáculo es muy rígido, ofreciendo buenas cualidades en seguridad pasiva. Su peso es sensiblemente menor que el bastidor independiente, mejorando también en lo referente a seguridad activa. La mecánica va directamente asentada en la estructura, de ahí su denominación de autoportante. (Orovio, 2010, p. 55)

#### **2.2.1.4. Tipos de carrocerías autoportantes.**

**2.2.1.4.1. Carrocería autoportante unida por soldadura.** En este tipo de carrocerías el número de piezas desmontables esta reducido al mínimo, de modo que, dejando aparte las puertas, los capos y por supuesto los parachoques, todo el resto de las piezas importantes se hallan unidas entre sí por medio de soldadura. Se pretende con ello que la pieza que forma el suelo de la caja y que a su vez hace de bastidor aligerado, al estar fuertemente unida al resto del monocasco, haga que este participe de todo los esfuerzos



proporcionando la debida resistencia a todas las planchas que componen el conjunto.  
(Manual del automóvil CEAC, 2003, p. 853)

**2.2.1.4.2. Carrocería autoportante unida por soldadura con elementos desmontables.** Esta estudiado para proporcionar una mayor facilidad al reparador permitiendo que sean fácilmente desmontables aquellas piezas que por lo general suelen sufrir con mayor reincidencia golpes como consecuencia de accidentes, tal como suele ocurrir con las aletas delanteras, zonas frontales y traseras.

Las piezas desmontables suelen estar sujetas con tornillos, por lo que no se pierde gran tiempo desmontándolas; tienen además la ventajas de que pueden ser sustituidas por piezas enteramente nuevas que pueden colocarse de nuevo en pocos minutos y que además de pueden pintar cómodamente de una forma independiente de su fijación en el automóvil lo que hace que no se tenga perder el tiempo tapando las partes que no se han de pintar. (Manual del automóvil CEAC, 2003, p. 853)

**2.2.1.5. Carrocería con plataforma chasis.** Esta configuración puede compararse con la de chasis con carrocería separada. La plataforma portante está constituida por un chasis aligerado formado por la unión, mediante soldadura por puntos de varias chapas, que forman una base fuerte y sirve a la vez de soporte de las partes mecánicas y posteriormente de la carrocería. (Gómez et al., 2010, p. 62)

## **2.2.2. Reparaciones en bastidores y estructuras autoportantes**

Los bastidores que se han doblado, torcido o desplazado diagonalmente pueden repararse en un banco para enderezar bastidores. La reparación de las estructuras autoportantes de los coches de turismo se hace en un banco de enderezar. Se trata de que todos los puntos fijos de la estructura que sirven como puntos de apoyo para los diversos dispositivos móviles y parciales del vehículo, vuelvan a quedar en su posición original. Esta posición



se fija exactamente por medio del equipo de comprobación correspondiente al tipo de vehículo montado en el banco. Las piezas que no puedan enderezarse se cortan con un cortafrío neumático, una sierra, un equipo de oxicorte o una trenzadora de muela. Como se necesitan fuerzas considerables para el enderezado, el vehículo tiene que sujetarse fuertemente al banco. La reparación se efectúa con ayuda de un aparato enderezador hidráulico. (Bohner et al., 1985, p. 427)

### **2.2.3. Materiales y procesos de construcción**

La carrocería del automóvil tradicionalmente se construye de acero, tanto la estructura como los paneles exteriores e interiores, sin embargo el incremento de peso que supone la seguridad pasiva y los equipamientos de seguridad activa y confort entre otros más, ha obligado a buscar materiales con menor peso. Para la estructura se utiliza también el aluminio y en algunos automóviles muy prestacionales el carbono y materiales compuestos. Para los paneles exteriores también se recurre frecuentemente al aluminio, plástico, fibra de vidrio e incluso materiales compuestos asumiendo su elevado coste para determinados modelos y ubicaciones. Los paneles interiores siguen más o menos los mismos procesos. En cualquier caso la incorporación de los nuevos materiales tiene que mantener, si no mejorar, las cualidades de seguridad pasiva de la carrocería. (Orovio, 2010, p.58)

### **2.2.4. Colisión con daños estructurales**

Se toma como modelo para la explicación la estructura de monocasco portante con semichasis corto. Al producirse una colisión frontal asimétrica, las zonas delanteras de la carrocería se van deformando progresivamente absorbiendo gran parte de la energía. En principio se deforma el tramo de largueros fusibles, sin alteración de los anclajes anteriores del subchasis, pero al aumentar la intensidad de la colisión interviene toda la zona delantera, deformándose hasta llegar al habitáculo que debe mantenerse rígido.



Cuando en una colisión la posición geométrica de alguna rueda se ve alterada por desplazamientos de sus puntos de anclaje se identifica como deformación estructural o bancada, pues es como se denomina al equipo de reparación de la estructura de la carrocería. Es la bancada un soporte donde se posiciona la carrocería dañada y mediante útiles específicos para cada modelo se determina la situación, con extrema precisión, de los puntos de anclaje de la suspensión, dirección y demás elementos que requieren una posición concreta en el automóvil para su correcto funcionamiento. (Orovio, 2010, p. 58)

### **2.2.5. Relación entre la carrocería y la estabilidad**

La estabilidad del automóvil depende de diversos factores, entre estos tiene especial importancia la geometría de la suspensión. Al diseñar esta geometría se tiene en cuenta las diferentes posiciones relativas entre la carrocería y las ruedas, para que la forma del asentamiento de estas sobre el suelo aporte la mejor estabilidad en todas y cada una de las condiciones de circulación. Si al transitar por carreteras bacheadas y curvas con el automóvil cargado se producen torsiones y flexiones dinámicas de la estructura de la carrocería, los puntos de apoyo en la carrocería de los elementos de suspensión y dirección cambian de posición transitoriamente, alterando la geometría estática original del diseño, lo que supone distorsiones en el asentamiento de las ruedas sobre el suelo mermando la estabilidad. (Orovio, 2010, p. 65)

### **2.2.6. Diseño y fabricación de una carrocería**

**2.2.6.1. Los cálculos para la estructura.** El principio universal en el cálculo de estructuras se basa en el hecho de que las deformaciones resultantes son proporcionales a las tensiones aplicadas. En este sentido, los modelos matemáticos son los primeros que aclaran a los proyectistas las ideas sobre cómo será, en los detalles, un nuevo modelo. Los cálculos matemáticos entran en juego inmediatamente, incluso antes de que un



prototipo haya sufrido ni siquiera un rasguño. En esta fase el ordenador es un aliado valioso, de hecho con su ayuda se puede dirigir el proyecto de la mejor manera posible, tomando las decisiones oportunas a través de simulaciones experimentales que ponen a punto la estructura del nuevo modelo para que pueda absorber la máxima energía sacrificándose en defensa de los pasajeros. Por todo ello, la estructura se plantea y calcula completamente con el ordenador. (Gómez et al., 2010, p. 10)

**2.2.6.2. Elementos finitos.** Se basa en la idea fundamental de descomponer cualquier cuerpo tridimensional en figuras geométricas simples o dichos de otra forma, cualquier sistema portante complicado en elementos estructurales sencillos (vigas, cubiertas y elementos de volumen), cuyos comportamientos elásticos son conocidos y fáciles de formular matemáticamente. (Gómez et al., 2010, p. 10)

**2.2.6.3. Cálculo de la resistencia.** El estudio concreto de cálculo de estructuras consiste, a grandes rasgos, en calcular la relación entre fuerza y desplazamiento para cada elemento componente de la estructura. Una vez realizado dicho estudio, a continuación se procede al ensamblaje del conjunto de elementos, en el que, inevitablemente se debe establecer el equilibrio de fuerzas en cada punto de unión (es evidente que ese equilibrio existe, pues en caso contrario la estructura se rompería). Como ejemplo, en cada punto de unión de una estructura de dos o más barras, por el efecto de acción y reacción, hay equilibrio entre las diferentes fuerzas de tensión y compresión de los momentos. Gracias a esta necesaria igualdad de fuerzas para mantener los equilibrios, se pueden encontrar las incógnitas o variables desconocidas. (Gómez et al., 2010, p. 11)

**2.2.6.4. Cálculo del comportamiento ante las colisiones.** Hoy en día, el uso del ordenador y de sofisticados instrumentos de cálculo permiten realizar ensayos virtuales de colisiones en los que se ejecutan mega operaciones de cálculo en nanosegundos, que



por una parte permiten dar el planteamiento correcto al vehículo sin haber destruido ni siquiera un solo prototipo y por otra hacen más evidente la interpretación de los datos experimentales a lo largo de todo el desarrollo del vehículo, facilitando las modificaciones de perfeccionamiento y puesta a punto del proyecto. (Gómez et al., 2010, p.12)

**2.2.6.5. Energía cinética.** Todos los objetos en movimiento adquieren una energía denominada cinética, como consecuencia directa de su masa y velocidad, según la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Ec: Energía cinética

m: Masa

V: Velocidad

De ello puede realizarse algunas consideraciones:

Un vehículo que se desplace a la misma velocidad que otro, pero que tenga el doble de peso, tendrá el doble de energía cinética.

Un vehículo igual a otro, pero que se desplace al doble de velocidad, tendrá una energía cinética cuatro veces mayor.

Partiendo del principio físico que dice: "la energía ni se crea ni se destruye, sino que solo se transformará"; cuando el vehículo disminuye su velocidad o se detiene, esta energía cinética se transformará en otro tipo de energía, dependiendo del caso. (Gómez et al., 2010, p. 30)

**2.2.6.6. Concepto estructural de la carrocería.** Los vehículos actuales están diseñados para que se deformen lo máximo posible, conectando todos los elementos de la estructura para que transmitan el movimiento de unos a otros. En cuanto a concepción estructural se

refiere, la carrocería es la encargada de soportar las fuerzas derivadas de la colisión y de evitar que la deceleración alcance a los ocupantes, al mismo tiempo que absorbe la energía. Para este fin, dispone de tres zonas claramente diferenciadas (en lo relativo a su comportamiento ante una colisión). (Gómez et al., 2010, p.31)

**2.2.6.6.1. Modulo delantero o frontal.** Su misión es proteger a la zona central, transformando la energía que se genera en la colisión en energía de deformación y evitando de este modo su transmisión al interior del vehículo. La deformación en estas zonas se realiza de forma programada y progresiva, canalizando los daños. (Gómez et al., 2010, p. 31)

**2.2.6.6.2. Modulo central.** Forma el habitáculo de pasajeros. Esta es la zona más rígida e indeformable (en mayor o menor grado) de la carrocería para proteger a los pasajeros. (Gómez et al., 2010, p. 31)

**2.2.6.6.3. Modulo posterior.** Desempeña la misma función en caso de alcance o colisión trasera, que el modulo delantero. (Gómez et al., 2010, p. 31)

**Figura 1 :** Deformación programada del vehículo



Fuente: <https://buscadordealleres.com/blog/por-que-al-tener-un-impacto-el-coche-se-deforma-mas-ahora/>, (Marzo, 2020)



**2.2.6.7. Aceros utilizados en la fábrica de carrocerías.** Para la construcción de la carrocería se utilizan corrientemente chaspas de acero de diferentes calidades, ya que el acero representa unas excelentes características mecánicas referentes a rigidez, resistencia, aptitud para el mecanizado, conformación plástica, además de ser relativamente barato de obtener. Para mejorar sus propiedades mecánicas o químicas, el acero constituye una buena base para obtener aleaciones específicas y admite asimismo diferentes tratamientos mecánicos o químicos.

La composición química y el proceso termomecánico determinan gran parte de las características mecánicas de los aceros. Como ya sabemos, el carbono es el elemento que confiere al acero las características de dureza, aunque en este aspecto también influyen otros elementos utilizados en la aleación, como el silicio, manganeso o fosforo. Para fabricar los aceros de alta resistencia se utilizan en la aleación: titanio, niobio, cromo o boro. Asimismo, en las propiedades termomecánicas del acero (basadas en la estructura cristalina y granular) influyen aspectos como la temperatura de laminación, las velocidades de enfriamiento o los ciclos de recocido.

Los espesores de chapa de carrocería suelen oscilar entre 0.5 y 3 mm; sin embargo, la parte principal la componen chapas de 0.8 a 1 mm. (Gómez et al., 2010, pp. 89,90)

**2.2.6.8. Tipos de aceros empleados en el automóvil.** Independientemente de su recubrimiento, los grandes tipos de aceros aplicables en el mundo del automóvil pueden clasificarse en:

**Tabla 1:** Tipos de Acero Empleados en el Automóvil

Tipo de acero	Acero	Límite elástico (MPa)
Aceros convencionales de conformación en frío		<230
Aceros convencionales laminados en caliente y decapados.		<250
Aceros de alta resistencia HSS (High strength steel) aceros de alta resistencia y baja aleación HSLA (High strength low alloy)	Bake Hardening (BH)	160...300
	Refosforado (RP)	>220
	Aceros (IF)	>220
	Microaleado (HSLA)	>350
Aceros avanzados de alta resistencia AHSS (Advance High Strength Steel).	Doble fase (DP)	500...600
	Plasticidad inducida por transformación (TRIP)	600...800
Aceros de muy alta resistencia VHSS ( Very High Strengthb Steel)	Fase compleja (CP)	800...1000
Aceros de extra alta resistencia EHSS (Extra High Strength Steel)		
Aceros de ultra alta resistencia UHSS-THLE (Ultra High strength steel)	Martensíticos (MS)	1000...1300
	Acero al boro (Bor)	>1250
Aceros ultrarresistentes de baja aleación UHSLA (Ultra High Strength Low Alloy)	(USIBOR)	

Fuente: Gómez et al., 2010

Básicamente, las diferencias fundamentales entre los aceros convencionales y los de alta resistencia residen en aspectos tales como la resistencia a la tracción y el límite elástico. La resistencia a la tracción o presión de ruptura es la carga máxima alcanzada durante un esfuerzo a tracción. Una vez superada esta, se producen riesgos de rotura y alteración de forma dimensional. Asimismo, cuando se supera el valor del límite elástico, las deformaciones producidas son permanentes. (Gómez et al., 2010, pp. 93,94)

**2.2.6.9. Aceros de alto límite elástico (hss).** Estos se diferencian de los comerciales en que su composición presenta mayor contenido de calcio y pequeñas adiciones de manganeso, vanadio, zirconio, etc.



Debido a esto poseen mayor resistencia a la tracción. Al tener un límite elástico más alto, se dispone de un margen mayor para la reparabilidad de piezas de la carrocería. En ellos, se pueden aplicar métodos de soldadura MIG/MAG e incluso soldadura oxiacetilénica (evitando calentar por encima de 650°C).

Los objetivos básicos que se pretenden conseguir con la utilización de este tipo de aceros son: Construir carrocerías más ligeras, manteniendo la resistencia del conjunto y reforzar zonas puntuales de la carrocería. (Gómez et al., 2010. p. 95)

**2.2.6.10. El acero inoxidable.** El acero inoxidable se distingue del acero al carbono por su contenido de cromo y en determinados casos, de níquel. En su fase de fabricación la adición de cromo mejora la resistencia a la oxidación del acero y la adición de níquel en los aceros inoxidables al cromo mejora sus propiedades mecánicas.

Hasta ahora su uso en automóviles es muy limitado, utilizándose casi exclusivamente en el sistema de escape. Sin embargo una estructura de este material podría reducir su peso entre un 40 y 50 %. Además de la capacidad anticorrosiva, este tipo de acero tiene unos niveles de resistencia superiores a otros aceros y unas buenas propiedades de ductilidad y reparabilidad. (Gómez et al., 2010, p. 98)

**2.2.6.11. Nuevos materiales.** Las últimas investigaciones en este campo se centran en los denominados "materiales activos" o "materiales con memoria". La peculiaridad fundamental de este material reside en el cambio que experimentan como respuesta a determinados estímulos controlados. Esto da lugar a características tan notables como el tener propiedades variables y cambios automáticos de forma. El material de partida puede ser una aleación de níquel y titanio, cuya principal característica es que si se calienta después de haber sufrido una deformación, recupera en gran medida su forma original. (Gómez et al., 2010, p. 98)



**2.2.6.12. Tendencias en el uso de materiales.** En general, en términos comparativos, el acero (tanto el de alto o muy alto límite elástico como el de baja aleación) sigue siendo el material más utilizado por los constructores, debido fundamentalmente a su resistencia y precio. Como inconvenientes más significativos frente a otros materiales como el aluminio o los plásticos, pueden citarse su peso y baja capacidad anticorrosiva. Para conseguir una mejora en estos aspectos, los aceros empleados en la construcción de carrocerías están en continua evolución presentada nuevas ideas en periodos de tiempo muy cortos. Los constructores de vehículos demandan productos que pueden cambiar incluso a lo largo de la vida de un modelo determinado, de tal forma que coexisten métodos de producción tradicionales como procedimientos de fabricación muy novedosos. (Gómez et al., 2010, p. 98)

**2.2.6.13. Reparación de los aceros ale (hss).** Las chapas fabricadas con este tipo de acero, que tiene una resistencia inicial superior al resto, son extremadamente frágiles cuando se sobrepasa su límite elástico. Con carácter general, las piezas ALE que se han deformando deben ser sustituidas. En esta operación es muy importante respetar las zonas de corte, los procesos de ensamblaje y de soldadura descritos en los manuales de reparación.

En el proceso de reparación de piezas fabricadas con estos aceros, es muy importante la temperatura que se les aplique, ya que por encima de los 600°C, con un posterior enfriamiento al aire se obtiene prácticamente un temple parcial que provocará la formación de austenita en la estructura interna del acero, lo que a la larga originará grietas. Para evitar los inconvenientes no resulta apropiado utilizar calor en las reparaciones, debiendo realizarlas en frío (remachado o pegado) o en caso de tener que calentar, sin llegar a los 600°C. (Gómez et al., 2010, p. 101)



**2.2.6.14. Reparación de carrocería de aluminio.** En el proceso de reparación de carrocerías se necesitan emplear unas técnicas, equipamiento y productos muy diferentes a los usados con el acero; ya que el aluminio posee un comportamiento, propiedades y características distintas y por lo tanto, los tratamientos mecánicos y térmicos han de ser diferentes, lo que supone el tener que realizar una actualización en los procesos de reparación clásicos. En general, los principales inconvenientes son:

En las operaciones generales realizadas con el martillo (batido, recalcado, estirado, etc.) hay que tener presente que al ser el aluminio un metal bastante blando, el golpeteo continuo produce fácilmente estiramientos indeseados del material.

En las operaciones de soldadura, es necesario disponer de equipos adecuados de una intensidad más elevada que los convencionales, debido a que el aluminio es un material que presenta una gran conductividad térmica, por lo que es difícil localizar durante el tiempo adecuado un punto de calor para producir la fusión del material. A esto se suma que al tener poca resistencia eléctrica, debido a su alta conductividad eléctrica, el calor que se genera durante el proceso de soldadura por puntos de resistencia es insuficiente para conseguir, asimismo, la fusión del material, por lo que es necesario aumentar sustancialmente la intensidad aportada (ley de Joule).

En las operaciones de estiraje, al ser un material menos resistente que el acero, la aplicación de esfuerzos para intentar reducir las deformaciones ha de efectuarse bajo un control muy minucioso.

Las herramientas que se utilicen para la reparación de aceros no se pueden utilizar en la reparación de piezas de aluminio para evitar contaminación por contacto. (Gómez et al., 2010, p. 106)

### **2.2.7. La deformación programada**

La deformación programada consigue absorber una gran cantidad de la energía generada en un choque, sacrificando todo los componentes de la carrocería perimetrales al habitáculo. Lo que se pretende con ello es una retención progresiva de la energía liberada en el choque para evitar la transmisión de cargas extremas a los ocupantes del vehículo.

Las piezas que normalmente tiene programada su deformación suelen ser los elementos estructurales que configuran las zonas resistentes, que a su vez son los que soportan la mayoría de los esfuerzos. Desde el punto de vista de la seguridad, su diseño se centra en la geometría y la disposición de los puntos fusibles. (Gómez et al., 2010, p. 144)

Entre los componentes importantes se encuentran:

**2.2.7.1. Largueros delanteros inferiores.** Son dos vigas paralelas que parten del travesaño delantero. En estas piezas, la mayor parte de la energía que se produce en un impacto frontal es absorbida por las zonas de deformación progresiva situadas en los extremos delanteros de los largueros, de forma que el larguero se repliega arrugándose sobre sí mismo. Estas zonas son las que primeramente se deforman si la magnitud de los daños supera la capacidad de absorción de dicho elemento. (Gómez et al., 2010, p. 145)

**2.2.7.2. Largueros delanteros superiores.** Suelen ser de tamaño reducido y se encuentran ubicados por encima de los pasos de rueda sirviendo de base de sustentación de las aletas delanteras. Habitualmente se apoyan sobre los refuerzos de los montantes delanteros, de forma que el larguero se comprima sobre sí mismo absorbiendo energía al hacer presión sobre la base de apoyo de dichos montantes que, a su vez, son los que protegen de ciertas deformaciones al habitáculo gracias a su gran resistencia. (Gómez et al., 2010, p. 145)



**2.2.7.3. Travesaño delantero.** Es el elemento de unión de los largueros delanteros y suele ser muy rígido (resistente a la flexión). Su misión es la de repartir las cargas para que la deformación sea uniforme en toda la estructura, ya que en caso de que se produzcan fuerzas de deformación asimétrica, el reforzamiento de este travesaño contribuye a que la parte más alejada del choque también quede implicada en el proceso de deformación y absorción de energía. (Gómez et al., 2010, p. 145)

**2.2.7.4. Pilares.** Refuerzan lateralmente la estructura y junto a los largueros de techo, forman el arco que configura el habitáculo. (Gómez et al., 2010, p. 145)

**2.2.7.5. Largueros traseros.** Absorben también energía en los impactos traseros debido su estructura reforzada. Además, mantienen la integridad del depósito de combustible. (Gómez et al., 2010, p. 145)

**2.2.7.6. Largueros laterales inferiores.** Son piezas de gran tamaño que aportan gran rigidez a la carrocería, ya que su estructura suele estar formada por chapas con costura de soldadura por compresión. La combinación de su estructura con espesores de aumento progresivo (chapas multiespesor), así como su anclaje sobre los refuerzos de la parte baja de la carrocería, dan como resultado un gran aumento de rigidez en el conjunto de la estructura, ya que se aumenta la rigidez en las zonas críticas y se mantienen las zonas de deformación programada. (Gómez et al., 2010, p. 145)

**2.2.7.7. Vigüeta transversal (del salpicadero).** Proporciona rigidez al habitáculo, además de sustentar al parabrisas y los airbags delanteros.

Travesaño de techo.- asegura el espacio de seguridad en caso de vuelco. En este caso, en la integridad del habitáculo también contribuyen los refuerzos (a modo de estructuras adicionales) de los montantes de la carrocería. Las traviesas superiores provistas de una serie de nervios le aportan mayor rigidez. (Gómez et al., 2010, p. 145)



**2.2.7.8. Barra laterales.** Evitan o minimizan las consecuencias de los golpes laterales. A veces se sustituyen por estructuras de puerta reforzadas. (Gómez et al., 2010, p. 145)

### **2.2.8. Efectos de una colisión en un vehículo autoportante**

Los vehículos monocasco y autoportante están diseñados con una estructura envolvente constituida por la unión de chapas de diversos espesores que conforman elementos distintos (incluido el suelo de la carrocería) que, a su vez, están unidos entre sí, proporcionando una gran rigidez a todo el conjunto y posibilitando su deformación programada, consiguiendo que, en caso de colisión, los efectos sobre la estructura de la carrocería se vayan reduciendo según avanza la deformación. (Gómez et al., 2010, p. 226)

A continuación se menciona las siguientes colisiones:

**2.2.8.1. Colisión frontal.** Suponiendo que el vehículo colisiona contra un muro. El área de la carrocería que está en contacto directo con el muro sufre un cambio brusco de velocidad, se detiene si el vehículo tiene la suficiente energía. El resto del vehículo (sección central y trasera) continua moviéndose en la misma dirección provocando la deformación del área que está en contacto contra el muro.

La fuerza de empuje del propio vehículo hace que se comience a deformar el travesaño delantero, las aletas, el capó y los largueros (desviándose normalmente hacia abajo), a la vez se inicia el levantamiento de la zona que soporta la suspensión, debido al arco que forma la carrocería para la sujeción de esta y la fuerza hacia arriba que la suspensión está ejerciendo.

La sección trasera del vehículo sigue teniendo la inercia de desplazarse hacia adelante, pero se encuentra con la oposición de la sección central, produciéndose una deformación hacia arriba, provocando el cierre del hueco de la puerta y ejerciendo una mayor presión en la zona del techo que suele doblar el travesaño estructural del parabrisas delantero y



deformando el techo. Esta deformación será mayor en los vehículos que tienen el motor en la parte trasera, ya que tienen mayor peso en esa parte que los que tienen el motor en la parte delantera y en consecuencia adquieren más inercia. (Gómez et al., 2010, p. 226)

**2.2.8.2. Colisión trasera.** Si un vehículo es golpeado por la parte trasera por otro cuando está parado o cuando circula a una velocidad inferior al vehículo que le golpea, la masa del primero se convierte en una fuerza activa contra el vehículo que está circulando a mayor velocidad, provocándose deformaciones en ambas carrocerías.

En el momento del impacto la sección delantera del vehículo que golpea entra en contacto con la sección trasera del golpeado, transmitiéndole la energía que el vehículo llevaba en ese momento. El vehículo golpeado puede ser desplazado, pero debido a la inercia que presenta se crea una fuerza interior que se opone a la fuerza aplicada, iniciándose la deformación de la sección trasera. Si los vehículos implicados en la colisión tienen el motor y la tracción en la parte delantera (en algunos casos supone el 50% del peso total del vehículo) se desarrollan dos posibles efectos:

En el vehículo que recibe la colisión, al tener el mayor peso en la parte delantera, la inercia mayor se crea en esta sección, oponiéndose al desplazamiento de la sección central y trasera.

En el vehículo que colisiona es al contrario, además esta sección está más reforzada para poder soportar todo el peso. (Gómez et al., 2010, p. 227)

**2.2.8.3. Colisión lateral.** Los desperfectos laterales se producen cuando un vehículo es golpeado lateralmente por otro o cuando choca lateralmente contra otro objeto. Las fuerzas que intervienen son similares en ambos casos. Para explicar estas fuerzas utilizaremos el ejemplo de una colisión de un vehículo que choca directamente sobre otro que está aparcando a una velocidad considerable.



En el momento del impacto, en el vehículo estacionado comienzan a deformarse las puertas y el pilar central, debido a la fuerza externa. El peso total del vehículo estacionado es la fuerza que se opone al vehículo (fuerza externa) que choca contra él. (Gómez et al., 2010, p. 227)

**2.2.8.4. Colisión con vuelco.** La mayoría de los vehículos que se ven involucrados en este tipo de colisión pueden rodar varias veces, provocando en la carrocería varias colisiones. Cada vez que el vehículo rueda y choca contra el suelo o algún otro objeto se considera una colisión independiente y cada colisión por separado puede añadir o variar los desperfectos producidos.

En el siguiente ejemplo se analizan las fuerzas que participan en una colisión con vuelco, el vehículo solo rueda una vez.

Cuando el vehículo comienza a rodar, el techo golpea al suelo en una de las esquinas del parabrisas. Esta zona que incluye la esquina del techo, el parabrisas, la junta de la viga y la parte central de la carrocería sufre un gran cambio de velocidad, teniendo que soportar el peso del vehículo y la energía que todo el conjunto ha adquirido. (Gómez et al., 2010, p. 228)

#### **2.2.9. Efectos de una colisión en un vehículo con bastidor**

Las deformaciones del bastidor se pueden agrupar en distintas categorías, aunque en ocasiones se pueden presentar varias a la vez, siendo las más frecuentes:

**2.2.9.1. Desviación lateral.** Es producida por una colisión en un lado de la carrocería, provocando el desplazamiento lateral de los largueros respecto de su línea central. El desplazamiento se sitúa hacia el lado donde se ha producido la colisión, en esta zona se puede observar que en la parte interior del larguero aparecen pliegues, además de posibles



desajustes de puerta o capó según donde se haya producido la colisión. (Gómez et al., 2010, p. 229)

**2.2.9.2. Hundimiento.** El hundimiento tiene lugar cuando un área está en un plano inferior de la cota establecida. Suele producirse por un impacto frontal o trasero.

El bastidor se deforma provocando pliegues que, dependiendo de la intensidad y de la zona del impacto, pueden desalinearse los paneles de la carrocería, aunque aparentemente no se aprecien deformaciones. (Gómez et al., 2010, p. 229)

**2.2.9.3. Aplastamiento.** Se denomina aplastamiento cuando cualquier sección del bastidor está más corto de lo especificado en las cotas. Este tipo de deformación casi siempre está acompañada por el hundimiento del bastidor en otro punto distinto a la zona aplastada, como en el caso del hundimiento se produce por una colisión frontal o trasera. (Gómez et al., 2010, p. 229)

**2.2.9.4. Diamante.** La deformación de diamante es aquella en la que todo un lado del bastidor ha sido desplazado hacia atrás o hacia adelante respecto del otro lado, provocando que la carrocería se descuadre. En este tipo de deformación pueden aparecer otros efectos como el aplastamiento y el hundimiento.

Esta deformación es producida cuando ha existido una colisión muy fuerte en una zona retirada del centro, que puede ser tanto en la parte delantera como trasera. (Gómez et al., 2010, p. 230)

**2.2.9.5. Torsión.** Se denomina así cuando un larguero del vehículo se encuentra más elevado que las medidas establecidas en las cotas y a la vez, el larguero opuesto está más bajo de lo indicado en las mismas o hay hundimiento de un área con respecto a otras adyacentes.



Esta deformación se produce cuando el vehículo colisiona contra el bordillo o la mediana a una velocidad elevada o también cuando se produce una colisión con vuelco. (Gómez et al., 2010, p. 230)

### **2.2.10. El banco de trabajo**

Se denomina con este nombre a la parte más rígida de la bancada. Es el encargado de sujetar el vehículo y todos los útiles necesarios para realizar correctamente los trabajos de reparación y comprobación. Existen dos tipos de bancos:

**2.2.10.1. Bastidor elevado del suelo.** Está compuesto por una estructura rectangular de vigas de acero en doble " T " o en " U ", las más usuales, pero también las hay de sección cuadrada, soldadas entre sí, que le hace prácticamente indeformable. La parte superior suele estar totalmente mecanizada para obtener una superficie plana de referencia, sobre la que se basa la medición de la carrocería, bien porque sostiene al equipo de medida (bancadas universales) o bien porque sirve de soporte para los útiles de medida (bancadas de control positivo).

En los bordes tienen unos rieles o cremallera que sirven de anclaje a distintos dispositivos y accesorios de la bancada (pinzas de anclaje, ruedas, gatos, soportes, etc.).

Las bancadas de control positivo tienen practicados distintos orificios en la parte superior, donde se sujetan los útiles de comprobación y anclaje. (Gómez et al., 2010, p. 234)

Este tipo de bastidor se puede encontrar en el mercado de distintas formas:

**2.2.10.2. Fijos:** el bastidor se encuentra elevado sobre el suelo mediante unas vigas que hacen de patas y que se encuentran atornilladas al suelo. Este sistema se utilizaba mucho en los inicios de las bancadas, pero tiene el inconveniente que ha de realizarse obra para



el anclaje y nivelado del suelo y permanentemente están ocupando un espacio fijo en el taller.

Actualmente, existen otros bastidores que también son fijos, pero requieren menos obras para su anclaje y nivelado, ya que tienen unas patas regulables para su correcto nivelado. (Gómez et al., 2010, p. 235)

**2.2.10.3. Móviles:** el bastidor se encuentra elevado sobre el suelo, pero apoyado sobre unas ruedas que pueden soportar el peso de la carrocería y todo el equipamiento de enderezado.

Todas las ruedas tienen incorporado un sistema de freno y bloqueo para evitar el movimiento del bastidor en el transcurso de la reparación y dependiendo del modelo, las ruedas pueden estar fijas en las esquinas o desplazarse a lo largo de la bancada.

La ventaja respecto al sistema anterior es que la bancada se puede trasladar a cualquier espacio del taller y no requiere ninguna obra en su instalación. (Gómez et al., 2010, p. 235)

**2.2.10.4. Sobre elevador.** En este caso el bastidor se encuentra sobre un elevador, permitiendo al operario regular la altura de la carrocería a sus necesidades de trabajo.

Es un sistema que facilita el trabajo de la reparación, ya que en muchas ocasiones, sobre todo cuando hay que trabajar en los largueros o en la parte inferior de la carrocería, las posturas del operario pueden ser incómodas y fatigosas. Regular la altura de trabajo significa una mejora importante, tanto en tiempo como en la salud y seguridad del operario.

Existen en el mercado distintos tipos de elevadores para bastidores: de tijera (pantógrafo) y de columnas, siendo el sistema más extendido el de tijera. (Gómez et al., 2010, p. 235)

**2.2.10.5. Bastidor anclado al suelo.** Consiste en unos raíles que están empotrados en el suelo que hacen las veces de bastidor, donde se pueden acoplar y anclar a lo largo de los raíles los distintos útiles y accesorios necesarios para la reparación (soportes, anclajes, gatos, etc.).

La ventaja principal que se presenta esta bancada es que cuando no se utiliza, el espacio queda totalmente libre y se le puede dar otra utilidad. El inconveniente es que se requiere realizar obra para su instalación y por otro lado, si se requiere cambiar su ubicación dentro del taller, los raíles no son recuperables.

(Gómez et al., 2010, pp. 235, 236)

### **2.2.11. El sistema de anclaje**

Es el conjunto de útiles y accesorios que se utilizan para fijar la carrocería al bastidor.

Todas las bancadas disponen de un sistema de anclaje para mantener la carrocería bien sujeta, al tiempo que se realizan los distintos trabajos de reparación (medición, tiros de tracción, diagnosis, etc.). El anclaje se realiza sujetando la carrocería en unos puntos concretos, previstos por el fabricante del vehículo con una serie de mecanismos que a su vez se sujetan al bastidor de la bancada. (Gómez et al., 2010, p. 236)

### **2.2.12. El equipo de tracción**

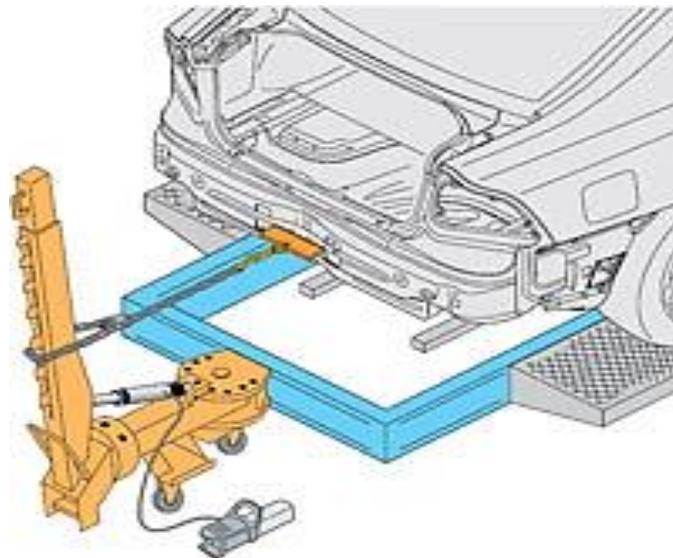
Está compuesto por equipos que utilizan la fuerza hidráulica para realizar tiros de tracción o compresión. Realizando esfuerzos en la misma dirección pero en sentido contrario a los que produjeron la deformación de la carrocería, con el fin de establecer sus cotas originales. (Gómez et al., 2010, p. 238)

**2.2.12.1. Equipo de tracción con escuadra.** También llamado "L", caimán, cobra y otra serie de denominaciones, según el fabricante de la bancada. Está compuesto por un

cilindro hidráulico que es accionado con una bomba oleohidráulica o hidroneumática. Este cilindro une dos brazos que forman una escuadra y pueden bascular en su punto de unión. Cuando el cilindro es sometido a presión provoca que los extremos libres de los brazos se separen.

El brazo que está colocado horizontalmente lleva incorporado un sistema de anclaje a la bancada y el brazo vertical tiene distintos acoplamientos para poder sujetar la cadena de tiro, formando diferentes ángulos respecto al punto deformado de la carrocería. El punto de unión de ambos brazos puede girar para que la cadena pueda ser posicionada en la misma dirección que la fuerza que provocó la denominación. (Gómez et al., 2010, p.238)

**Figura 2:** Equipo de tracción tipo escuadra



Fuente: <https://talleresjimauto.com/> , (agosto, 2021)

**2.2.12.2. Equipo de tracción por columna.** Compuesto por los siguientes componentes:

**Una bomba hidroneumática.**

**Un cilindro hidráulico.** Instalado en el interior de la columna.

**La columna principal.** Dispone en su parte inferior de un sistema de anclaje para fijarse a la bancada, pudiendo estar anclada de forma fija (nunca se desmonta de la bancada) o por el contrario ser móviles, pudiéndose desmontar de la bancada.

**La torre.** Se desplaza por el interior de la columna, saliendo por la parte posterior, donde tiene incorporada una polea.

**El collar.** Que es un sistema de regulación de la altura del tiro y se desplaza por el exterior de la columna hasta situarlo en el ángulo de tiro necesario, posición donde se bloquea y no tendrá movimiento mientras se realiza el estiramiento, en la parte posterior tiene un anclaje para sujetar la cadena de tiro. (Gómez et al., 2010, pp. 238, 239)

**Figura 3:** Equipo de tracción por columna



Fuente: <https://psgautomotriz.com/41-mesas-y-bancos-de-traccion>,  
(agosto, 2021)

**2.2.12.3. Equipo de tracción por tiros.** Este equipo se basa en los sistemas de fuerzas angulares, donde se estudian detenidamente los puntos de anclaje de la cadena de tiro para que aplicando una única fuerza en cada polígono formado. El punto deformado retorne a sus cotas originales.

El equipo más simple de este método está compuesto por un gato hidráulico de expansión que suele incluirse como accesorio al equipamiento de las bancadas; de hecho, en los sistemas explicados anteriormente hay que recurrir a este sistema de determinadas deformaciones para provocar un tiro adicional.

También existen bancadas que están diseñadas especialmente para utilizar este equipo y vienen preparadas con soporte de apoyo para los gatos hidráulicos y amarres para las cadenas. Los gatos pueden ser actuados con una bomba manual o hidroneumática. (Gómez et al., 2010, pp. 239,240)

**Figura 4:** Equipo de tracción por tiros



Fuente:

[http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R34\\_A1.pdf](http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R34_A1.pdf) , (Agosto, 2021)

### 2.2.13. El equipo de medida

La medición en las reparaciones estructurales de la carrocería resulta fundamental para asegurar que las cotas de los puntos deformados una vez efectuada la reparación sean las indicadas por el fabricante del vehículo. Las cotas de la estructura de la carrocería están en estrecha relación con la geométrica de la suspensión y de la dirección que, por



otro lado, son sistemas que en los vehículos actuales tienen pocas posibilidad de ser manipulados para corregir variaciones, como ocurría en los vehículos antiguos, donde existía la posibilidad de corregir muchos de los ángulos de estos sistemas (avance, caída, altura, etc.). Una variación en las cotas de la estructura de la carrocería no corregida puede suponer una pérdida de seguridad y del correcto comportamiento dinámico del vehículo, además de producir vibraciones, ruidos o un desgaste excesivo en alguno de los mecanismos del vehículo. (Gómez et al., 2010, p. 240)

Formas de comprobar reparación de la carrocería:

Empleando útiles específicos para el control de cada punto de la carrocería seleccionado por cada fabricante de vehículos, siendo necesario disponer de útiles distintos para cada vehículo.

Utilizando un sistema de medida universal que permite controlar los puntos de cualquier carrocería. (Gómez et al., 2010, p. 241)

#### **2.2.14. Otros tipos de bancadas**

**2.2.14.1. Bancadas para vehículos industriales.** Según indica Gómez et al. (2010) que:

Son bancadas cuyos principios son similares a los que se utilizan para los turismos, salvo que sus estructuras son más robustas para poder realizar y soportar mayores esfuerzos. Al igual que en la reparación de los turismos, existen bancadas de bastidor, elevado del suelo y de bastidor anclado al suelo. (p. 247)

**Figura 5:** Bancada para vehículos industriales.



Fuente: <https://iberisasl.com/blog/que-equipamiento-se-necesita-para-reparar-el-chasis-de-un-camion/>, (Agosto, 2021)

**2.2.14.2. Minibancadas.** Este tipo de bancadas son de menor tamaño como indica Gómez et al. (2010) lo siguiente:

Son bancadas de reducido tamaño que se utilizan para efectuar reparaciones rápidas en deformaciones que no hayan efectuado de manera importante la estructura del vehículo. Básicamente, consiste en un bastidor de reducido tamaño que está instalado sobre un pantógrafo y dispone de un juego de mordazas de sujeción. Los tiros se realizan normalmente con un gato hidráulico en forma de "L", aunque dependiendo del fabricante también puede estar equipado con un gato vectorial y sus accesorios de tiro. (p. 248)

**Figura 6:** Minibancadas.



Fuente: <https://iberisasl.com/bancadas-para-reparacion-de-carroceria/lb2500/>, (agosto, 2021)

**2.2.14.3. Bancadas plegables.** La característica de funcionamiento es igual que las demás, aunque con la peculiaridad que, una vez realizado el trabajo se pueden plegar para que ocupen menos espacio en el taller.” (Gómez, et al., 2010, p.248)

**2.2.14.4. Conjunto de tracción simple.** Según (Gómez, et al., 2010) indica lo siguiente:

Está compuesto por dos o cuatro caballetes que están unidos por una barra que sujeta las mordazas de sujeción. Sobre esta barra hace tope el gato hidráulico para realizar el tiro.

La principal ventaja que presenta este sistema es que su coste es reducido y no se requieren muchos accesorios. Por el contrario, los tiros (tal y como su nombre indica) han de ser simples y solo deben utilizarse en deformaciones que no hayan efectuado a la estructura de la carrocería. (p. 249)

**Figura 7:** Traccionador simple.



Fuente: <https://fabriles.com.co/producto/banco-dozer-l-enderezador-de-chasis-de-10-toneladas/> (Agosto, 2021)

### 2.2.15. Mantenimiento de equipos de tracción

El equipo de tracción y sus accesorios están sometidos a grandes cargas y esfuerzos, por lo que es importante realizar una inspección de forma periódica, reparando los posibles desperfectos o cambiando aquellos que no tengan reparación por exceso de desgaste o deformación. (Gómez, et al., 2010)

Como norma, la inspección deberá realizarse siempre antes de utilizarse, revisando:

**Tabla 2:** Inspección de los Componentes Hidráulicos y Mecánicos de Equipos de Tracción.

<b>Componentes hidráulicos</b>	<b>Componentes mecánicos</b>
Comprobar que el pistón del gato no está arañado ni tiene fugas.	Comprobar que todos los pernos y tornillos están apretados.
Comprobar que los pasadores de seguridad están correctos.	Comprobar que los pasadores de seguridad están correctos.
Comprobar que las mangueras del circuito hidráulico no tengas fugas.	Comprobar que las cuñas de bloqueo no han sufrido daños, en caso de tener rebabas, esmerilarlas para evitar posibles accidentes.
Comprobar que las conexiones rápidas de las mangueras se conectan bien y no tienen fugas.	En los equipos de tracción de columnas, engrasar al menos dos veces al año la torre y la columna.
Utilizar siempre el aceite recomendado por el fabricante	Revisar las cadenas que no tengan eslabones estirados o doblados.
	Como norma básica de mantenimiento y control es aconsejable que después de usar el equipo se limpie y guarde ordenadamente.

Fuente: Gómez, et al., 2010

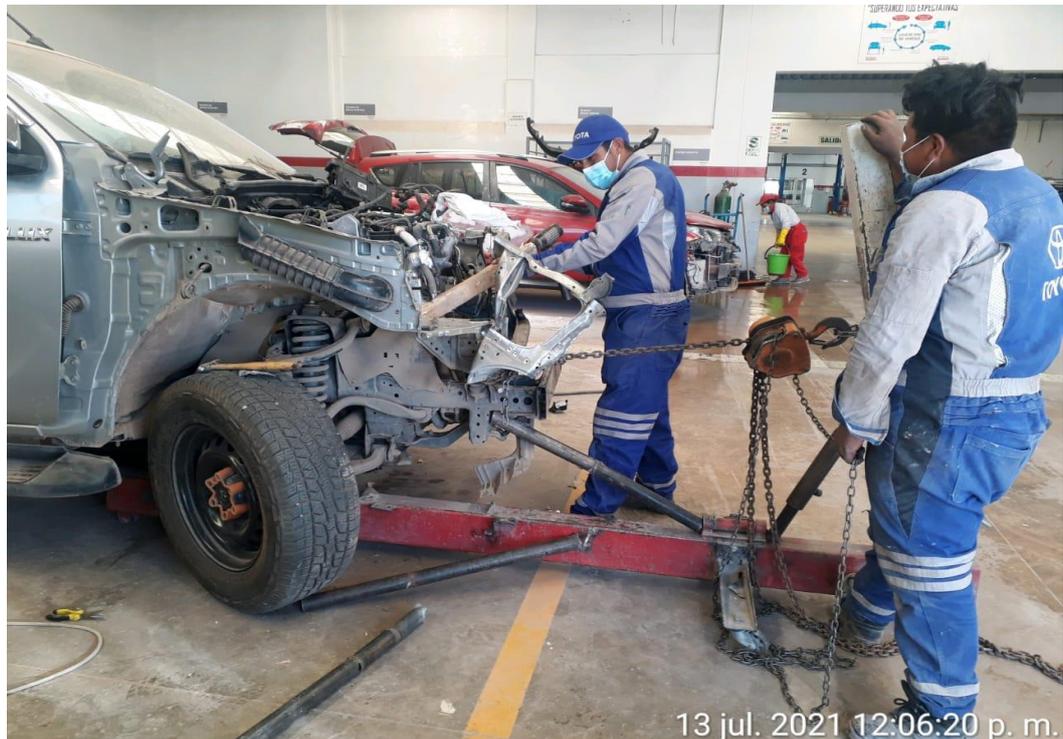
## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Materiales

Para realizar el presente proyecto de investigación, lo primero que se realizó fue ir a la fuente de información y revisión de literatura, además se recolectó información del proceso de enderezado en el taller de Planchado y Pintura de la empresa CONAUTO SAC.

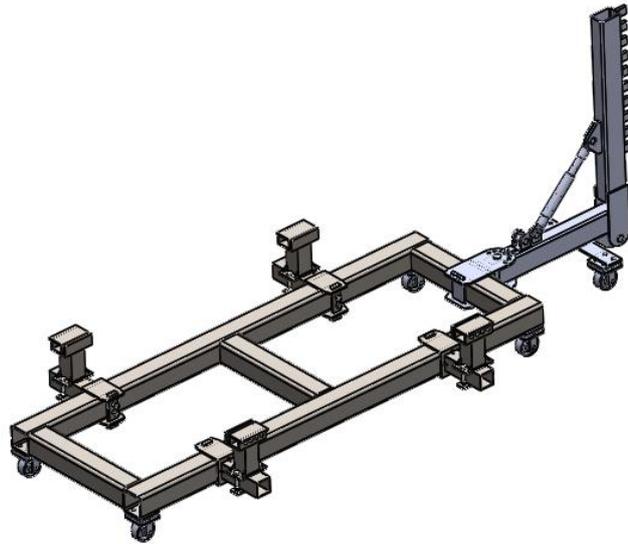
**Figura 8:** Proceso de enderezado de estructuras vehiculares en Conauto SAC



Elaboración propia

Una vez definido la optimización el proceso, después de varias propuestas, se decide realizar un diseño y propuesta de implementación de una máquina traccionadora de estructuras vehiculares livianos, El modelamiento del diseño se visualiza en la siguiente figura.

**Figura 9:** Modelo propuesto traccionadora de carrocerías



Elaboración propia (Solidworks, 2016)

Una vez obtenido el modelo más adecuado y versátil para el área de traccionado del taller, se procedió a realizar el diseño de los componentes que lo conforman.

### 3.1.1. Técnicas e instrumentos para la recolección de información

Se usaron los siguientes instrumentos:

- Cinta métrica
- Vernier
- Cámara fotográfica
- Cuaderno de apuntes
- Cronometro
- Porto Power 10 toneladas marca Truper

### Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

- Software de diseño Solidworks
- Hojas de trabajo en Microsoft Excel
- Fotos y apuntes de mediciones

### Plan de tratamiento de datos:

- Medir el tiempo del proceso de planchado y pintado realizando el uso del brazo traccionador existente.
- Determinar la selección de los aceros a usar en el diseño de la máquina y respectivas dimensiones de sus componentes.

### 3.1.2. Cuadro de selección de ruedas industriales

Las ruedas industriales serán seleccionadas de acuerdo al diseño propuesto, con una capacidad de carga aproximadamente de 1000 Kg-f. A continuación se muestra una tabla:

**Tabla 3:** Cuadro de Selección de Ruedas Industriales

REQUERIMIENTOS TIPO DE RUEDA	DUREZA	CAPACIDAD CARGA	RESISTENCIA A LA RODADURA	PROTECCIÓN DEL SUELO	CHOQUES Y VIBRACIÓN	DESGASTE Y DURACIÓN
HF: Hierro fundido	10	9	10	1	1	8
AM: Acero mecanizado	9	10	9	2	2	10
TL/TX/TT/NY: Resinas y Nylon	8	7	8	3	3	9
NP/AP: Nylon / Aluminio-Poliuretano	7	6	7	4	5	6
HV: Hierro-Vulkollan	6	8	6	5	6	7
PG/EG: Plástico / Estampado-Goma	5	2	2	8	4	2
HG: Hierro-Goma	4	5	4	6	7	3
AC: Aluminio-Caucho	3	4	5	7	8	4
NC: Nylon-Caucho	2	3	3	9	9	5
EN: Estampado-Neumática	1	1	1	10	10	1

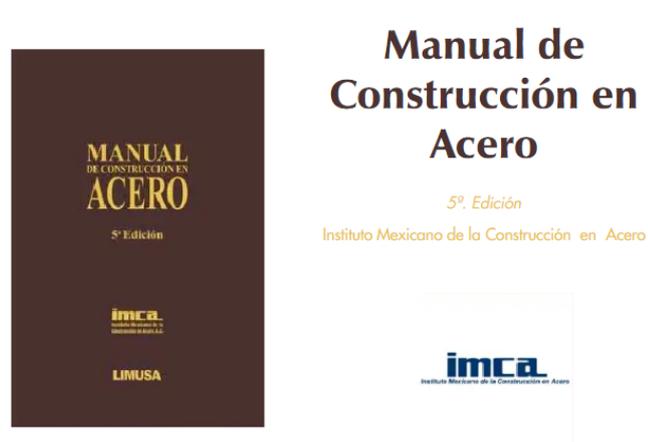
Nota. El cuadro siguiente es una guía de la rueda más aconsejable, en relación a las necesidades que la misma deba satisfacer. Puntuación: Bueno = 10 – Malo = 1. Fuente: Suministros Industriales del Tajo, S. A. (SITASA) recuperado de: [http://www.catalogo.sitasa.com/familias/ruedas/01\\_1.pdf](http://www.catalogo.sitasa.com/familias/ruedas/01_1.pdf) (Enero, 2021).

### 3.1.3. Manual de construcción en acero

El manual ha sido preparada por un Comité técnico del instituto Mexicano de la construcción en Acero (IMCA), con base en el estado actual del conocimiento para el diseño, fabricación y el montaje de estructuras de acero, dicho manual está basado en la interpretación y

adaptación de los documentos del American Institute of Steel Construction (AISC) (Instituto Americano de construcción en acero).

**Figura 10:** Manual del IMCA



Fuente: [https://www.academia.edu/25327650/Manual\\_IMCA](https://www.academia.edu/25327650/Manual_IMCA)

### 3.1.4. Tipos de daños producto de un siniestro vehicular según taller Conauto

Tipos de daños de los vehículos considerados en el taller CONAUTO de carrocería y pintura:

**Tabla 4:** Clasificación de Tipos de Daños en Carrocerías Vehiculares

TIPO DE SERVICIO	PANELES AFECTADOS	IMAGEN REFERENCIAL
QUICK	0.5	
LIGERO	1 a 2	
MEDIANO	3 a 4	
PESADO	4 a mas	

Elaboración propia

## 3.2. Metodología

### 3.2.1. Tipo de investigación

La tesis emplea los siguientes métodos de investigación:

**Método descriptivo.** Se efectuará las características y comportamientos de los esfuerzos estructurales de materiales que se definirán con el diseño de la maquina traccionadora de compactos.

**Método correlacional.** A su vez se establecerá un análisis en cuanto al costo de fabricación de la maquina traccionadora de estructuras vehiculares livianos para así establecer si es factible su implementación.

### 3.2.2. Población de investigación

Se tomó para el proyecto de investigación la concesionaria automotriz CONAUTO S.A.C en la sede ubicado en la jurisdicción del distrito de Juliaca, provincia de San Román del departamento de Puno. Las unidades para el servicio de carrocería y pintura mensualmente son alrededor de 60 unidades vehiculares, entre tipos de daño, quick, ligero, mediano y pesado.

**Figura 11:** Parte frontal de la concesionaria Conauto Juliaca

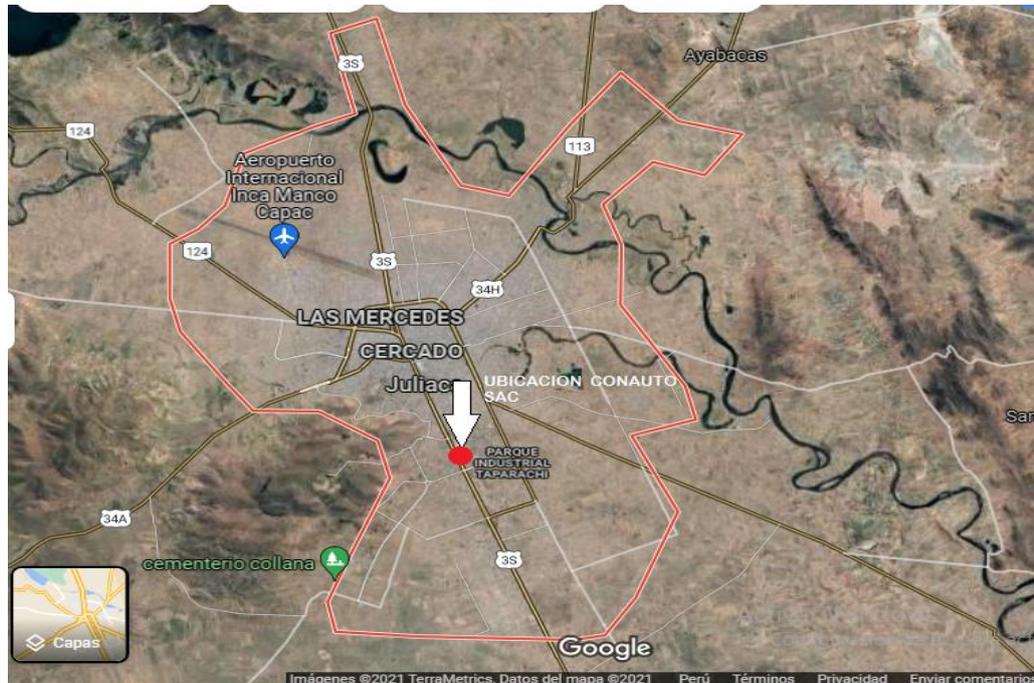


Elaboración propia

### 3.2.3. Ubicación y descripción de la población

Ubicada en la provincia de San Román a 3825 msnm, con una área de 2278 Km<sup>2</sup> y una población de 307 417 habitantes (2017).

**Figura 12:** Mapa de ubicación de la ciudad de Juliaca



Fuente: Google Maps

### 3.2.4. Diseño de la investigación

Para el diseño de la máquina traccionadora de estructuras vehiculares livianos, se basó en el planteamiento del problema realizando un estudio de la máquina traccionadora existente en el taller de CONAUTO SAC de la sede Juliaca, no son adecuados desde el punto de vista en el tiempo de operación, porque las funcionalidades de la máquina existente no realiza un traccionamiento adecuado y direccionado para su correcta lineación. Por lo que, en el diseño se consideró los aspectos negativos de la máquina traccionadora existente, el alto costo que generaría la adquisición de una nueva importada, la versatilidad, sobre todo la optimización de la operación.



Se toma en cuenta el siguiente proceso:

**Primero.** Realizar la recopilación de información y funcionamiento de la maquina traccionadora actual, así también el proceso de enderezamiento, datos como: tiempo de ejecución con la maquina traccionadora existente en cada unidad vehicular.

**Segundo.** Interpretar y evaluar los datos recopilados.

**Tercero.** Ingresar y procesar los datos en el programa Microsoft Excel para conocer la cantidad de tiempo efectiva utilizada en el proceso de enderezamiento de cada vehículo siniestrado tipo mediano o pesado.

**Cuarto.** Se generará lista de datos recopilados, mediante el cual se sabrá cuáles son los procesos más demorosos.

**Quinto.** Se realizará una propuesta de mejora realizando un diseño de una maquina traccionadora la cual adicionará al proceso versatilidad en la operación de la máquina, reducción de tiempo efectivo del proceso de enderezamiento, reducción tiempo de operación horas/ hombre.

**Sexto.** Realizaremos una comparación entre el proceso de enderezamiento actual versus implementando el diseño de la maquina traccionadora propuesto.

**Finalmente.** Validará la hipótesis planteada.

### 3.2.5. Procedimiento de cálculo

#### 3.2.5.1. Procedimiento de cálculo de la bancada

Diseño de la bancada a flexión ( $\sigma f$ ):

$$\sigma f = \frac{M * C}{I}$$



Donde:

M: Momento máximo

C: distancia del eje neutro hasta el punto más lejano

I: Momento de Inercia

Calculo de reacciones:

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

Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\sigma f}$$

### 3.2.5.2. Cálculo del brazo vertical traccionador

Se calculará el momento de inercia según siguiente formula:

$$A_3 = b_3 * h_3$$

$$I_{X_T} = 2 * I_{X_1} + 2I_{X_3}$$

$$I_{X_T} = 2 \left( \frac{b_1 * h_1^3}{12} \right) * \left( 2 \left( \frac{b_3 * h_3^3}{3} \right) + A_3 * d_3^2 \right)$$

El momento flexionante máximo se determina con la siguiente formula:

$$M = F * D$$



Calculando momento flexionante:

$$\sigma_f = \frac{M_{max} * C}{I_x}$$

Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y \text{ material}}{\sigma_t}$$

### 3.2.5.3. Cálculo del pasador del brazo vertical del traccionador

$$D_y = D * \text{sen } \theta^\circ$$

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

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

$$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2}$$

Cálculo a esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{C}{2.S}$$

Donde:

C = Fuerza cortante

S = Área transversal

Esfuerzo permisible:

$$\tau_{perm} = 0.4 * S_y$$

Factor de seguridad:

$$n = \frac{\tau_{perm}}{\tau}$$

### 3.2.5.4. Calculo del pasador de la torre por aplastamiento ( $\sigma_b$ )

Área de aplastamiento

$$Ab = d * e$$



Donde:

d: Diámetro del pasador

e: Espesor de las placas

$$\sigma_b = \frac{C}{2 * Ab}$$

Donde:

C : Fuerza cortante

Ab : Área de aplastamiento

Esfuerzo permisible por aplastamiento:

$$\sigma_{per} = 0.9 * S_y$$

Factor de seguridad

$$n = \frac{\sigma_{per}}{\sigma_b}$$

Donde:

$\sigma_{perm}$ : Esfuerzo permisible

$\sigma_b$  : Esfuerzo de trabajo

#### 3.2.5.4. Cálculo del pasador del pistón hidráulico

Sección transversal del pasador

$$A_C = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Calculo del esfuerzo cortante ( $\tau$ )

$$\tau = \frac{F}{2 * A_C}$$

Factor de seguridad

$$n = \frac{\tau_{perm}}{\tau}$$



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Diseño mecánico de la máquina traccionadora de estructuras vehiculares

##### livianas

En esta parte del proyecto se desarrollaran todos los análisis, cálculos y dimensionamiento de los elementos que comprende dicha máquina, también se realizó un modelamiento en la plataforma de software Solidworks, lo cual benefició en el análisis del comportamiento de la estructura y tener un mejor panorama del diseño.

El diseño de los componentes principales se basa de acuerdo a los diferentes esfuerzos mecánicos que están sometidos, por ende se selecciona el material acero adecuado y considerando un factor de seguridad.

De acuerdo al criterio de diseño y a la variedad de modelos de vehículos livianos que ingresan al taller de CONAUTO referente al peso, se toma los siguientes datos que se planteó con los que iniciamos los cálculos:

**Tabla 5:** Pesos de los componentes de la maquina traccionadora propuesta

DESCRIPCIÓN	MASA (Kg) kilogramos	PESO (N) Newton
Vehículo (carga máxima)	3000	29430
Bancada y caballetes	300	2943
Conjunto brazo traccionador	247	2483.1

Elaboración propia

Además se considera lo siguiente:

Capacidad máxima tracción del pistón hidráulico: 10000 Kg (10Tn) (98100 N)

Material empleado en la construcción : ACERO ASTM A36, A500

#### 4.1.1. Componentes estructurales

Los componentes estructurales que conforman son los siguientes:

##### 4.1.1.1. Bancada

Es el componente que sirve de base, en donde es montado el vehículo siniestrado mediante caballetes y mordazas, tiene una estructura en forma de escalera robusta mediante tubos de perfil cuadrada, a la vez tiene versatilidad para el montaje del brazo traccionador, pudiéndose variar las posiciones y ángulos de traccionamiento que se requiera al momento de su funcionamiento.

En ese sentido se procede a analizar el comportamiento de la estructura del banco en diferentes situaciones de esfuerzos y momentos al momento de su aplicación.

El material que se propone para el diseño de la estructura de la bancada es el acero ASTM – A500, de medidas 6x6x3/8 pulg., con una capacidad de soportar el peso de un vehículo de hasta 3000 Kg-f (29430 N). A continuación se muestra el modelo de la bancada como propuesta del diseño.

**Figura 13:** Modelo Bancada

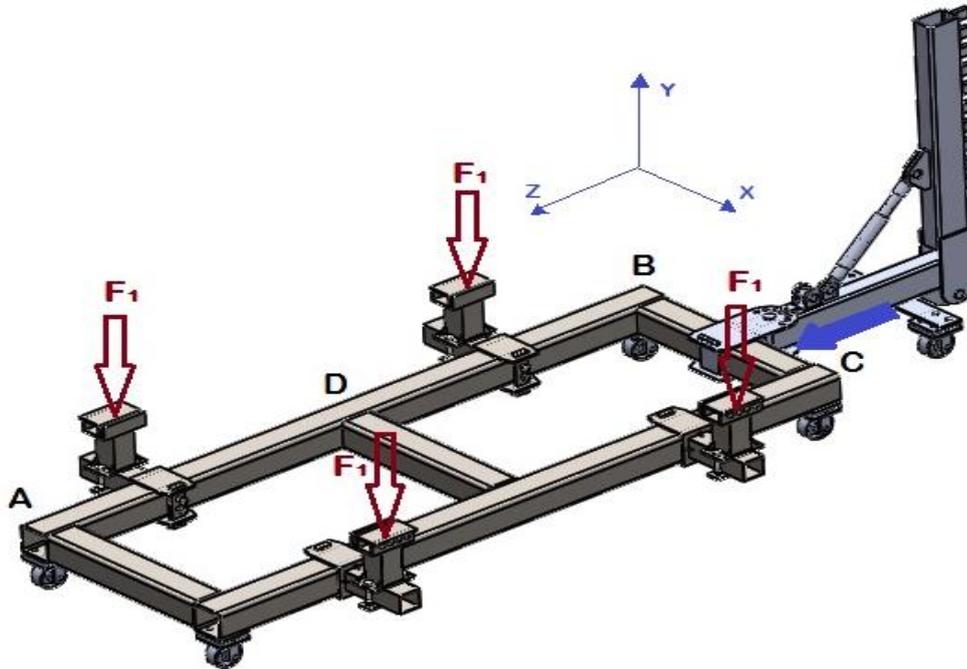


Elaboración propia (Solidworks, 2016)

La bancada soportará principalmente dos fuerzas en diferentes direcciones, una fuerza es el peso del vehículo y la otra es la fuerza accionada por el pistón hidráulico del brazo traccionador, siendo esta una fuerza que puede cambiar de posición del tramo B-C al

A-B, de acuerdo al requerimiento del brazo traccionador en el proceso de traccionamiento como se aprecia en la figura:

**Figura 14:** Acción de fuerzas sobre la bancada



Elaboración propia (Solidworks, 2016)

### Diagrama de fuerzas en el plano ZY:

Primeramente se realiza el cálculo de las cargas que soportará la estructura de la bancada en el plano ZY.

A continuación se muestran pesos de vehículos, según catálogo de los modelos de la marca Toyota que más frecuente ingresan al área de carrocería y pintura (B&P) en la concesionaria CONAUTO S.A.C., sede Juliaca:

**Tabla 6:** Peso de algunos modelos de la marca Toyota

N°	MODELO DEL VEHÍCULO MARCA TOYOTA	MASA NETA (Kg)	PESO NETO (N)
1	Yaris	1075	10545.75
2	Etios	1008	9888.48
3	Rush	1290	12654.9
4	Avanza	1085	10643.85
5	Rav4	1700	16677
6	Hilux	1890	18540.9
7	fortuner	1825	17903.25
8	Land cruiser prado	2150	21091.5

Elaboración propia

Según tabla, se elige el vehículo con mayor peso neto, en nuestro caso es el modelo Land cruiser prado, el cual es de 21091.5 N, se considera al peso elegido un factor de seguridad del 40% demás, ello debido a que el vehículo puede tener modificaciones de accesorios que conlleva al aumento de peso u otros casos, por lo tanto:

$$P_V = 29430 \text{ N}; m_V = 3000 \text{ Kg}$$

$P_V$ : Peso del vehículo

$m_V$ : Masa del vehículo

La bancada tiene que soportar la carga del vehículo y de los caballetes:

$$m_{\text{total}} = m_{\text{Vehículo}} + m_{\text{caballetes (04 unidades)}}$$

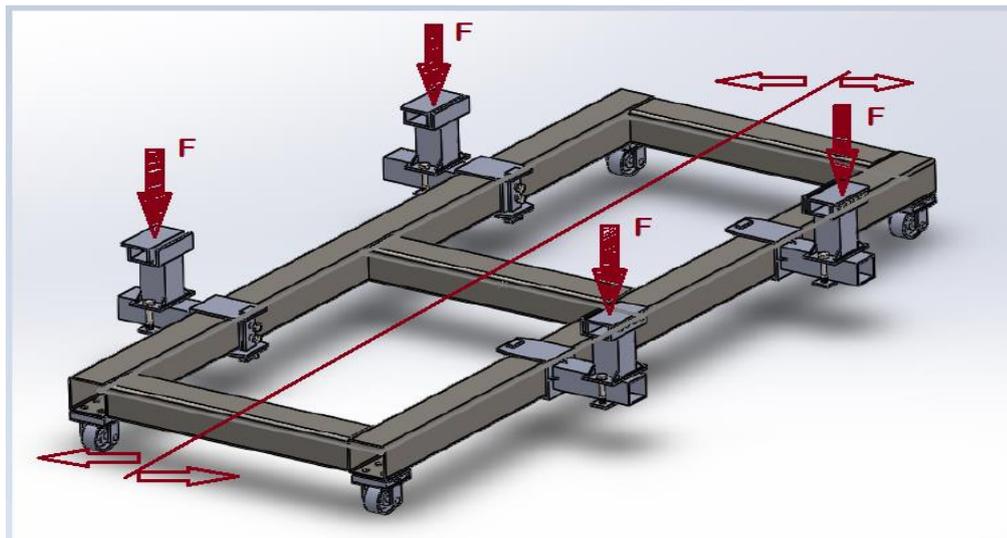
$$m_{\text{total}} = 3000 \text{ Kg} + 40 \text{ Kg}$$

$$m_{\text{total}} = 3040 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{V \text{ total}} = 29822 \text{ N}$$

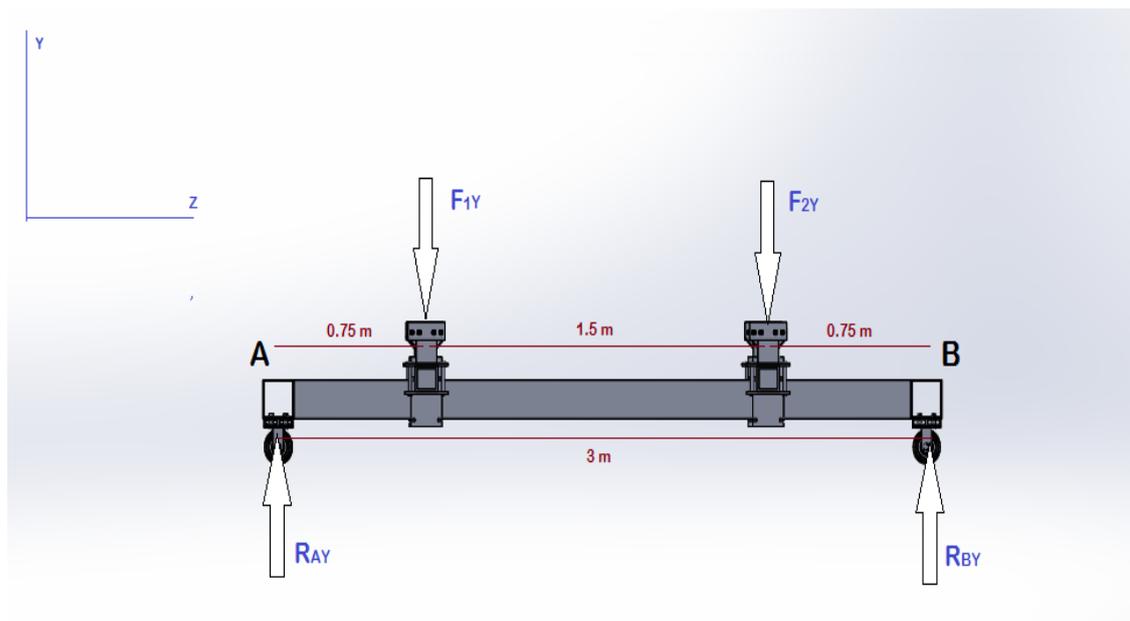
Para el cálculo se considera la mitad de la plataforma, ya que el peso del vehículo y las dimensiones de la estructura son simétricas con respecto al plano vertical, como se aprecia en la figura:

**Figura 15:** Distribución del peso del vehículo en la bancada



Elaboración propia (Solidworks, 2016)

**Figura 16:** Vista frontal de la viga



Elaboración propia (Solidworks, 2016)

$$F = \frac{F_{V \text{ total}}}{N} = \frac{29822 \text{ N}}{4} = 7455.5 \text{ N}$$

$$F = F_1 = F_2 = 7455.5 \text{ N}$$

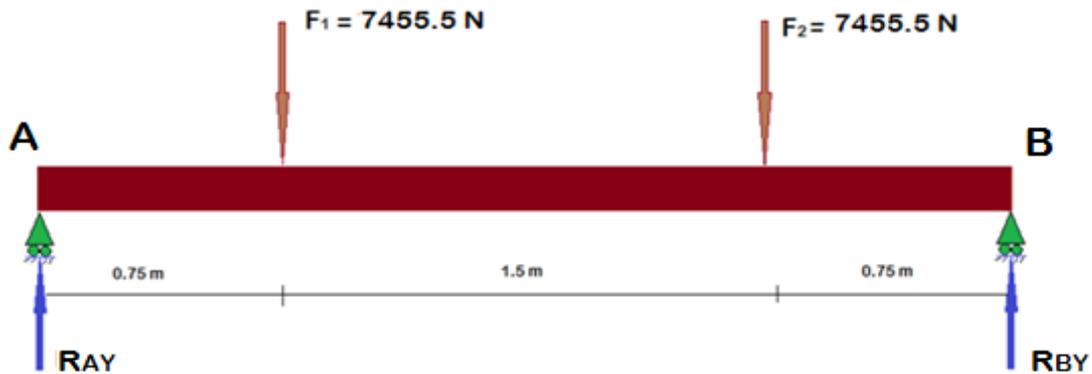
Donde:

N: Numero de caballetes

$F_1, F_2$ : Peso que soporta cada caballete

Se realiza diagrama de cuerpo libre (D.C.L.) plano ZY:

**Figura 17:** D.C.L. Bancada



Elaboración propia

Al resolver el momento de equilibrio en el punto A, se tiene lo siguiente:

$$\sum M_A = 0$$

$$-(F_1 * D_1) - (F_2 * D_2) + R_B * D_3 = 0$$

$$-(7455.5 \text{ N} * 0.75 \text{ m}) - (7455.5 \text{ N} * 2.25 \text{ m}) + (R_B * 3\text{m}) = 0$$

$$R_{BY} = 7455.5 \text{ N}$$

Por lo tanto, calculando el equilibrio de fuerzas verticales, se encuentra que:

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

$$R_{AY} = F_1 + F_2 - R_B$$

$$R_A = 7602.75 \text{ N} + 7602.75 \text{ N} - 7602.75 \text{ N}$$

$$R_{AY} = 7602.75 \text{ N}$$

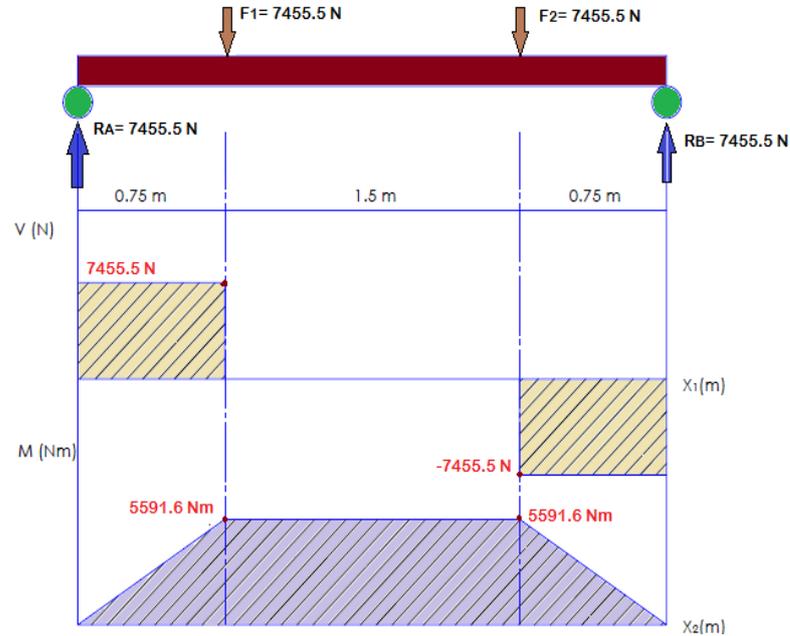
Resolviendo el sistema encontramos que las cargas y las reacciones son simétricas:

$$R_{AY} = 7602.75 \text{ N}$$

$$R_{BY} = 7602.75 \text{ N}$$

A continuación se aprecia el diagrama de esfuerzo cortante y momento flector:

**Figura 18:** Diagrama D.F.C. y D.M.F. Bancada en el plano ZY



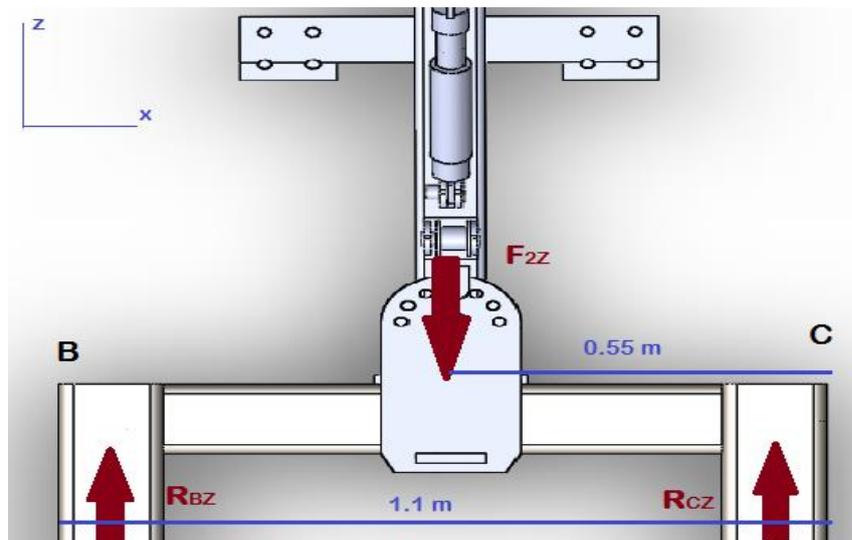
Elaboración propia

Según grafica el momento máximo es de:

$$M_{\max} = 5591.6 \text{ Nm}$$

**Diagrama de fuerzas en el plano XZ:**

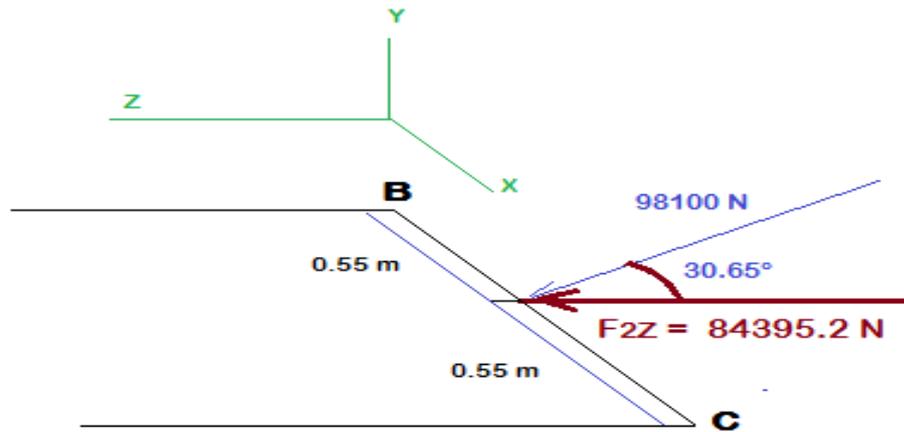
**Figura 19:** Fuerzas actuantes en el plano XZ de la bancada



Elaboración propia (Solidworks, 2016)

Se considera la capacidad de fuerza máxima del pistón hidráulico, que es de 10 Tn (98100 N), se debe tener en cuenta que la fuerza está siendo accionada con un ángulo de inclinación de  $30.65^\circ$  respecto al plano, por tanto:

**Figura 20:** Vista lateral del plano XZ



Elaboración propia

$$F_{2Z} = 84395.2 \text{ N}$$

Realizando sumatoria de momentos en el punto B, se tiene:

$$\sum M_B = 0$$

$$\sum M_B = -(84395.2 \text{ N} * 0.55 \text{ m}) + (R_{CZ} * 1.1) = 0$$

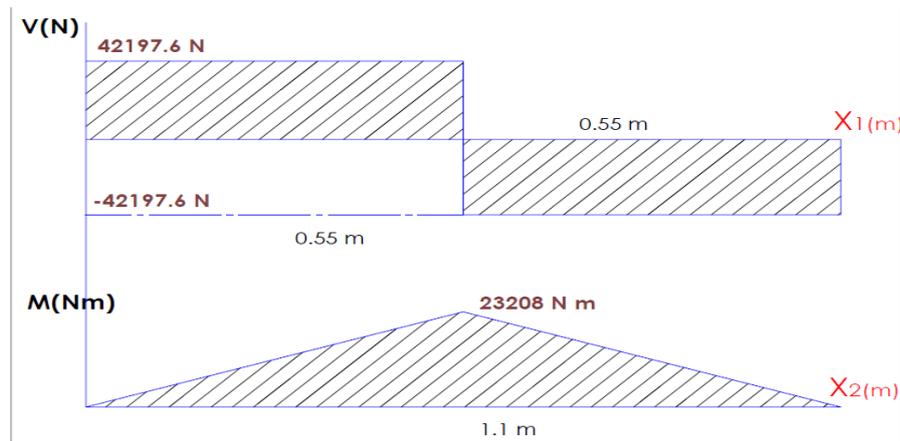
$$R_{CZ} = 42197.6 \text{ N}$$

Considerando la sumatoria de fuerzas y existiendo simetría de la fuerza respecto a las distancias en el tramo B-C, se tiene que:

$$R_{BZ} = 42197.6 \text{ N}$$

De acuerdo a los cálculos, se tiene la siguiente grafica DFC y DMF.

**Figura 21:** Diagrama D.F.C. y D.M.F. Bancada en el plano XZ



Elaboración propia

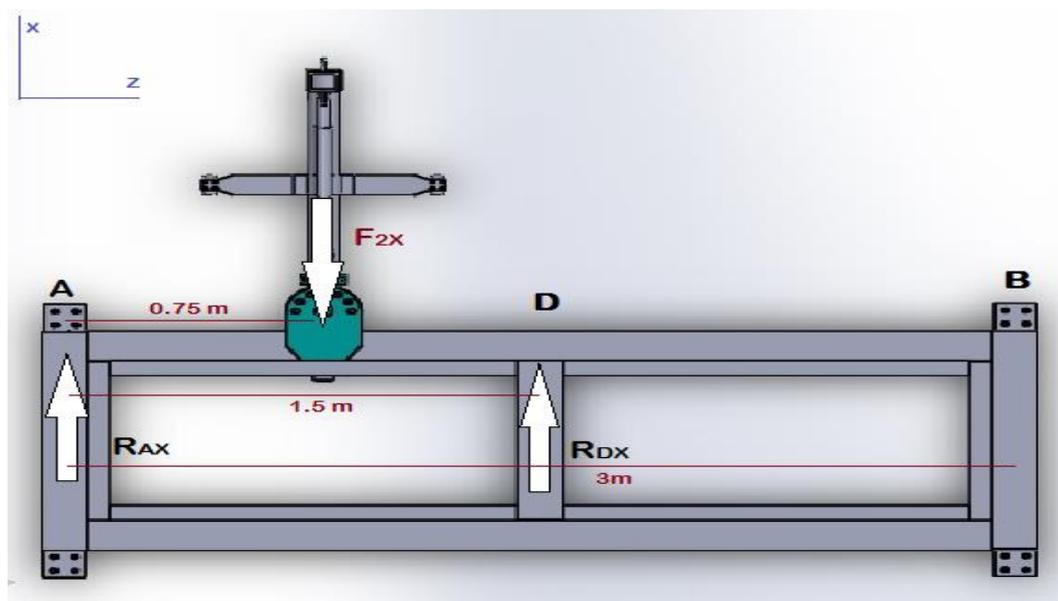
De acuerdo a la gráfica, el momento máximo es de:

$$M_{\max} = 23208.68 \text{ Nm}$$

**Diagrama de fuerzas en el plano ZX:**

Se considera en este plano que la viga tiene 03 apoyos, por ello se posiciona la fuerza del pistón máxima en uno de los puntos más críticos de la viga, a razón de que se considera el apoyo de 02 vigas, ya que el soporte está colocado en la mitad de la viga transversalmente, como muestra la viga.

**Figura 22:** Fuerzas actuantes en el plano ZX de la bancada



Elaboración propia (Solidworks, 2016)

Similar como en el plano XZ, la fuerza máxima del pistón hidráulico, que es de 10 Tn (98100 N), está siendo accionada con un ángulo de inclinación de  $30.65^\circ$  respecto al plano, por tanto:

$$F_{2X} = 84395.2 \text{ N}$$

Realizando sumatoria de momentos en el punto A, se tiene:

$$\sum M_A = 0$$

$$\sum M_A = -(98100\text{N} * 0.75\text{m}) + (R_{DX} * 1.5) = 0$$

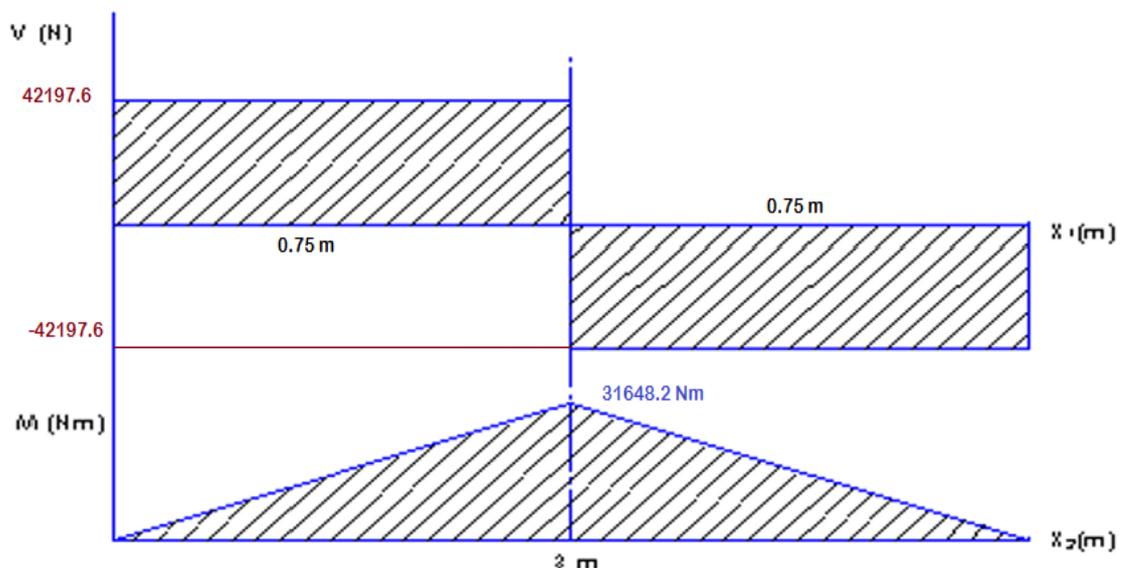
$$R_{DX} = 42197.6 \text{ N}$$

Considerando la sumatoria de fuerzas y existiendo simetría de las fuerzas respecto a las distancias en el tramo A-D, se tiene que:

$$R_{AX} = 42197.6 \text{ N}$$

Se tiene en la siguiente grafica de DFC y DMF.

**Figura 23:** Diagrama D.F.C. y D.M.F. Bancada en el plano ZX



Elaboración propia

De acuerdo a la gráfica, el momento máximo es de:

$$M_{\max} = 31648.2 \text{ Nm}$$

A continuación se tiene un cuadro con los momentos máximos en cada plano que actúan en la bancada:

**Tabla 7:** Momentos máximos en diferentes planos

PLANO	MOMENTO MAXIMO (Nm) Newton-metro
Z-Y	5591.6
X-Z	26977.5
Z-X	31648.2

Elaboración propia

De acuerdo al cuadro, se elige el momento del plano Z-X, ya que es el máximo momento que se tiene para realizar el cálculo y selección del material.

$$M_{\max} = 31648.2 \text{ Nm}$$

Según AISC (American Institute of Steel and construction) Instituto americano del acero y construcción, el esfuerzo permisible debe tener un factor de seguridad de 0.6 respecto al límite de fluencia del material, ello en caso el perfil del acero sea rectangular o cuadrada, por lo cual se tiene:

$$\sigma_{\text{perm}} = 0.6 * f_y$$

Donde:

$\sigma_{\text{perm}}$ : Esfuerzo permisible del material (segun norma AISC)

$f_y$  : Limite de fluencia del material

0.6 : Factor de seguridad

El material que se elige para el diseño es de la normativa ASTM A500, a continuación las características del acero:

**Tabla 8:** Propiedades mecánicas ACERO ASTM A500

SECCIÓN	NORMA TÉCNICA		GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	ELONGACIÓN MÍNIMO
	DEL TUBO	DEL ACERO				
REDONDO	ASTMA 500/ A500M	ASTMA 500 GRADO A	A	228	310	25
		ASTMA1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25
CUADRADO	ASTMA 500/A 500M	ASTMA500 GRADO A	A	269	310	25
		ASTMA1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25
RECTÁNGULO	ASTMA 500/A500M	ASTMA500 GRADO A	B	269	310	25
		ASTMA1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25

( ≈ ) Dimensiones y Tolerancias.

Fuente: Corporación aceros Arequipa S.A.

Por lo tanto, se tiene:

$$\sigma_{permMATERIAL} = 0.6 * 269 \text{ MPa} = 161.4 \text{ MPa, segun norma (AISC)}$$

Por tanto, se tiene la fórmula de cálculo de esfuerzo máximo permisible:

$$\sigma_{perm} = \frac{M_{max} * C}{I}$$

Donde:

$M_{max}$ : Momento maximo

C: Centroide

I: Momento de inercia

También se tiene la siguiente formula:

$$S_x = \frac{I_x}{C}$$

Donde:

$S_x$ : Modulo de seccion

Reemplazando en la fórmula de esfuerzo máximo permisible, se tiene:

$$\sigma_{perm} = \frac{M_{max}}{S_X} \quad ; \quad S_X = \frac{M_{max}}{\sigma_{perm}}$$

Reemplazando los datos se tiene:

$$S_{X_{cal}} = \frac{31648.2 \text{ Nm}}{161.4 \text{ MPa}} = \frac{31648.2 \text{ Nm}}{161.4 * 10^6 \left(\frac{N}{m^2}\right)} = 1.96 * 10^{-4} m^3$$

$$S_{X_{cal}} = 196 \text{ cm}^3$$

Luego se ubica en la tabla de manual de construcción en acero del instituto mexicano de la construcción en acero (IMCA) el módulo de sección ( $S_X$ ) que puede ser mayor o igual al módulo de sección hallado.

**Tabla 9:** Cuadro de especificaciones de perfiles de acero cuadrado

Designación		$t$ diseño	Peso		Área	Pandeo local	X-X		Y-Y		Torsión		Long plana	Superficie exterior
$d \times t$	in x in		kg /m	lb /pie			$I$	$Z$	$S$	$r$	$J$	$C$		
mm x mm	in x in	cm		cm <sup>2</sup>	b / t	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	mm	m <sup>2</sup> / m	
139 x 3.2	5 1/2 x 1/8	0.29	13.40	9.00	15.87	44.4	491.2	81.1	70.5	5.56	761.7	110.1	125	0.55
x 4.8	x 3/16	0.44	19.69	13.23	23.42	28.6	707.6	117.8	101.1	5.49	1,111.3	161.4	117	0.54
x 6.4	x 1/4	0.59	25.73	17.29	30.77	20.6	903.2	152.7	129.5	5.41	1,448.5	211.4	110	0.53
x 7.9	x 5/16	0.74	31.50	21.17	37.74	15.9	1,078.0	185.2	154.5	5.36	1,756.5	257.3	103	0.53
x 9.5	x 3/8	0.89	37.00	24.86	44.39	12.8	1,236.2	214.7	177.0	5.28	2,039.5	301.5	96	0.52
152 x 3.2	6 x 1/8	0.29	14.66	9.85	17.42	48.7	645.2	97.0	84.4	6.07	994.8	131.6	138	0.60
x 4.8	x 3/16	0.44	21.59	14.51	25.68	31.5	928.2	141.4	121.6	6.02	1,456.8	193.4	130	0.59
x 6.4	x 1/4	0.59	28.26	18.99	33.81	22.8	1,190.4	183.5	156.3	5.94	1,898.0	252.4	123	0.59
x 7.9	x 5/16	0.74	34.66	23.29	41.48	17.6	1,427.7	222.9	186.8	5.87	2,305.9	309.7	116	0.58
x 9.5	x 3/8	0.89	40.79	27.41	48.90	14.2	1,644.1	258.9	216.3	5.79	2,688.9	362.2	109	0.58
x 12.7	x 1/2	1.18	52.26	35.12	62.84	9.9	2,010.4	324.5	263.8	5.66	3,375.6	460.5	95	0.56
x 15.9	x 5/8	1.48	62.66	42.11	75.48	7.3	2,297.6	380.2	301.5	5.51	3,950.0	547.3	80	0.55

Fuente: IMCA, 2014

Según tabla el módulo de sección para tal medida de perfil es de  $S_X = 216.3 \text{ cm}^3$ , lo cual indica que si está por encima del módulo de sección calculado. Por tanto si cumple para el diseño.

Se elige el perfil cuadrado OR 152 mm x 10 mm ó 6 x 3/8 Pulg, dado que si es factible encontrar en el mercado.

#### 4.1.1.1.1. Selección de las ruedas industriales

Considerando que la carga máxima del vehículo que estará encima de la bancada, el de los caballetes y el peso mismo de la bancada, se tiene lo siguiente:

Obteniendo el peso de la bancada:

Según hoja técnica de especificaciones de la empresa Aceros Arequipa, se obtiene el peso por metro lineal:

**Tabla 10:** Especificaciones de los aceros ASTM A500

DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPEORES (mm)												
	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	8.0	10.0	12.0	
CUADRADO L.E	25mm	1.12	1.33	1.47		1.81							
	30mm		1.62	1.79									
	38mm		2.07	2.29		2.83	3.36						
	40mm		2.18	2.41		2.99	3.55						
	50mm		2.75	3.04		3.77	4.49		6.57	8.53			
	75mm			4.61		5.73	6.84	9.03	10.10	13.24			
	80mm			4.93		6.13	7.31	9.65	10.81				
	100mm			6.18		7.70	9.20	12.17	13.63	17.95			
	125mm						11.55		17.16	22.66			
	150mm						13.91		20.70	27.37	36.10	44.64	
	200mm						18.62		27.76	36.79	48.66	60.34	
	250mm								34.83	46.21	61.22	76.04	
300mm										73.79	91.74	109.49	
400mm											123.14	147.18	

Fuente: Aceros Arequipa S.A.

Como se aprecia en la tabla el peso es de  $44.64 \frac{kg-f}{m}$

La bancada tiene 9.3 metros lineales, por tanto

$$P_{Bancada} = 9.3 \text{ m} * 44.64 \frac{kgf}{m} = 415.2 \text{ Kgf}$$

Teniendo el peso de la bancada, ahora se halla el peso total:

$$P_{total} = P_{Vehiculo} + P_{Caballetes} + P_{Bancada}$$

$$P_{\text{total}} = 3000 \text{ Kgf} + 40\text{Kgf} + 415.2 \text{ Kgf}$$

$$P_{\text{total}} = 3455.2 \text{ Kgf}$$

El peso total hallado se divide entre cuatro ruedas, que serán colocadas en los extremos de la estructura de la bancada, por tanto cada rueda soportará lo siguiente:

Peso que soportará cada rueda: 863.8 Kgf

Se seleccionan las ruedas que provee la empresa STALEX, con una capacidad de 1000Kgf cada una.

El precio que se nos proporcionó de cada rueda es de s/. 300.00 incluido IGTV.

A continuación imagen referencial respecto al producto:

**Figura 24:** Rueda industrial propuesta



Fuente: <https://stalex.pe/producto/fierro-fundido-nacional-extra> (agosto, 2021)

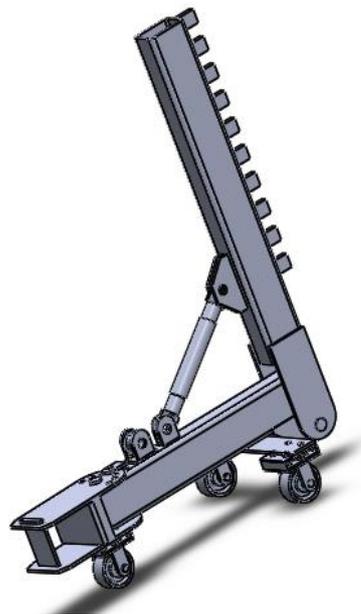
#### 4.1.1.2. Conjunto brazo traccionador

Para el equipo de tracción, se recomendó utilizar barras, planchas y perfiles de acuerdo a lo existente en el mercado local y nacional, dicho equipo tendrá a la disponibilidad

varias posiciones que el operador podrá usarlo de acuerdo a los requerimientos necesarios.

El diseño se basa en la maniobrabilidad que ejercerá el brazo traccionador, que tendrá una capacidad de traccionamiento de 10 toneladas, iniciando con dicho dato para realizar los cálculos en cuanto al diseño. A continuación se muestra la siguiente figura.

**Figura 25:** Conjunto Traccionador Propuesto

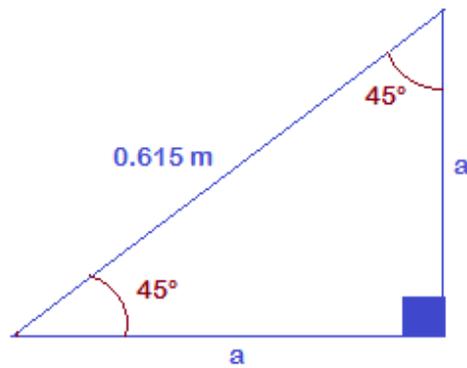


Elaboración propia (Solidworks, 2016)

El conjunto brazo traccionador está compuesto por dos brazos principales, brazo horizontal y vertical, en el cual ambos estarán conectados mediante el pistón hidráulico, en la parte frontal tendrá una estructura de sujeción hacia la bancada, que permitirá cambiar de ubicación respecto a la bancada, en el lado que sea necesario el traccionamiento del vehículo.

De acuerdo a la medida de longitud realizada al pistón hidráulico estando comprimido, es de 615 mm de eje a eje, se propone ubicarla con una pendiente de  $45^\circ$  y se considera su ubicación a  $90^\circ$  del brazo horizontal respecto al vertical, como se muestra en la figura.

**Figura 26:** Posición del pistón hidráulico comprimido



Elaboración propia

Calculando los lados por ley de senos, se tiene:

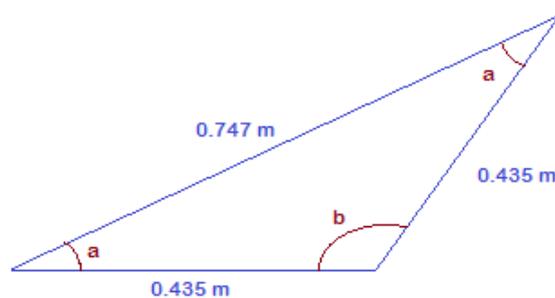
$$\frac{0.615 \text{ m}}{\text{sen}(90^\circ)} = \frac{a}{\text{sen}(45^\circ)}$$

$$a = 0.435 \text{ m}$$

Se tiene que la distancia de los lados horizontal y vertical respecto al pistón están ubicados a 0.435 m para que el brazo traccionador inicie desde este punto a desplazarse.

Se considera también que el pistón cuando esté extendido, llega a medir de eje a eje 0.747 mm, se tiene como se muestra en la figura:

**Figura 27:** Posición del pistón hidráulico extendido



Elaboración propia

Por la ley de cosenos se obtiene el ángulo en el punto " b ":

$$A^2 = B^2 + C^2 - B * C * \cos(b)$$

$$0.747^2 = (0.435)^2 + (0.435)^2 - (0.435)(0.435)(\cos b)$$

Despejando ángulo " b " se obtiene:

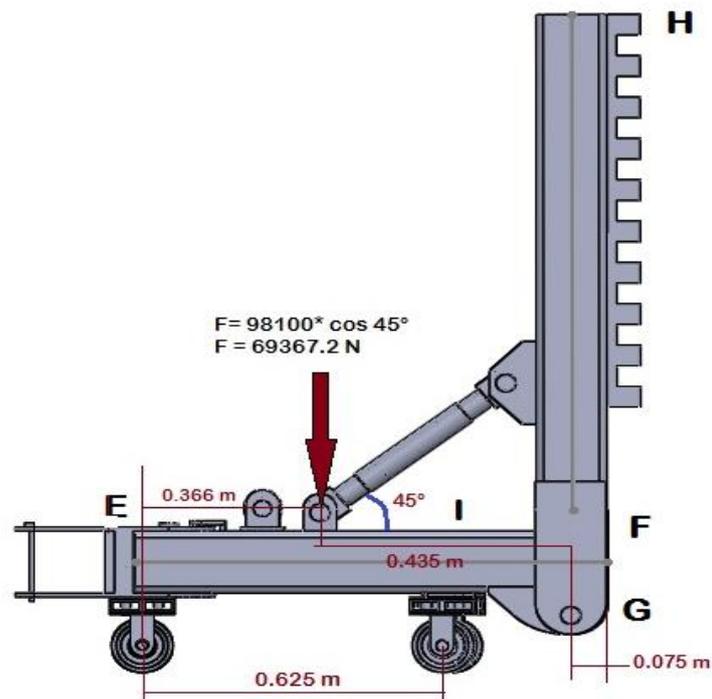
$$b = 118.7^\circ$$

Por ser un triángulo isósceles, los ángulos en " a " es de:  $30.65^\circ$

### Diseño del brazo horizontal:

Considerando que la fuerza del pistón hidráulico tenga más compresión respecto al brazo horizontal cuando esté a  $45^\circ$ , se realizar los cálculos:

**Figura 28:** Fuerzas actuantes en el Brazo horizontal



Elaboración propia (Solidworks, 2016)

Realizando sumatoria de momentos en el punto E, se tiene:

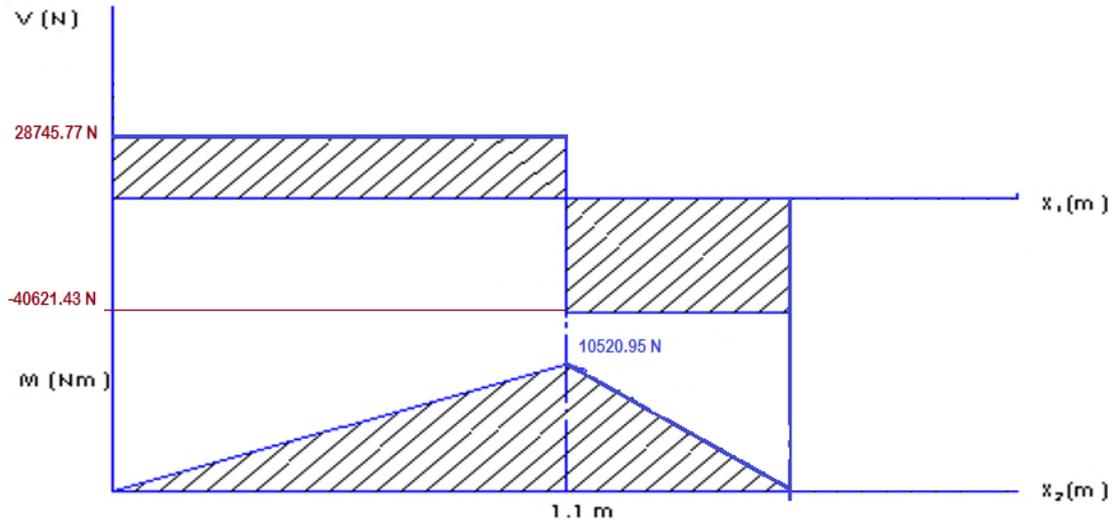
$$\sum M_E = -69367.2N * (0.366 m) + R_I * (0.625)$$

$$R_I = 40621.43 N$$

Realizando sumatoria de fuerzas se tiene:

$$R_E = 28745.77 \text{ N}$$

**Figura 29:** DFC y DMF del brazo horizontal



Elaboración propia

Según gráfica se tiene el momento máximo de: 10520.95 Nm

Se procede a calcular el módulo de sección ( $S_x$ ), teniendo el esfuerzo permisible del acero que es de: 161.4 MPa

$$S_x = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{perm}}} = \frac{10520.95 \text{ Nm}}{161400000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S_x = 65.2 \text{ cm}^3$$

Para fines de tener un factor de seguridad adecuado, se elige el perfil siguiente según tabla.

**Tabla 11:** Especificaciones del perfil acero rectangular

Designación <i>d x b x t</i>		<i>t</i> diseño cm	Peso		Área cm <sup>2</sup>	Pandeo local		X - X			
mm x mm x mm	in x in x in		kg/m	lb / pie		<i>b/t</i>	<i>h/t</i>	<i>I</i> cm <sup>4</sup>	<i>Z</i> cm <sup>3</sup>	<i>S</i> cm <sup>3</sup>	<i>r</i> cm
152 x 76 x 3.2	6 x 3 x 1/8	0.29	10.86	7.30	12.90	22.9	48.7	392.5	63.4	51.5	5.51
x 4.8	x 3/16	0.44	15.93	10.70	18.90	14.2	31.5	557.8	91.6	73.3	5.44
x 6.4	x 1/4	0.59	20.66	13.88	24.77	9.9	22.8	707.6	117.8	92.8	5.33
x 7.9	x 5/16	0.74	25.20	16.93	30.19	7.3	17.6	836.6	141.1	109.6	5.26
x 9.5	x 3/8	0.89	29.40	19.76	35.35	5.6	14.2	944.8	162.2	124.1	5.18
x 12.7	x 1/2	1.18	37.07	24.91	44.84	3.5	9.9	1,115.5	198.3	146.7	5.00
152 x 102 x 3.2	6 x 4 x 1/8	0.29	12.13	8.15	14.39	31.5	48.7	474.5	74.7	62.4	5.74
x 4.8	x 3/16	0.44	17.84	11.99	21.16	20.0	31.5	682.6	108.2	89.5	5.66
x 6.4	x 1/4	0.59	23.20	15.59	27.74	14.2	22.8	869.9	139.8	114.1	5.59
x 7.9	x 5/16	0.74	28.37	19.06	33.94	10.7	17.6	1,032.3	168.8	135.5	5.51
x 9.5	x 3/8	0.89	33.20	22.31	39.87	8.5	14.2	1,177.9	195.0	154.5	5.44
x 12.7	x 1/2	1.18	42.13	28.31	50.84	5.6	9.9	1,415.2	239.3	185.2	5.28

Fuente: IMCA, 2014

Se elige el tipo de acero OR - PUENTE RECTANGULAR 6\*4\*1/4 Pulg , 150\*100\*6 mm según indica fabricante del acero.

Se halla el esfuerzo de trabajo calculado:

$$\sigma_t = \frac{M_{\max}}{S_x}$$

$$\sigma_t = \frac{10520.95 \text{ Nm}}{0.000114 \text{ m}^3} = 92.3 \text{ MPa}$$

Calculado factor de seguridad:

$$n = \frac{f_{y \text{ material}}}{\sigma_t}$$

Donde:

n: Factor de seguridad

$f_{y \text{ material}}$  : Limite de fluencia del material ASTM A500

$\sigma_t$ : Esfuerzo de trabajo calculado

$$n = \frac{269 \text{ MPa}}{92.3 \text{ Mpa}}$$

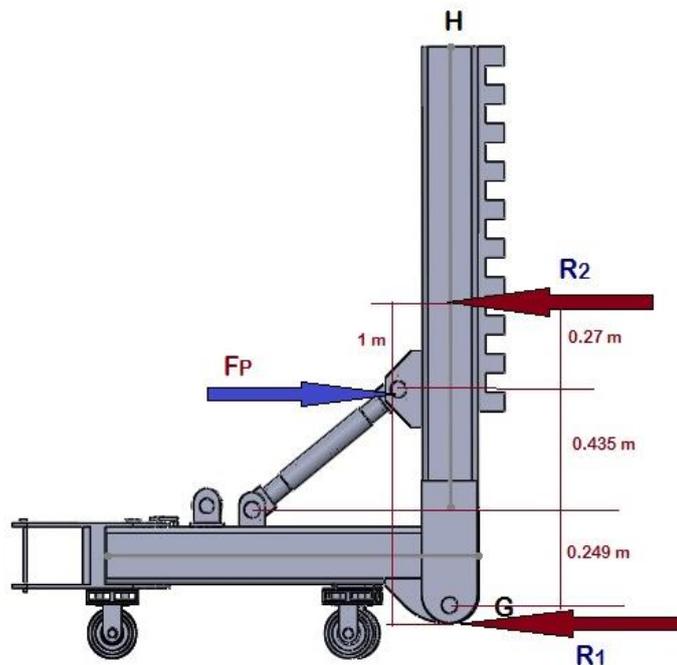
$$n = 2.91$$

### Diseño del brazo vertical:

Para el brazo vertical se toma en cuenta que a la altura de 1 m del brazo es donde se ejerce la tracción máxima, esto debido a que a esta altura por lo general está el chasis y carrocería del vehículo donde requiere ser traccionado con más frecuencia.

Por tanto se tiene la siguiente figura:

**Figura 30:** Fuerzas actuantes del brazo vertical



Elaboración propia (Solidworks, 2016)

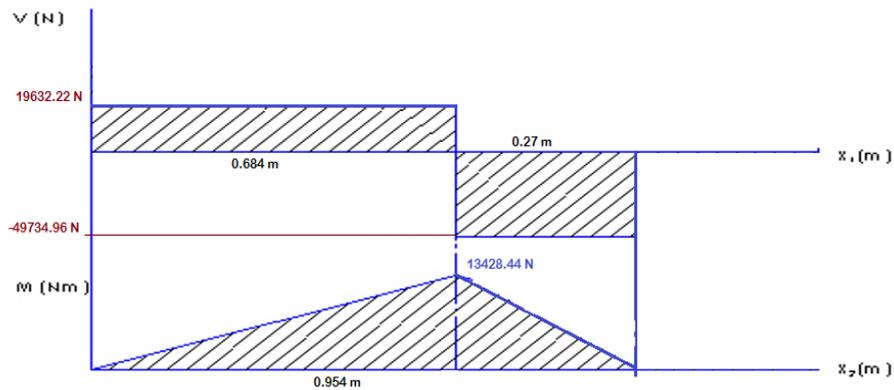
Se realiza sumatoria de momentos en el punto G:

$$\sum M_G = -(69367.18 \text{ N} * 0.684 \text{ m}) + R_2 * (0.954 \text{ m}) = 0$$

$$R_2 = 49734.96 \text{ N}$$

$$R_1 = 19632.22 \text{ N}$$

**Figura 31:** DFC y DMF del brazo vertical



Elaboración propia

Según figura se aprecia el momento máximo de: 13428.44 Nm

Ahora se aprecia el módulo de sección:

$$S_X = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{perm}}} = \frac{13428.44 \text{ Nm}}{161400000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S_X = 83.2 \text{ cm}^3$$

Se procede a elegir el material mediante tabla:

**Tabla 12:** Especificaciones de Perfil de Acero Rectangular

Designación $d \times b \times t$		$t$ diseño	Peso		Área	Pandeo local		X - X			
mm x mm x mm	in x in x in	cm	kg/m	lb / pie	cm <sup>2</sup>	$b/t$	$h/t$	$I$ cm <sup>4</sup>	$Z$ cm <sup>3</sup>	$S$ cm <sup>3</sup>	$r$ cm
152 x 76 x 3.2	6 x 3 x 1/8	0.29	10.86	7.30	12.90	22.9	48.7	392.5	63.4	51.5	5.51
x 4.8	x 3/16	0.44	15.93	10.70	18.90	14.2	31.5	557.8	91.6	73.3	5.44
x 6.4	x 1/4	0.59	20.66	13.88	24.77	9.9	22.8	707.6	117.8	92.8	5.33
x 7.9	x 5/16	0.74	25.20	16.93	30.19	7.3	17.6	836.6	141.1	109.6	5.26
x 9.5	x 3/8	0.89	29.40	19.76	35.35	5.6	14.2	944.8	162.2	124.1	5.18
x 12.7	x 1/2	1.18	37.07	24.91	44.84	3.5	9.9	1,115.5	198.3	146.7	5.00
152 x 102 x 3.2	6 x 4 x 1/8	0.29	12.13	8.15	14.39	31.5	48.7	474.5	74.7	62.4	5.74
x 4.8	x 3/16	0.44	17.84	11.99	21.16	20.0	31.5	682.6	108.2	89.5	5.66
x 6.4	x 1/4	0.59	23.20	15.59	27.74	14.2	22.8	869.9	139.8	114.1	5.59
x 7.9	x 5/16	0.74	28.37	19.06	33.94	10.7	17.6	1,032.3	168.8	135.5	5.51
x 9.5	x 3/8	0.89	33.20	22.31	39.87	8.5	14.2	1,177.9	195.0	154.5	5.44
x 12.7	x 1/2	1.18	42.13	28.31	50.84	5.6	9.9	1,415.2	239.3	185.2	5.28

Fuente: IMCA, 2014

Se elige el mismo tipo de acero OR - PUENTE RECTANGULAR 6\*4\*1/4 Pulg, 150\*100\*6 mm con un  $S_x = 114.1$  por razones que el brazo horizontal y vertical tengan mismas medidas del perfil y la apariencia es más proporcional.

Se halla el esfuerzo de trabajo calculado:

$$\sigma_t = \frac{M_{\max}}{S_x}$$

$$\sigma_t = \frac{13428.44 \text{ Nm}}{0.000114 \text{ m}^3} = 117.8 \text{ MPa}$$

Calculado factor de seguridad:

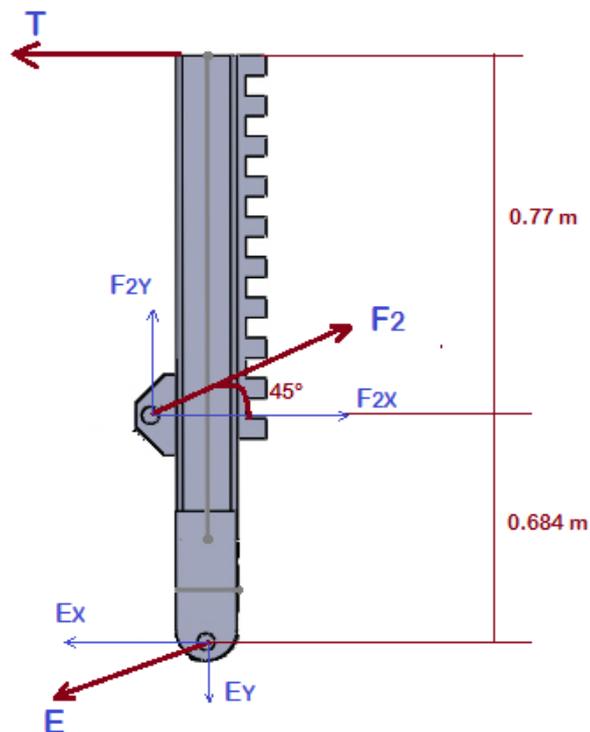
$$n = \frac{f_{y \text{ material}}}{\sigma_t} = \frac{269 \text{ MPa}}{117.8 \text{ MPa}} = 2.28$$

Con lo cual se cumple con el diseño adecuado del brazo vertical del traccionador.

### Diseño del pasador del brazo vertical:

Primeramente calculamos la fuerza máxima que ejercerá la cadena en T:

**Figura 32:** Fuerzas actuantes respecto al eje X y Y



Elaboración propia (Solidworks, 2016)



Donde se despeja  $F_2$  con respecto a eje x:

$$F_{2X} = F_2 * \cos 45^\circ$$

$$F_{2X} = 69367.18 \text{ N}$$

Sumatoria de momentos respecto a E:

$$\sum M_E = -(F_{2X} * D_1) + (T * D_2) = 0$$

$$T = 32632.15 \text{ N}$$

Teniendo como momento máximo:

$$M_{\max} = T * D_2$$

$$M_{\max} = 25126.75 \text{ Nm}$$

Calculo del esfuerzo flexionante de trabajo:

$$\sigma_t = \frac{M_{\max}}{S_X} = \frac{25126.75 \text{ Nm}}{1.14 * 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$\sigma_t = 220.7 \text{ MPa}$$

Se calcula factor de seguridad:

$$n = \frac{f_{y \text{ material}}}{\sigma_t} = \frac{269 \text{ MPa}}{220.4 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.22$$

Con lo cual se confirma que el diseño está correcto.

Ahora se procede hallar  $F_{2Y}$ :

$$F_{2Y} = F_2 * \sen 45^\circ$$

$$F_{2Y} = 69367.18 \text{ N}$$

Sumatoria de fuerzas en eje Y:

$$F_{2Y} = E_Y$$

$$E_Y = 69367.18 \text{ N}$$



Sumatoria de fuerzas en X:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{2X} - E_x - T = 0$$

$$E_x = 36735.03 \text{ N}$$

Se halla la fuerza en E:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

$$E = 78493.75 \text{ N}$$

**Calculo a esfuerzo cortante ( $\tau$ ):**

Para ello se propone la sección del pasador con un diámetro 32 mm de la normativa ASTM A36

Sección transversal del pasador:  $S_p = \pi * r^2$ , reemplazando se obtiene:

$$S_p = 8.04 * 10^{-4} \text{ m}$$

$$\tau = \frac{E}{2 * S_p}$$

$$\tau = \frac{78493.75 \text{ N}}{2 * 8.04 * 10^{-4}}$$

$$\tau = 48.8 \text{ MPa}$$

El esfuerzo permisible se da según norma ASTM para perfiles circulares.

El límite de fluencia del acero ASTMA36 es de:  $f_y = 250 \text{ MPa}$

$$\tau_{\text{perm}} = 0.4 * f_y$$

$$\tau_{\text{perm}} = 0.4 * 250 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{perm}} = 100 \text{ MPa}$$

Se halla el factor de seguridad:

$$n = \frac{\tau_{\text{perm}}}{\tau} = \frac{100 \text{ MPa}}{48.8 \text{ MPa}}$$



$$n = 2.05$$

### Calculo de la placa soporte del brazo vertical por aplastamiento ( $\sigma_b$ ):

El área del aplastamiento, se obtiene de la siguiente formula:

$$A_b = d * e = 32 \text{ mm} * 10 \text{ mm}$$

$$A_b = 320 \text{ mm}^2$$

Donde:

d: diámetro del pasador

e: espesor de las placas

$$\sigma_b = \frac{E}{2 * A_b}$$

$$\sigma_b = \frac{78493.75 \text{ N}}{2(3.2 * 10^{-4} \text{ m}^2)}$$

$$\sigma_b = 122.6 \text{ MPa}$$

Donde:

E: fuerza cortante

Ab: área de aplastamiento

El esfuerzo permisible por aplastamiento es lo siguiente:

$$\sigma_{\text{perm}} = 0.9 * f_y$$

$$\sigma_{\text{perm}} = 0.9 * 250 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{perm}} = 225 \text{ MPa}$$

Obteniendo factor de seguridad:

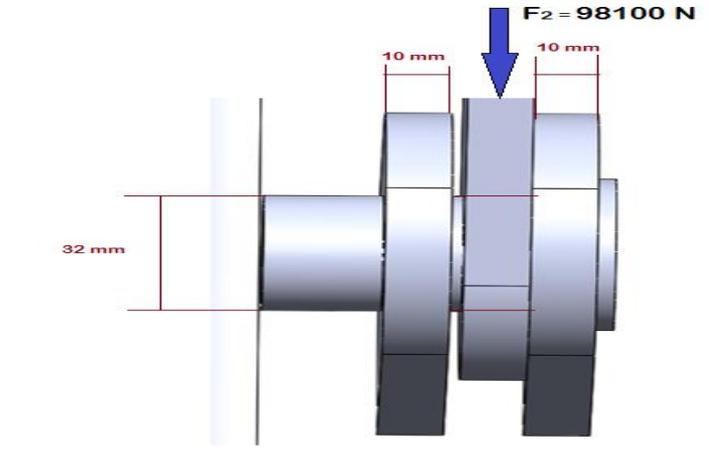
$$n = \frac{\sigma_{\text{perm}}}{\sigma_b} = \frac{225 \text{ MPa}}{122.6 \text{ Mpa}}$$

$$n = 1.84$$

### Diseño del pasador del cilindro hidráulico:

Este elemento está sometido a doble cortante, como se aprecia en la figura:

**Figura 33:** Fuerzas actuantes y reacciones en el pasador del cilindro hidráulico



Elaboración propia (Solidworks, 2016)

Calculo de la sección transversal:

$$A_p = \pi * r^2$$

$$A_p = \pi * (0.016)^2$$

$$A_p = 8.04 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Calculo del esfuerzo cortante ( $\tau$ ):

$$\tau = \frac{F_2}{2 * A_p}$$

$$\tau = \frac{98100 \text{ N}}{2(8.04 * 10^{-4} \text{ m}^2)}$$

$$\tau = 61 \text{ MPa}$$

Teniendo el dato del esfuerzo permisible para perfil circular compacto, se tiene el factor de seguridad siguiente:

$$n = \frac{\tau_{perm}}{\tau} = \frac{100 \text{ MPa}}{61 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.64$$

### Cálculo de la placa soporte del pistón hidráulico por aplastamiento ( $\sigma_b$ ):

Se tiene área de aplastamiento:

$$A_b = d * e = 32 \text{ mm} * 10 \text{ mm}$$

$$A_b = 320 \text{ mm}^2$$

$$A_b = 32 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

Se calcula esfuerzo por aplastamiento ( $\sigma_b$ ):

$$\sigma_b = \frac{F_2}{2 * A_b} = \frac{98100 \text{ N}}{2(32 * 10^{-5} \text{ m}^2)}$$

$$\sigma_b = 153.28 \text{ MPa}$$

El esfuerzo permisible del acero ASTM A36 es el siguiente:

$$\sigma_{\text{perm}} = 225 \text{ MPa}$$

Se calcula el factor de seguridad:

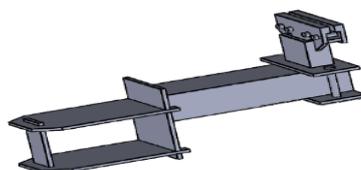
$$n = \frac{\sigma_{\text{perm}}}{\sigma} = \frac{225 \text{ MPa}}{153.28 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.47$$

#### 4.1.1.3. Caballetes

Están diseñados de planchas de 10mm o 3/8" (equivalente) y tubo perfil cuadrado 4x4x1/4 pulg., tal estructura debe ser resistente ya que tendrá que soportar en promedio 750 kgf cada uno de un total de cuatro unidades. A continuación de muestra un modelamiento.

**Figura 34:** Modelo Caballete



Elaboración propia (Solidworks, 2016)

#### 4.1.1.4. Pistón hidráulico

El pistón hidráulico tendrá la función de accionar al brazo en forma de "L", la capacidad de fuerza que tendrá según el fabricante será de 98100 N, la cual es accionada hidráulicamente mediante una palanca manual, como se aprecia en la siguiente figura:

**Figura 35:** Porto-Power Hidráulico 10 Tn Marca TRUPER



Fuente: <https://www.truper.com/porto-power-hidraulico-10-toneladas.html>

**Figura 36:** Presentación de Porto-Power

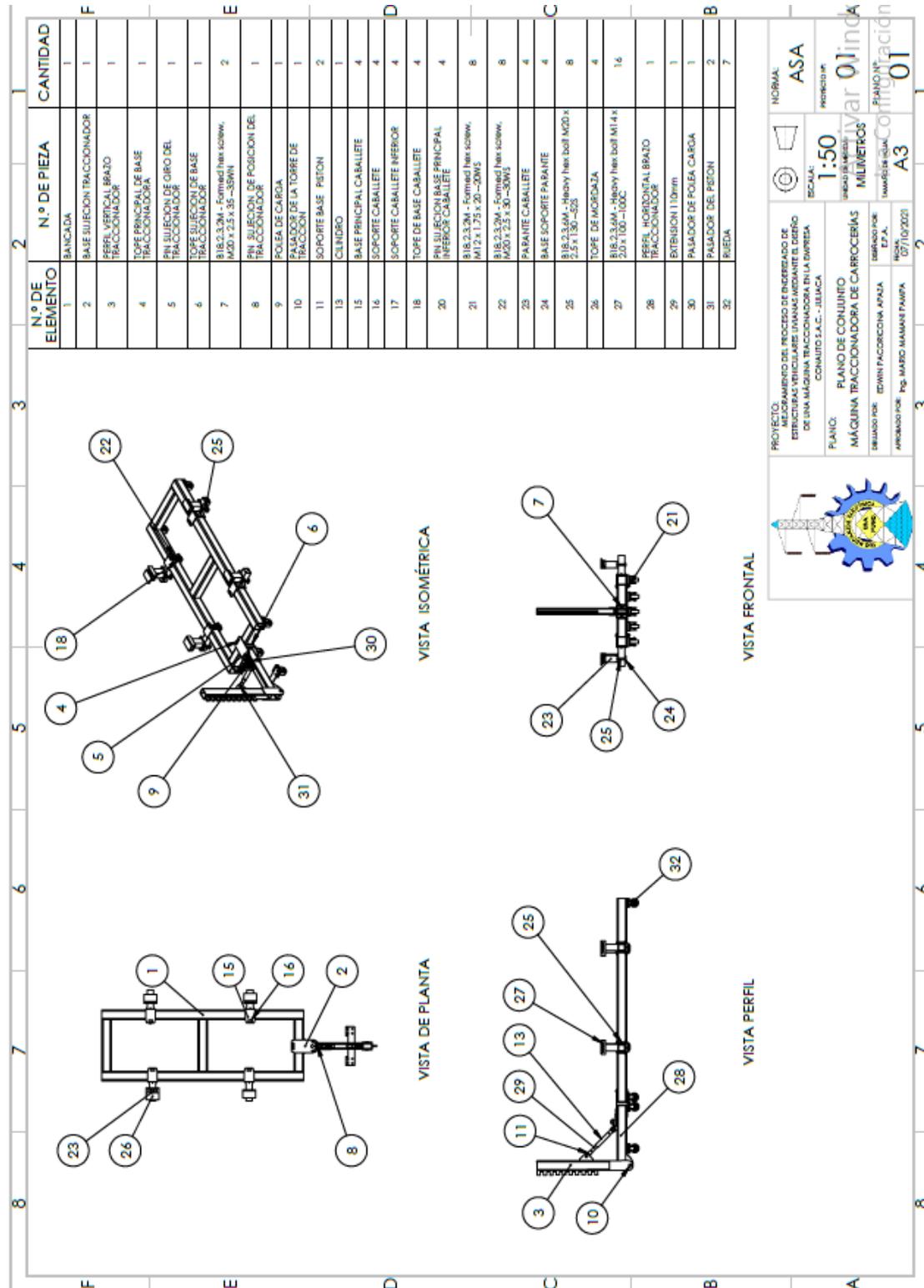


Elaboración propia

### 4.1.2. Planos de diseño

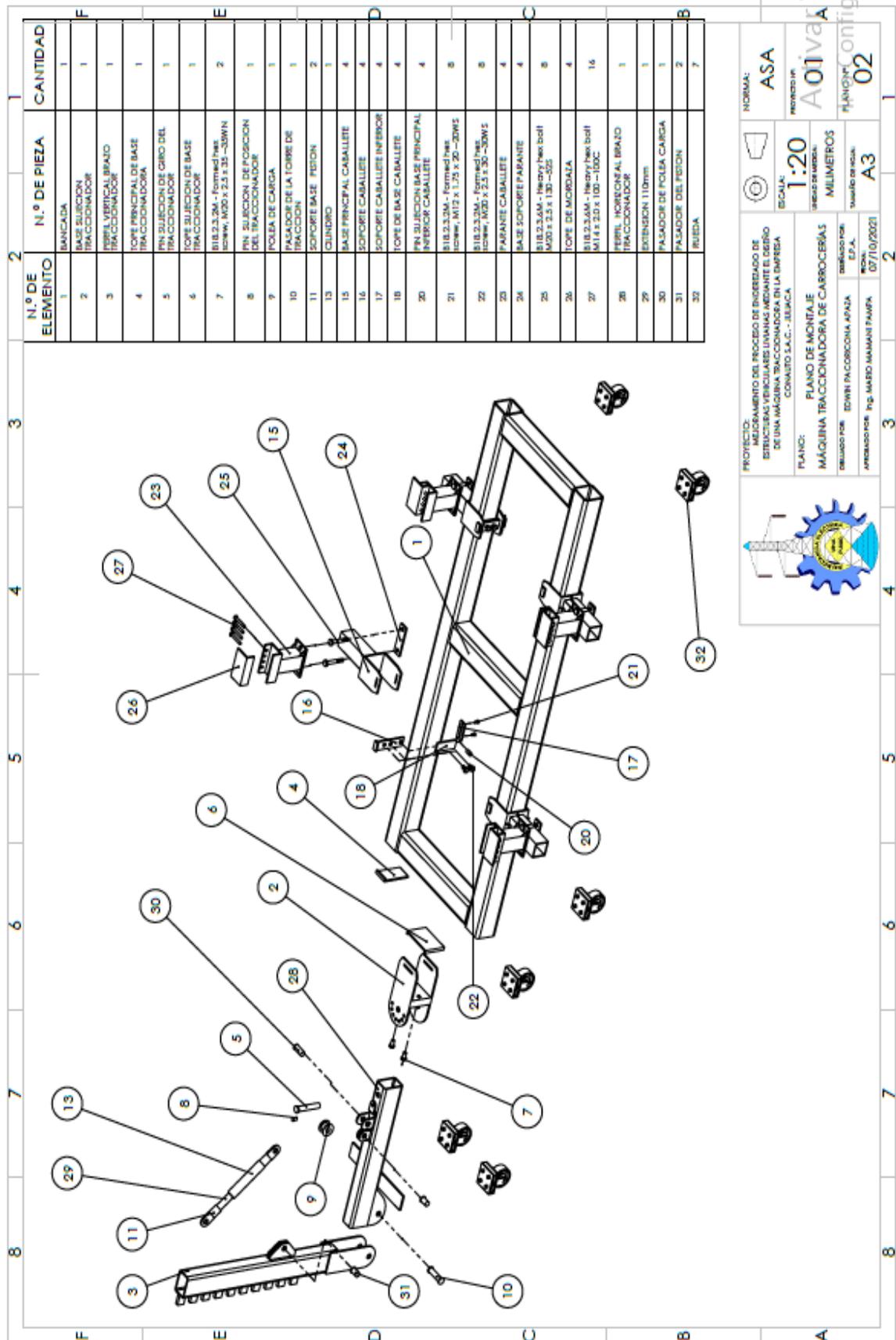
En función a los cálculos realizados, se realizó los planos de conjunto, montaje y detalle. Como se aprecian en la siguiente figura:

**Figura 37:** Plano de conjunto



Elaboración Propia

Figura 38: Plano de Montaje



PROYECTO: **IMPLEMENTACION DEL PROCESO DE ENSEÑANZA DE ESTRUCTURAS METALICAS EN EL AREA DE INGENIERIA DE UNA MAQUINA TRACCIONADORA EN LA EMPRESA COMASO S.A.C. - JULIACA**

PLANO: **PLANO DE MONTAJE MAQUINA TRACCIONADORA DE CARROCCERAS**

ELABORADO POR: **EDWIN PACORCONA APANA**

APROBADO POR: **ING. MARCO MAMANI PAMPA**

FECHA: **07/10/2021**

NORMA: **ASA**

ESCALA: **1:20**

UNIDAD DE MEDIDA: **MILIMETROS**

NUMERO DE PIEZA: **02**

PLANO: **Contig**

FORMATO: **A3**

Elaboración propia

Para verificación de los planos con más detalles, se recomienda revisar anexo G.

#### 4.2. Cuadro de tiempo de procesos de reparación de un vehículo siniestrado

En este proyecto se toma en consideración en los tipos de daño mediano y pesado, ya que el uso es más frecuente de una maquina traccionadora, por ende en el siguiente cuadrado se muestra el resultado de 10 casos de vehículos, donde se aprecia el tiempo de culminación de cada uno de ellos.

**Tabla 13:** Recolección de tiempos de reparación de diferentes vehículos ingresados a Conauto

CUADRO DE TIEMPO DE PROCESOS DE REPARACION DE DAÑO MEDIANO Y PESADO EN CARROCERIA Y PINTURA DE VEHICULOS LIVIANOS ALEATORIAMENTE ENTRE LOS AÑOS 2020 -2021							
UNIDAD VEHICULAR	EN EVALUACION (DIAS)	PLANCHADO (DIAS)	PINTADO (DIAS)	ARMADO (DIAS)	PULIDO (DIAS)	CONTROL DE CALIDAD (DIAS)	TOTAL (DIAS)
CASO 1	2	20	2	5	1	0.1	30.1
CASO 2	2	30	2	7	2	0.2	43.2
CASO 3	0.5	7	1	2	1	0.1	11.6
CASO 4	0.5	5	1	1	0.5	0.1	8.1
CASO 5	2	25	2	3	1	0.2	33.2
CASO 6	1	15	2	2	1	0.1	21.1
CASO 7	2	23	2	3	1	0.1	31.1
CASO 8	1	18	2	3	1	0.15	25.15
CASO 9	1	12	1	1	1	0.1	16.1
CASO 10	2	26	2	3	1	0.1	34.1
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.4</b>	<b>18.1</b>	<b>1.7</b>	<b>3</b>	<b>1.05</b>	<b>0.125</b>	

Elaboración propia

##### 4.2.1. Proceso de planchado de carrocerías vehiculares actualmente

A continuación se aprecia en la imagen el proceso de traccionado que se realiza habitualmente, en el cual la traccionadora requiere de una instalación, un apoyo para tener estabilidad, a ello lo realizan aplicando un tecele entre las cadenas de tracción.

Para cambiar de posición según sea necesaria su requerimiento, se debe de desinstalar todo el traccionador y reubicarlo, ello conlleva requerir más tiempo de servicio en taller de la unidad siniestrada.

A continuación se aprecia en la figura el vehículo siniestrado de tipo de daño pesado, que se tiene como caso de estudio del anterior cuadro el CASO 7, para evaluar tiempos de los procesos de planchado efectivas.

**Figura 39:** Traccionamiento actual en Conauto SAC



Elaboración propia

A continuación se aprecia el presupuesto del CASO 7, en el cual indica horas/hombre efectiva necesaria para su reparación:

**Tabla 14:** Detalle del servicio del caso 07

 CONCESIONARIOS AUTORIZADOS S.A.C. Av. Mártires del 4 de noviembre Miza A Lote 4-6 Urb Municipal Taparachi Telf. 051-207070		 		R.U.C. 204113666130 <b>PRESUPUESTO CASO 7</b>	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b> CIA SEGURO: LA POSITIVA SEGUROS Y REASEGUROS CLIENTE : XXXXXXXXXXXX FECHA: 19/06/2021			<b>DATOS DEL VEHICULO</b> MARCA : TOYOTA HILUX PLACA : 751 AÑO: 2018 VIN : 8AJKB3CD6L16 MOTOR : 1GD		
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	V.V UNITARIO	VALOR DE VTA TOTAL
<b>MANO DE OBRA:</b>					
1	DESMONTAJE, MONTAJE Y CUADRADO CAPOT	HORAS	4	S/ .58.80	S/ .235.20
2	DESMONTAJE, MONTAJE Y CUADRADO GUARDAFANGO LADO LH	HORAS	4	S/ .58.80	S/ .235.20
3	DESMONTAJE, MONTAJE, CUADRADO Y SOLDADO MANDIL GUARDAFANGO LADO LH	HORAS	3	S/ .58.80	S/ .176.40
4	DESMONTAJE, MONTAJE Y CUADRADO FARO DELANTERO LADO LH	HORAS	3	S/ .58.80	S/ .176.40
5	TRACCIONAR, CUADRAR Y SOLDAR BASE SOPORTE DE FARO DELANTERO LH	HORAS	4	S/ .58.80	S/ .235.20
6	DESMONTAJE, MONTAJE, CUADRADO Y SOLDADO SOPORTE DIFERENCIAL FRONTAL	HORAS	9	S/ .58.80	S/ .529.20
7	TRACCIONAR BASE SOPORTE DE RADIADOR	HORAS	4	S/ .58.80	S/ .235.20
8	DESMONTAJE, MONTAJE Y CUADRADO MASCARA FRONTAL	HORAS	2	S/ .58.80	S/ .117.60

(Continuación...)

9	DES-MONTAJE, MONTAJE Y CUADRADO PARACHOQUE FRONTAL	HORAS	3	S/58.80	S/176.40
10	DES-MONTAJE, MONTAJE, PLANCHADO Y CUADRADO PUERTA DELANTERO LH	HORAS	4	S/58.80	S/235.20
11	DES-MONTAJE, MONTAJE LUNA VENTANA Y TODO LOS ACCESORIOS DE PUERTA DELANTERA	HORAS	2	S/58.80	S/117.60
12	TRACCIONAR Y CUADRAR CHASIS FRONTAL LH	HORAS	8	S/58.80	S/470.40
13	DES-MONTAJE, MONTAJE, CUADRADO Y SOLDADO BASE SOPORTE CABINA LADO LH	HORAS	3	S/58.80	S/176.40
14	DES-MONTAJE, MONTAJE Y CUADRADO TAPABARRO FRONTAL LH	HORAS	2	S/58.80	S/117.60
15	DES-MONTAJE, MONTAJE Y CUADRADO FARO DELANTERO LADO RH	HORAS	3	S/58.80	S/176.40
16	TRACCIONAR Y CUADRAR BASE SOPORTE DE FARO DELANTERO LADO RH	HORAS	2	S/58.80	S/117.60
17	DES-MONTAJE, MONTAJE, PLANCHADO Y CUADRADO GUARDAFANGO DELANTERO RH	HORAS	3	S/58.80	S/176.40
18	CUADRADO BISAGRAS DE CAPOT LH Y RH	HORAS	3	S/58.80	S/176.40
19	ALINEAR PARTE FRONTAL	HORAS	2	S/58.80	S/117.60
<b>TOTAL DE HORAS EFECTIVAS</b>		<b>HORAS</b>	<b>68</b>		

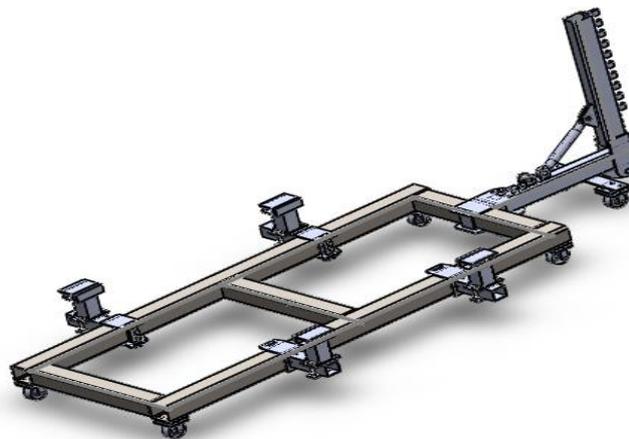
Fuente: CONAUTO SAC

Se aprecia que las horas/hombre efectiva total es de: 68 Horas/ hombre.

#### 4.2.2. Comparación con la propuesta de diseño e implementación de una máquina traccionadora de carrocerías vehiculares livianos

Propuesta de implementación de una maquina traccionadora, con la cual se vería optimizado las horas hombre en el procedo de traccionado, a continuación se aprecia el modelo del diseño propuesto de la maquina traccionadora y un cuadrado de tiempos optimizado:

Figura 40. Modelamiento del conjunto traccionador propuesto



Elaboración propia (Solidworks, 2016)

Cuadro de comparación implementando una maquina traccionadora:

**Tabla 15:** Tiempos optimizados implementando la maquina traccionadora propuesto

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	DESMONTAJE, MONTAJE CUADRADO CAPOT	HORAS	4
2	DESMONTAJE, MONTAJE Y CUADRADO GUARDAFANGO DELANTERO LH	HORAS	3
3	DESMONTAJE, MONTAJE, CUADRADO Y SOLDADO MANDIL DE GUARDAFANGO DELANT. LH	HORAS	2
4	DESMONTAJE,MONTAJE Y CUADRADO FARO DELANTERO LH	HORAS	3
5	TRACCIONAR, CUADRAR Y SOLDAR BASE SOPORTE DE FARO DELT. LH	HORAS	2
6	DESMONTAJE, MONTAJE,CUADRADO Y SOLDADO SOPORTE DIFERENCIAL FRONTAL	HORAS	3
7	TRACCIONAR BASE SOPORTE DE RADIADOR	HORAS	1
8	DESMONTAJE, MONTAJE Y CUADRADO MASCARA FRONTAL	HORAS	2
9	DESMONTAJE, MONTAJE Y CUADRADO PARACHOQUE FRONTAL	HORAS	3
10	DESMONTAJE, MONTAJE, PLANCHADO Y CUADRADO PUERTA DELANT. LH	HORAS	4
11	DESMONTAJE Y MONTAJE LUNA VENTANAS Y ACCESORIOS DE PUERTA DELT LH	HORAS	2
12	TRACCIONAR Y CUADRAR CHASIS FRONTAL LH	HORAS	3
13	DESMONTAJE, MONTAJE, CUADRADO Y SOLDADO BASE SOPORTE DE CABINA LH	HORAS	1
14	DESMONTAJE, MONTAJE Y CUADRADO TAPABARRO FRONTAL LH	HORAS	2
15	DESMONTAJE , MONTAJE Y CUADRADO FARO DELANTERO RH	HORAS	3
16	TRACCIONAR Y CUADRAR BASE SOPORTE DE FARO DELANT. RH	HORAS	1
17	DESMONTAJE, MONTAJE, PLANCHADO Y CUADRADO GUARDAFANGO DELT RH	HORAS	2
18	CUADRADO DE CAPOT LH Y RH	HORAS	2
19	ALINEAR PARTE FRONTAL	HORAS	1
	<b>TOTAL DE HORAS EFECTIVAS</b>	<b>HORAS</b>	<b>44</b>

Elaboración propia

En el cuadrado se puede apreciar que las horas/hombre redujeron a 44 Horas/ hombre, al implementar la máquina traccionadora propuesto.

#### **4.2.3. Comparación costo de fabricación con la adquisición de una máquina traccionadora en el mercado**

El costo de fabricación de la propuesta de diseño se muestra en los siguientes cuadros:

**Tabla 16:** Detalle de los aceros necesarios para la construcción de la máquina traccionadora

ESPECIFICACIÓN DE ACEROS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA TRACCIONADORA				
ELEMENTO	PARTES	BARRA, PERFIL O PLANCHA DEL ACERO	LONGITUD (m)	AREA (m2)
BANCADA		PERFIL CUADRADO 6 X 3/8 pulg.	<b>8.4</b>	
BRAZO DE TRACCION	BRAZO HORIZONTAL	PERFIL RECTANGULAR 6X4X1/4 pulg.	<b>1</b>	
		PLANCHA 3/8 Pulg (sujeción x2)		<b>0.042</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg (soporte pistón x 2)		<b>0.008</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg ( soporte polea x2)		<b>0.01</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg ( gancho )		<b>0.004</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg. (base soporte polea)		<b>0.007</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg. (base ruedas)		<b>0.06</b>
		BARRA CIRCULAR Ø32mm (pasador pistón)	<b>0.05</b>	
		BARRA CIRCULAR Ø32mm (pasador polea)	<b>0.08</b>	
	BRAZO VERTICAL	PERFIL RECTANGULAR 6X4X1/4 pulg.	<b>1.2</b>	
		PLANCHA 3/8 Pulg ( sujeción x 2)		<b>0.1</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg ( barra dentada x 2)		<b>0.08</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg ( base pistón x2)		<b>0.04</b>
		BARRA CIRCULAR Ø32mm (pasador Torre)	<b>0.125</b>	
		BARRA CIRCULAR Ø32mm (pasador pistón)	<b>0.053</b>	
	BASE SUJECIÓN	PLANCHA 3/8 Pulg ( Base x 2)		<b>0.16</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg ( tope )		<b>0.03</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg ( tope principal )		<b>0.02</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg ( Parante x2 )		<b>0.06</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg ( lateral x2 )		<b>0.01</b>
		BARRA CIRCULAR Ø32mm (pasador giro)	<b>0.18</b>	
BARRA CIRCULAR Ø19mm (pasador giro)		<b>0.028</b>		
CABALLETE	BASE	PERFIL CUADRADO 4X1/4 Pulg (base)x4	<b>1.2</b>	
		BARRA CIRCULAR Ø19mm (pasador )x4	<b>0.168</b>	
		PLANCHA 3/8 Pulg (base x2 )x 4		<b>0.24</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg (Parante )x4		<b>0.08</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg (soporte )x4		<b>0.04</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg (tope )x4		<b>0.036</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg (soporte inferior )x4		<b>0.02</b>
	PARANTE	PERFIL CUADRADO 4X1/4 Pulg (base)x4	<b>0.76</b>	
		PLANCHA 3/8 Pulg (base )x 4		<b>0.08</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg (base inferior)x 4		<b>0.048</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg (base superior)x 4		<b>0.096</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg (Parante morzada 1)x 4		<b>0.04</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg (Parante morzada 2)x 4		<b>0.048</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg (mordaza 1)x 4		<b>0.088</b>
		PLANCHA 3/8 Pulg (mordaza 2)x 4		<b>0.04</b>

Elaboración propia

**Tabla 17:** Lista de aceros necesarios para la construcción

DESCRIPCIÓN DEL PRECIO TOTAL DEL ACERO A COMPRAR				
N°	BARRA, PERFIL O PLANCHA DEL ACERO	CANTIDAD TOTAL NECESARIA	CANTIDAD DE UNIDADES A COMPRAR	TOTAL PRECIO DEL ACERO
1	PERFIL CUADRADO 6 X 3/8 pulg. (6 m de largo)	8.4 m	2	S/. 2,400.00
2	PERFIL CUADRADO 4 X 1/4 pulg. (6 m de largo)	1.96 m	1	S/. 650.00
3	PERFIL RECTANGULAR 6 X 4 X 1/4 pulg. (6m de largo)	2.2 m	1	S/. 850.00
4	BARRA CIRCULAR Ø32mm ( 6 m de largo)	0.488 m	1	S/. 160.00
5	BARRA CIRCULAR Ø19mm ( 6 m de largo)	0.196 m	1	S/. 85.00
6	PLANCHA 3/8 Pulg (1.2m x 2.4 m) (2.88m <sup>2</sup> )	1.487 m <sup>2</sup>	1	S/. 1,240.00
<b>TOTAL PRECIO DE LOS ACEROS A COMPRAR INCLUIDO I.G.V.:</b>				<b>S/. 5,385.00</b>

Elaboración propia

**Tabla 18:** Lista de pernos necesarios para la fabricación de la máquina traccionadora

DETALLE DE LA COTIZACIÓN DE LOS PERNOS				
N°	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	M20 X 35 mm	2	S/. 5.00	S/. 10.00
2	M20 X 30 mm	8	S/. 4.50	S/. 36.00
3	M12 X 20 mm	8	S/. 3.50	S/. 28.00
4	M20 x 130 mm	8	S/. 16.00	S/. 128.00
5	M14 X 100 mm	16	S/. 12.00	S/. 192.00
<b>TOTAL INC. I.G.V.:</b>				<b>S/. 394.00</b>

Elaboración propia

**Tabla 19:** Detalle del costo total de la máquina traccionadora propuesto

COSTO TOTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA TRACCIONADORA PROPUESTA				
N°	ITEM	UNIDADES	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
1	ACERO EN GENERAL			S/. 5,385.00
2	PERNOS			S/. 394.00
3	RUEDAS INDUSTRIALES	7	300	S/. 2,100.00
4	PISTON HIDRÁULICO PORTO POWER	1	800	S/. 800.00
6	MANO DE OBRA			S/. 2,000.00
7	DISEÑO			S/. 800.00
<b>TOTAL INCLUIDO I.G.V.:</b>				<b>S/. 11,479.00</b>

Elaboración propia

Por lo tanto se tiene que el costo de fabricación es de: S/. 11479.00

**Tabla 20:** Tiempo de recuperación de la inversión

**PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN**

N°	Descripción	Monto
1	Promedio unidades vehiculares que ingresan a taller/ mes (B&P)	60
2	Ingreso por servicio mano de obra (B&P) /mes aprox.	S/.30,000.00
3	Pago a terceros (contratistas) 40% del total	-S/. 12,000.00
4	Otros pagos	-S/. 8,000.00
5	Utilidad neta aproximado al mes	S/. 10,000.00

Fuente: CONAUTO S.A.C.

El periodo de recuperación de la inversión es de 01 mes aproximadamente.

**Cotización de una maquina traccionadora para importación:**

Se realizó la cotización de una máquina traccionadora a la venta similar al que se propone.

**Figura 41:** Cotización de máquina traccionadora en el mercado

The image shows a screenshot of an AliExpress product listing. At the top, the AliExpress logo is visible, along with the store name 'MachineryStorm Store' which has a 66.7% positive rating and 388 followers. A search bar contains the text 'Estoy buscando...'. Below the search bar, there are navigation links: 'Página principal de la tienda', 'Productos', 'Artículos en oferta', 'Más vendidos', 'Novedades', and 'Comentarios'. The main product is a blue and yellow car body frame machine. The title of the product is 'Máquina de marco de carrocería de coche, nuevo diseño, a la venta, Banco de coche a buen precio' with '1 vendido'. The price is listed as 'US \$2,000.00' with a coupon for 'US \$0.98'. The quantity is set to 1, with 100 units available. The shipping cost is 'US \$556.76' to Peru via AliExpress Standard Shipping, with an estimated delivery date of '05 NOV'. There are 'Comprar' and 'Añadir a la cesta' buttons, and a heart icon showing 663 likes. At the bottom, there is a 'Protección al Comprador de 75 días' badge and a link to 'Activar Ir a Config'.

Fuente: AliExpress

Según la cotización realizada, se especifica los siguientes datos:

**Tabla 21:** Cuadro de dimensiones de la traccionadora cotizado

Número de modelo	CBE-40
Longitud	3000mm
Ancho	900mm
Altura	320mm
Capacidad de pulido de	98KN
Pañuelo de tracción	360 °

Fuente: AliExpress

El costo de la cotización del modelo de la máquina traccionadora fabricación China incluyendo costo de envío y Aduanas, hasta llegar a la ciudad de Juliaca es de aproximadamente: \$ 3780.00, por el tipo de cambio a la fecha 29 de setiembre 2021, es de 4.12, a lo cual el costo en soles es de: S/.15571.40

Por lo tanto se concluye que es conveniente la fabricación de la máquina traccionadora propuesta.

#### **4.2. Discusión**

Basado en los resultados obtenidos, podemos afirmar que el presente proyecto de tesis permite mejorar el proceso de enderezamiento de estructuras vehiculares, mediante el diseño óptimo de una máquina traccionadora, reduciendo así tiempo de ejecución horas/hombre y agregando versatilidad, resultado que al ser comparado por (Zlatar, 2008) en su tesis titulada: "Diseño de una máquina traccionadora de chasis", quien afirma que la máquina que diseñó es de fácil operación y presenta comodidad en el trabajo. Entonces, según esta afirmación podemos asegurar que si es necesaria la optimización del proceso de enderezamiento en un taller de planchado y pintado.

Según el objetivo específico, " Diseñar una máquina traccionadora de estructuras vehiculares livianos.", se realizó los cálculos y análisis respectivos para un diseño optimo, datos que al ser comparados con lo realizado por (Cullquicondor & Mogrovejo, 2009) en



su tesis titulada: "Diseño y construcción de un banco para enderezar compactos de automóviles" quien concluyó afirmando para el diseño y construcción del banco, se inicia reconociendo los tipos de carrocerías de los vehículos, materiales utilizados en los mismos, técnicas de reparación y equipos utilizados.

Según el objetivo específico, "Analizar el costo de fabricación de la máquina traccionadora para evaluar su factibilidad", se realizó un análisis entre el costo de los materiales necesarios, personal calificado para su fabricación y el precio de una máquina en el mercado con las similares prestaciones, en el cual resulta factible la fabricación del diseño propuesto; resultado comparado con (Zlatar, 2008) indica que en algunos casos el costo de algún componente podría ser poco incidente en el costo total de la máquina pero si se considera un lote óptimo de producción, este si sería trascendente.



## V. CONCLUSIONES

**Primero:** Se mejoró el proceso de enderezado de estructuras vehiculares livianos mediante el diseño de una máquina traccionadora en la empresa CONAUTO S.A.C. – Juliaca, optimizando el tiempo de ejecución del servicio en un 36 %, por ende menor tiempo de horas/ hombre, versatilidad para el técnico en cuanto al manejo de dicha máquina.

**Segundo:** Se diseñó una máquina traccionadora de estructuras vehiculares en base a la optimización de mecanización del proceso de traccionado habitual, realizando análisis, cálculos y selección de los materiales necesarios.

**Tercero:** Se realizó una comparación en cuanto al costo de fabricación del diseño propuesto de la máquina traccionadora de estructuras vehiculares livianas con las que ofrecen a la venta en el mercado, se concluyó que si es factible la fabricación de dicho diseño para la concesionaria CONAUTO S.A.C.



## VI. RECOMENDACIONES

**Primero:** El técnico operador debe tener conocimientos y experiencia en el proceso de traccionamiento de estructuras vehiculares, conocer las características constructivas y técnicas de carrocería de cada modelo vehicular de la marca TOYOTA específicamente.

**Segundo:** Con respecto al diseño de la maquina traccionadora se podría hacer algunas mejoras, para obtener una mayor optimización en cuanto al tiempo y versatilidad del proceso de traccionado de carrocerías vehiculares livianas.

**Tercero:** Recomendar a los futuros profesionales puedan desempeñarse en el campo del diseño y fabricación de máquinas industriales, ya es importante y necesaria para el progreso de la región y nación.



## VII. REFERENCIAS

- INEI (2016), Análisis de los Accidentes de Tránsitos Ocurridos en el Año 2016. Recuperado el 26 de marzo, 2020, de:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1528/cap03.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1528/cap03.pdf)
- Cullquicondor J., & Mogrovejo N., (2009). *Diseño y construcción de un banco para enderezar compactos de automóviles*. Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. Recuperado el 15 de Marzo, 2020, de:  
<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6652/1/07546.pdf>
- Zlata E., (2008). *Diseño de una maquina traccionadora de chasises*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado el 15 de marzo, 2020, de:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1045/ZLATA\\_R\\_VELAZCO\\_ERICK\\_MAQUINA\\_TRACCIONADORA\\_CHASISES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1045/ZLATA_R_VELAZCO_ERICK_MAQUINA_TRACCIONADORA_CHASISES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Laureano R., & Mascaraqui P., (2016). *Mejoras en el proceso de reparación de vehículos siniestrados para incrementar el índice de producción del servicio de la empresa scania*. Universidad privada del Norte, Lima, Perú. Recuperado el 15 de marzo, 2020, de:  
[https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10869/T055\\_43406345\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10869/T055_43406345_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- CEAC, (2003). *Manual del automóvil*. Barcelona, España: Grupo editorial ceac.
- Gómez, T., Martín J., Águeda E., & García J., (2010). *Estructuras del vehículo* (Segunda). Madrid, España: Ediciones Paraninfo.



- Bohner, M., Gerschler, H., Goßweiller, H., Leyer, S., Pichler, W., Saler, W., Schmidt, H., & Zwickel, H. (1985). *Tecnología del automóvil* (veinteava). Barcelona, España: Editorial Reverté & Cuenca, Ecuador: Editorial EDIBOSCO.
- Orovio, M., (2010). *Tecnología del automóvil*. (Primera). Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Buscador de talleres (s.f.). *¿Por qué al tener un impacto el coche se deforma más ahora que hace unos años?* Recuperado el 26 de marzo, 2020, de: <https://buscadordetalleres.com/blog/por-que-al-tener-un-impacto-el-coche-se-deforma-mas-ahora/>
- Budynas R. & Nisbett. K., (2012) *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. (novena), México: Editorial McGraw-Hill.
- Instituto mexicano de la construcción en acero A.C. (2014) *Manual de construcción en acero*. (Quinta). Recuperado el 28 de setiembre,2021, de: <https://es.scribd.com/document/443553636/MANUAL-IMCA-2015-pdf>

## ANEXOS

### ANEXO A: CARACTERÍSTICAS DE LOS ELECTRODOS

Tabla A.1 Propiedades mínimas del metal de aporte.

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

\* Sistema de numeración del código de especificaciones de la American Welding Society (AWS) para electrodos. En este sistema se usa como prefijo la letra E, en un sistema de numeración de cuatro o cinco dígitos en el cual los primeros dos o tres números designan la resistencia aproximada a la tensión. El último dígito incluye variables en la técnica de soldadura, como la fuente de corriente. El penúltimo dígito indica la posición de la soldadura, por ejemplo, plana, vertical o sobre la cabeza. El conjunto completo de especificaciones se puede obtener solicitándolo a la AWS.

Fuente: Richard G., Budynas y Keith Nisbett. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. México. Editorial McGraw-Hill. 2012. Novena edición, Pag. 468.



## ANEXO B: COTIZACIÓN DE ACEROS

Tabla B.1 Lista de aceros cotizados en tienda METAL MARK

STEELMARK S.A. RUC 20600849019

Señor(es) : CONCESIONARIOS AUTORIZADOS S.A.C.  
RUC : 20413666130  
Dirección : AV. ALFONSO UGARTE  
Atención :

CODIGO	CANT.	DESCRIPCION DE ARTICULO	P.UNIT.	IMPORTE
ACA33B	1.00	TUBO NEGRO CUA. (4")100x6.0mmx6.0mt	495.00	495.00
ACE172	1.00	TUBO NEGRO CUA. 1 1/2"x3.0mmx6.0mt	95.00	95.00
ACA323	1.00	TUBO NEGRO CUA. (6")150x4.5mmx6.0mt	590.00	590.00
ACA309	1.00	TUBO NEGRO CUA. (3") 75x4.5mmx6.0mt	320.00	320.00
ACE172	1.00	TUBO NEGRO CUA. 1 1/2"x3.0mmx6.0mt	96.00	96.00
ACA124	1.00	TUBO NEGRO RED. 4"x3.0mmx6.0mt(114mm)	200.00	200.00
ACA114	1.00	TUBO NEGRO RED. 3"x3.0mmx6.0mt(88mm)	178.00	178.00
UN MIL NOVECIENTOS SETENTA Y CUATRO CON 00/100 SOLES			VALOR VENTA S/	1,672.88
Peso Total(kg) :		422.42 KG	I.G.V. = S/	301.12
			TOTAL S/	1,974.00

Oferta Validad para HOY 25 febrero, 2021

<b>PLANCHA 3/8</b>	<b>9.5 mm</b>	<b>1.2 X 2.4 m</b>	<b>S/. 960.00</b>
<b>PLANCHA 3/16</b>	<b>4.8 mm</b>	<b>1.5 X 6 m</b>	<b>S/.480.00</b>

Fuente: METAL MARK

## ANEXO C: TABLA DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

Tabla C.1 Factores de Conversión

Factores de conversión A para convertir la entrada X en el resultado Y mediante el empleo de la fórmula  $Y = AX^*$

Multiplique la entrada X	Por el factor A	Para obtener el resultado Y	Multiplique la entrada X	Por el factor A	Para obtener el resultado Y
Unidad térmica británica, Btu	1055	joule, J	milla, mi	1.610	kilómetro, km
Btu/segundo, Btu/s	1.05	kilowatt, kW	milla/hora, mi/h	1.61	kilómetro/hora, km/h
caloría	4.19	joule, J	milla/hora, mi/h	0.447	metro/segundo, m/s
centímetro de mercurio (0°C)	1.333	kilopascal, kPa	momento de inercia, lbm · pie <sup>2</sup>	0.0421	kilogramo-metro <sup>2</sup> , kg · m <sup>2</sup>
centipoise, cP	0.001	pascal-segundo Pa · s	momento de inercia, lbm · pulg <sup>2</sup>	293	kilogramo-milímetro <sup>2</sup> , kg · mm <sup>2</sup>
grado (ángulo)	0.0174	radián, rad	momento de sección (segundo momento de área), pulg <sup>4</sup>	41.6	centímetro <sup>4</sup> , cm <sup>4</sup>
pie, pie	0.305	metro, m	onza fuerza, oz	0.278	newton, N
pie <sup>2</sup> , pie <sup>2</sup>	0.0929	metro <sup>2</sup> , m <sup>2</sup>	onza masa	0.0311	kilogramo, kg
pie/minuto, pie/min	0.0051	metro/segundo, m/s	libra, lbf <sup>†</sup>	4.45	newton, N
pie-libra, pie · lb	1.35	joule, J	libra-pie, lbf · pie	1.36	newton-metro, N · m
pie-libra/segundo, pie · lb/s	1.35	watt, W	libra/pie <sup>2</sup> , lbf/pie <sup>2</sup>	47.9	pascal, Pa
pie/segundo, pie/s	0.305	metro/segundo, m/s	libra-pulgada, lbf · pulg	0.113	joule, J
galón (EUA), gal	3.785	litro, L	libra-pulgada, lbf · pulg	0.113	newton-metro, N · m
caballo de fuerza, hp	0.746	kilowatt, kW	libra/pulgada, lbf/pulg	175	newton/metro, N/m
pulgada, pulg	0.0254	metro, m	libra/pulgada <sup>2</sup> , psi (lbf/pulg <sup>2</sup> )	6.89	kilopascal, kPa
pulgada, pulg	25.4	milímetro, mm	libra-masa, lbm	0.454	kilogramo, kg
pulgada <sup>2</sup> , pulg <sup>2</sup>	645	milímetro <sup>2</sup> , mm <sup>2</sup>	libra-masa/segundo, lbm/s	0.454	kilogramo/segundo, kg/s
pulgada de mercurio (32°F)	3.386	kilopascal, kPa	cuarto de galón (EUA), qt	946	mililitro, mL
kilolibra, kip	4.45	kilonewton, kN	módulo de sección, pulg <sup>3</sup>	16.4	centímetro <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup>
kilolibra/pulgada <sup>2</sup> , kpsi (ksi)	6.89	megapascal, MPa (N/mm <sup>2</sup> )	slug	14.6	kilogramo, kg
masa, lbf · s <sup>2</sup> /pulg	175	kilogramo, kg	ton (corta 2 000 lbm)	907	kilogramo, kg
			yarda, yd	0.914	metro, m

\* Aproximado  
<sup>†</sup> La unidad del sistema de uso común en Estados Unidos libra-fuerza, con frecuencia se abrevia lbf para distinguirla de la libra-masa, que se abrevia lbm.

Fuente: Richard G., Budynas y Keith Nisbett. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. México. Editorial McGraw-Hill. 2012. Novena edición, Pag. 03.



## ANEXO E: COTIZACIONES DE MÁQUINAS DE TRACCIÓN

Figura E.1: Modelo de tracción por columna

The screenshot shows an AliExpress product listing for a car chassis repair machine. The seller is 'Shengyuan Equipment Store' with a 66.7% positive rating and 2013 followers. The product is described as 'Máquina de tracción de carrocería de coche, reparación de chasis amiento, en venta'. The price is US \$4,200.00, with a coupon for US \$0.98. The quantity is 1, with 999 units available. Shipping is US \$2,370.43 to Peru via e-EMS, with an estimated delivery date of November 10th. The listing includes 'Comprar' and 'Añadir a la cesta' buttons, a heart icon with the number 5, and a 75-day buyer protection guarantee.

Fuente: AliExpress

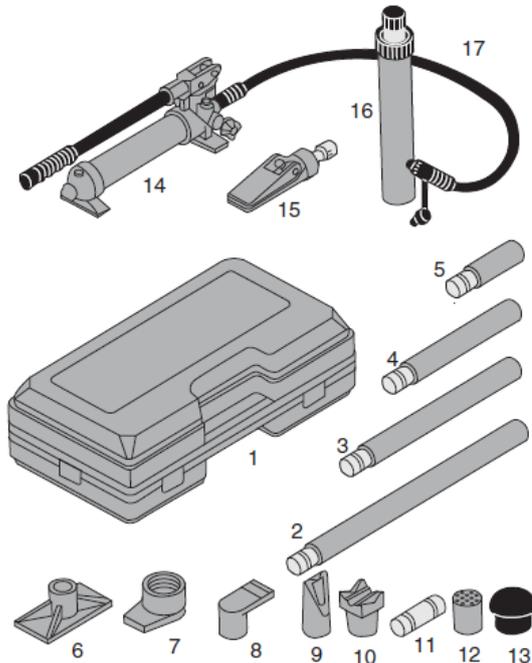
Figura E.2: Modelo de tracción simple

The screenshot shows an AliExpress product listing for a simple car collision repair machine. The seller is 'Yuanyang Machinery Store' with a 0.0% positive rating and 422 followers. The product is described as 'Máquina de tracción de colisión de carrocería de coche, Mini ban teligente'. The price is US \$1,250.00, with a coupon for US \$0.98. The quantity is 1, with 299 units available. Shipping is US \$9,508.44 to Peru via EMS, with an estimated delivery date of November 6th. The listing includes 'Comprar' and 'Añadir a la cesta' buttons, a heart icon with the number 1, and a 75-day buyer protection guarantee. A video player and a gallery of product images are also visible.

Fuente: AliExpress

## ANEXO F: INSTRUCTIVO PISTÓN HIDRÁULICO PORTO-POWER 10 Tn

### CONOZCA SU JUEGO DE REPARACIÓN DE CARROCERÍAS (PORTO POWER) DE 10 TONELADAS



CLAVE N°	PARTE N°	DESCRIP.	CAPACIDAD
1	10-1	Estuche de plástico	
2	10-2	Extensión de 520 mm	
3	10-3	Extensión de 365 mm	
4	10-4	Extensión de 265 mm	
5	10-5	Extensión de 110 mm	
6	10-6	Placa de base	10 Toneladas
7	10-7	Puntero pistón	2,5 Toneladas
8	10-8	Puntero émbolo	5 Toneladas
9	10-9	Tapa de la grieta.	10 Toneladas
10	10-10	Base en "V"	10 Toneladas
11	10-11	Conector	
12	10-12	Tapa dentada	10 Toneladas
13	10-13	Cabeza de goma	1 Tonelada
14	10-14	Bomba 10 t	
15	10-15	Cuña separadora	0,5 Tonelada
16	10-16	Unidad de pistón	
17	10-17	Manguera hidráulica	

NOTA: La capacidad de carga disminuye un 50 % por cada tubo conector que se utilice.

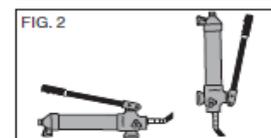
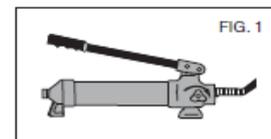
### REGLAS DE SEGURIDAD IMPORTANTES

1. No extienda demasiado el pistón, ya que podría hacer que el cerrojo saliera por la parte superior del pistón.
2. Cuando las válvulas de acoplamiento están desconectadas inserte siempre la tapa de polvo para mantener limpias las líneas de aceite.
3. Si la carga no está centrada en el cerrojo del pistón, bombee cuidadosamente. Si debe aplicar demasiada presión para bombear el pistón, pare y haga ajustes para que la carga esté más hacia el centro. Esto deberá reducir el esfuerzo necesario.
4. No deje caer objetos pesados sobre la manguera, y no permita que se tuerza.
5. Siempre deje espacio para la manguera para evitar que tanto esta como los coples sufran daños.
6. Mantenga el equipo alejado del calor o flama, ya que esto puede dañarlo o debilitarlo.

### INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

#### BOMBA

1. Conecte el pistón hidráulico a la manguera de la bomba, asegúrese de fijar firmemente los coples antes de bombear.
2. Cierre firmemente la válvula de liberación haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj. (Fig. 1)
3. Aplique presión a la bomba accionando la palanca hacia arriba y hacia abajo. (Fig. 1)
4. Para liberar la presión gire la válvula en el sentido contrario a las manecillas del reloj.



La bomba puede usarse en cualquier posición, tanto horizontal como vertical. Siempre mantenga la punta de la manguera del lado de la bomba mirando hacia abajo cuando trabaje con la bomba en posición vertical. Fig. 2

### COMBINACIONES DE FIJACIÓN

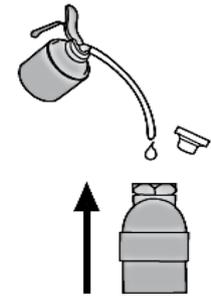
La bomba puede ser utilizada con el pistón multidireccional. Esto permite muchas combinaciones de fijación, algunas de las cuales se muestran en esta página.

### CUIDADO Y MANTENIMIENTO

Cuando el porto-power no esté en uso, la bomba deberá guardarse dejando abierta la válvula de liberación.

Para verificar el nivel de aceite, coloque la bomba en posición vertical como se indica en el diagrama opuesto. Si es necesario, agregue aceite para que alcance un nivel conveniente. **SU GATO FUE LLENADO EN LA FABRICA CON ACEITE HIDRÁULICO DE ALTO GRADO, UTILICE ÚNICAMENTE ACEITE APROBADO\***.

Después de mucho uso, deberá cambiar el aceite para asegurar una larga vida para su equipo. Para drenar el aceite, abra la válvula de liberación. Asegúrese de que no entre basura en el sistema. Llene únicamente con aceite apto para gatos hidráulicos, como se indica en el párrafo 2.



Activar  
Ir a Confi

### SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	
La bomba no funciona.	Sellos de la válvula sucios / sellos gastados.	Ponga sellos nuevos.
La bomba no produce presión. La bomba se siente inestable bajo carga. La bomba no baja completamente.	Bloque de aire. Bloque de aire. Bloque de aire.	1) Abra la válvula de liberación. Retire y coloque el tornillo de ensamble ubicado en el extremo. 2) Haga un par de bombeos y cierre la válvula de liberación. 3) Retire y coloque el tornillo de ensamble ubicado en el extremo.
La bomba no produce presión.	El nivel de aceite de la reserva puede estar bajo o excedido.	Verifique el nivel de aceite. Ponga o quite aceite hasta alcanzar el nivel correcto.
La bomba se siente inestable bajo carga.	El sello de la taza de la bomba puede estar gastado.	Cambie el sello por uno nuevo, ver garantía anexa.
La bomba no baja completamente.	Bloque de aire.	Libere aire, retirando y colocando el tornillo de ensamble ubicado en el extremo.

Fuente: TRUPER



## **ANEXO G: LISTA DE PLANOS DEL DISEÑO DE LA MÁQUINA TRACCIONADORA PROPUESTO**

Plano N° 01: Plano de conjunto

Plano N° 02: Plano de montaje

Plano N° 03: Bancada

Plano N° 04: Perfil horizontal brazo traccionador

Plano N° 05: Perfil vertical brazo traccionador

Plano N° 06: Pasador del pistón

Plano N° 07: Pasador de la torre de tracción

Plano N° 08: Pasador de polea de carga

Plano N° 09: Base sujeción traccionador

Plano N° 10: Tope principal de base del traccionador

Plano N° 11: Tope sujeción de giro del traccionador

Plano N° 12: Pin sujeción de giro del traccionador

Plano N° 13: Pin sujeción de posición del traccionador

Plano N° 14: Base principal caballete

Plano N° 15: Soporte caballete

Plano N° 16: Tope de base del caballete



Plano N° 17: Soporte inferior del caballete

Plano N° 18: Pin base inferior principal del caballete

Plano N° 19: Parante caballete

Plano N° 20: Base soporte parante del caballete

Plano N° 21: Tope de mordaza

Plano N° 22: Soporte base del pistón