



## **UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

**“Implementación de un Dozer a través de un gato hidráulico con capacidad de 10 toneladas para enderezar compactos y chasis de automóviles en el Taller Automotriz LGS ubicado en la ciudad de Quito en el año 2019”**

Guaminga Lasluisa, Dennis Johana

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del título Tecnóloga en Electromecánica

Ing. Masapanta Chicaiza, Jaime Gonzalo

4 de septiembre del 2020



**Departamento de Eléctrica y Electrónica**

**Carrera de Electromecánica**

**Certificación**

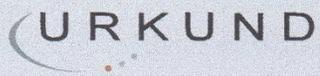
Certifico que la monografía, “IMPLEMENTACIÓN DE UN DOZER A TRAVÉS DE UN GATO HIDRÁULICO CON CAPACIDAD DE 10 TONELADAS PARA ENDEREZAR COMPACTOS Y CHASIS DE AUTOMOVILES EN EL TALLER AUTOMOTRIZ LGS UBICADO EN LA CIUDAD DE QUITO EN EL AÑO 2019” fue realizado por la señorita **Guaminga Lasluisa Dennis Johana** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 1 de septiembre del 2020**

Firma:

-----  
**Ing. Masapanta Chicaiza Jaime Gonzalo**

**C.C. 0502823800**



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: PROYECTO DE TITULACION.docx (D78245863)  
Submitted: 8/27/2020 6:25:00 PM  
Submitted By: jgmasapanta@espe.edu.ec  
Significance: 1 %

### Sources included in the report:

<https://docplayer.es/79666050-Universidad-del-azuay.html>

### Instances where selected sources appear:

3

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Ing. Masapanta Chicaiza Jaime Gonzalo".

.....  
Ing. Masapanta Chicaiza Jaime Gonzalo

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACION  
C.C: 0502823800



**Departamento de Eléctrica y Electrónica**

**Carrera de Electromecánica**

**Responsabilidad de autoría**

Yo, **GUAMINGA LASLUISA DENNIS JOHANA** con cédula de ciudadanía n° 1724072028, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN DOZER A TRAVÉS DE UN GATO HIDRÁULICO CON CAPACIDAD DE 10 TONELADAS PARA ENDEREZAR COMPACTOS Y CHASIS DE AUTOMÓVILES EN EL TALLER AUTOMOTRIZ LGS UBICADO EN LA CIUDAD DE QUITO EN EL AÑO 2019”**. Son de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 1 de septiembre del 2020**

Firma

**Guaminga Lasluisa Dennis Johana**

**C.C: 1724072028**



**Departamento de Eléctrica y Electrónica**

**Carrera de Electromecánica**

**Autorización de publicación**

Yo, **GUAMINGA LASLUIA DENNIS JOHANA** con cédula de ciudadanía n° 1724072028, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN DOZER A TRAVÉS DE UN GATO HIDRÁULICO CON CAPACIDAD DE 10 TONELADAS PARA ENDEREZAR COMPACTOS Y CHASIS DE AUTOMÓVILES EN EL TALLER AUTOMOTRIZ LGS UBICADO EN LA CIUDAD DE QUITO EN EL AÑO 2019”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 1 de septiembre del 2020**

Firma

-----  
**Guaminga Lasluisa Dennis Johana**

**C.C: 1724072028**

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>PORTADA.....</b>	<b>1</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>REPORTE URKUND.....</b>	<b>3</b>
<b>RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....</b>	<b>4</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>12</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. CONTENIDOS GENERALES .....</b>	<b>15</b>
1.1. Antecedentes: .....	15
1.2. Planteamiento del problema.....	16
1.3. Justificación .....	17
1.4. Objetivos .....	18
1.4.1. Objetivo general .....	18
1.4.2. Objetivos específicos .....	18
1.5. Alcance .....	19

## CAPÍTULO II

<b>2. CARROCERIAS Y TÉCNICAS DE REPARACIÓN</b> .....	20
2.1. Carrocería .....	20
2.1.1 Tipos de carrocería: .....	20
a) Carrocerías con chasis independiente .....	20
b) Carrocerías Autoportantes: .....	21
c) Carrocerías con chasis de plataforma:.....	22
2.1.2 Partes de la carrocería .....	23
2.1.3 Componentes de la carrocería.....	23
2.1.4 Materiales de la carrocería .....	25
2.1.5 Seguridad.....	26
2.1.6 Métodos de unión de carrocería: .....	27
a) Condiciones para la utilización de métodos: .....	27
c) Métodos de unión: .....	27
2.1.7 Zonas críticas .....	29
2.1.8 Protección de las carrocerías.....	29
2.2 Técnicas de reparación.....	30
2.2.1 Separación de planchas: .....	30
2.2.2 Reparación de planchas.....	31
2.2.3 Presentación y montaje de piezas nuevas: .....	31
2.2.4 Enderezado con herramientas hidráulicas: .....	32
a) Gatos hidráulicos:.....	32
b) Escuadra hidráulica para enderezar: .....	33

## CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>PROYECCIÓN DEL DOZER DE ENDEREZADA .....</b>	<b>36</b>
3.1	Proyección de la torre o brazo vertical del Dozer. – .....	37
3.1.1	Cálculo de la fuerza de la cadena (B) .....	39
3.1.2	Cálculo de la torre .....	39
3.1.3	Cálculo del pasador de la torre o brazo vertical .....	41
3.1.4	Cálculo del pasador del seccionador .....	47
3.2	Diseño del pasador del cilindro hidráulico .....	52
3.3	Diseño del brazo horizontal o base .....	55
3.3.1	Cálculo del pasador del brazo .....	58
3.4	Diseño del seleccionador .....	63
3.5	Cálculo de la soldadura .....	64
3.6	Cálculo de las ruedas del DOZER .....	65
3.6.1	Calculo del eje de las llantas .....	66
 <b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>4.</b>	<b>ENSAMBLADO DEL DOZER DE ENDEREZADA .....</b>	<b>70</b>
4.1.	Proceso de construcción .....	71
4.2	Ensayo del Dozer de enderezado. - .....	72
4.2.1	Pruebas del Dozer: .....	72
a)	Pruebas de fijación del Dozer. ....	72
b)	Prueba de sujeción de la cadena. ....	73
c)	Prueba de enderezado en el Dozer. ....	73
	Nota: resultados obtenidos antes y después de enderezado .....	75
4.2.2	Seguridad de operación .....	75
4.2.3	Mantenimiento del Dozer de enderezado .....	76

**CAPÍTULO V**

<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>77</b>
5.1. Conclusiones.....	77
5.2. Recomendaciones.....	77
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Chasis independiente</i> .....	21
<b>Figura 2</b> <i>Carrocerías autoportantes</i> .....	21
<b>Figura 3</b> <i>Chasis de plataforma</i> .....	22
<b>Figura 4</b> <i>Paneles exteriores</i> .....	23
<b>Figura 5</b> <i>Componentes del almacén central y posterior</i> .....	24
<b>Figura 6</b> <i>Componentes del almacén anterior</i> .....	24
<b>Figura 7</b> <i>Elementos y accesorios de fijación</i> .....	28
<b>Figura 8</b> <i>Separación de planchas a perforación por taladrado</i> .....	31
<b>Figura 9</b> <i>Aplicación del gato hidráulico</i> .....	32
<b>Figura 10</b> <i>Escuadra hidráulica</i> .....	33
<b>Figura 11</b> <i>Escuadra hidráulica de enderezada</i> .....	34
<b>Figura 12</b> <i>Mordazas de tracción</i> .....	35
<b>Figura 13</b> <i>Dozer de enderezada</i> .....	36
<b>Figura 14</b> <i>Representación de fuerzas del Dozer de enderezada</i> .....	37
<b>Figura 15</b> <i>Fuerzas que reaccionan en la torre</i> .....	38
<b>Figura 16</b> <i>Sección de la torre</i> .....	40
<b>Figura 17</b> <i>Pasador de la torre o brazo vertical</i> .....	42
<b>Figura 18</b> <i>Pasador del seccionador</i> .....	48
<b>Figura 19</b> <i>Pasador del cilindro hidráulico</i> .....	52
<b>Figura 20</b> <i>Representación de fuerzas del brazo horizontal o base</i> .....	56
<b>Figura 21</b> <i>Sección del brazo horizontal o base</i> .....	57
<b>Figura 22</b> <i>Pasador del brazo horizontal o base</i> .....	59
<b>Figura 23</b> <i>Reacción de fuerzas en el seccionador</i> .....	63

<b>Figura 24</b> <i>Equipo Dozer</i> .....	70
<b>Figura 25</b> <i>Sujeción del Dozer al vehículo</i> .....	72
<b>Figura 26</b> <i>Sujeción de la cadena</i> .....	73
<b>Figura 27</b> <i>Impacto Chevrolet Zafira</i> .....	74
<b>Figura 28</b> <i>Tensión mediante el Dozer</i> .....	74

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Características de aceros utilizados en las carrocerías</i> .....	25
<b>Tabla 2</b> <i>Denominación de las fuerzas de la figura 14</i> .....	38
<b>Tabla 3</b> <i>Propiedades del acero SAE 1045</i> .....	59
<b>Tabla 4</b> <i>Medidas del impacto y el tensado</i> .....	75

## **Resumen**

El incremento de vehículos en el mundo ha ido creciendo junto con las actualizaciones mecánicas y modelos nuevos de las carrocerías. Este crecimiento ha hecho que los accidentes de tránsito también aumenten ya sea por falla mecánica o falla humana provocando daños leves o muy graves en el vehículo, debido a estos diversos cambios en el sector automotriz las empresas dedicadas al mantenimiento de automotores mejoran sus servicios y muchas de ellas ha optado por realizar un cambio parcial o total de sus equipos y herramientas de trabajo obteniendo buenos resultados en la reparación del vehículo. Esta decisión se tomó en el taller automotriz LGS, en el cantón de Quito, donde se implementó el equipo Dozer con capacidad de 10 toneladas que permite una mejor y segura tensión de la parte afectada del vehículo durante el proceso de enderezado, a fin de facilitar su uso, el técnico encargado puede revisar su modo de uso y mantenimiento para prolongar el tiempo de vida útil del equipo. Los resultados obtenidos por la implementación del equipo Dozer mejoraron notablemente los servicios prestados en el taller en la sección de enderezada ya que disminuye el tiempo de trabajo en relación al enderezado manual, las medidas obtenidas después de la tensión son muy similares a las originales y brinda mayor seguridad al técnico en el proceso de enderezado.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **CARROCERÍAS**
- **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**
- **DOZER**
- **TONELADAS**
- **TENSIÓN.**

**Abstract**

The increase of vehicles in the world has been growing along with the mechanical updates and new models of the bodies. This growth has caused traffic accidents to also increase, either due to mechanical failure or human failure causing minor or very serious damage to the vehicle, due to these various changes in the automotive sector, companies dedicated to car maintenance improve their services and many of them have chosen to make a partial or total change of their equipment and work tools obtaining good results in the repair of the vehicle. This decision was made in the LGS automotive workshop, in the canton of Quito, where the Dozer equipment with a 10-ton capacity was implemented that allows a better and safe tension of the affected part of the vehicle during the straightening process, in order to facilitate its use, the technician in charge can review its mode of use and maintenance to extend the useful life of the equipment. The results obtained by the implementation of the Dozer equipment notably improved the services provided in the workshop in the straightening section since it decreases the work time in relation to manual straightening, the measurements obtained after tensioning are very similar to the original ones and provides greater safety to the technician in the straightening process.

**KEYWORDS:**

- **BODIES**
  
- **CORRECTIVE MAINTENANCE**
  
- **BULLDOZER**
  
- **TONS**
  
- **TENSION.**

## CAPÍTULO I

### 1. CONTENIDOS GENERALES

#### 1.1. Antecedentes:

En los últimos años ha surgido un incremento automotriz lo que también provoca el aumento de accidentes, ventas de repuestos y accesorios de vehículos.

Los equipos de enderezado de carrocería se utilizan para la corrección de las deformaciones sufridas tras un accidente, permite verificar las cotas originales y supervisar las holguras y separaciones de los paneles exteriores, además realiza estirajes controlados para devolver a la carrocería sus dimensiones originales.

Estas necesidades son importantes para el progreso del proceso de enderezada, han generado el desarrollo de investigaciones como se muestra a continuación.

En primer lugar, se tiene que en noviembre del 2013 fue presentado por Orozco Inga Carlos J. y Quintana Robles Luis A. en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Milagro el trabajo especial de grado titulado **“Estudio de factibilidad de una maquina enderezadora de aros deportivos semiautomática para el sector automotriz del Cantón el Triunfo”**

También se consultó el trabajo especial de grado que en 2008 fue presentado en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por Guerrero Jaramillo Javier E. el trabajo especial de grado **“Diseño y Construcción de una Maquina Enderezadora de Aros de autos Semiautomática”**

Estos trabajos tienen como objetivo realizar un estudio adecuado para el desarrollo de equipos de enderezada que cumplan con las fuerzas adecuadas al tensionar el vehículo, y sin

desmontar ni cortar ningún elemento relacionado directamente con la deformación de la carrocería. Además, establecen la necesidad de un lugar específico en el que se realice la corrección de los vehículos teniendo como resultado proyectos innovadores.

Tienen cierta relación con la investigación en curso, ya que proponen un material de investigación similar a las características de un Dozer con el propósito de mejorar el proceso de enderezado de vehículos.

## 1.2. Planteamiento del problema

En Ecuador, así como en el resto del mundo, los talleres de enderezada y pintura aparecen debido a la necesidad de reparar desde pequeños raspones en la pintura hasta daños considerables en la estructura del vehículo.

Actualmente a medida que han incrementado vehículos, se exige mayor calidad en los servicios como tiempo y tratamiento que se realicen en los diferentes daños presentes en el vehículo, proporcionados por las empresas, centros técnicos o talleres dedicados a enderezar compactos y chasis.

En el Taller Automotriz LGS (Luis Guaminga & Socio), se han encontrado inconvenientes en el proceso tradicional de reparación, que pueden provocar daños en el vehículo e incluso al técnico enderezador, por esta razón el presente proyecto está destinado a diseñar un equipo Dozer de enderezada que permita realizar reparaciones de muy rápida ejecución determinando tiempos cortos de entrega y llegando a devolver a la unidad las mismas características originales, además el taller requiere un ambiente seguro e innovador que lo haga diferente y próspero.

### 1.3. Justificación

Dentro del Taller Automotriz LGS, en el proceso de enderezado chasis o compactos se procede de manera artesanal mediante cadenas o prensa hidráulica, dando inseguridad al técnico enderezador y pérdida de tiempo en la reparación del automóvil. Además, la difícil accesibilidad a equipos o costos en el sector automovilístico ha motivado el diseño y construcción de un equipo Dozer de enderezada para así poder cubrir una necesidad técnica en la reparación de fallas vehiculares.

El equipo mecánico Dozer es un equipo fundamental en el taller de enderezada y pintura ya que se podrá colocar a los vehículos para visualizar como se han producido las deformaciones, que fuerza alcanzo el golpe, en qué dirección se produjo y como era la carrocería antes de producirse la deformación para actuar sobre ellos con anclaje de los vehículos o fuerzas de tensión en las carrocerías.

Pero no solo aporta ventajas al vehículo al garantizar un acabado perfecto y con un óptimo tiempo de entrega, sino también desde el punto de vista de seguridad, ya que permite al técnico enderezador trabajar en condiciones adecuadas y controladas. Otro de los aspectos que motiva y justifica este proyecto, es la posibilidad de generar un desarrollo industrial y económico mediante la implementación de un equipo de enderezada.

#### 1.4. Objetivos

##### 1.4.1. Objetivo general

- Implementar un equipo Dozer a través de un gato hidráulico, con capacidad de 10 toneladas, para enderezar compactos y chasis de automóviles en el TALLER AUTOMOTRIZ LGS, ubicado en la ciudad de Quito.

##### 1.4.2. Objetivos específicos

- Proyectar un equipo de enderezada Dozer mediante un software de simulación para el correcto estiraje y separación de paneles, de compactos y chasis de automóviles.
- Optimizar el equipo de enderezada cumpliendo con los requerimientos mecánicos, mediante la especificación de materiales eficientes, garantizando su funcionamiento.
- Verificar el correcto funcionamiento del equipo de enderezada, mediante la realización de pruebas de tensión y de soldadura para la implementación en el taller automotriz.

### 1.5. Alcance

El proyecto tiene como alcance total, la implementación de un equipo Dozer de enderezada con estructura en L, en dicho equipo intervendrán un gato hidráulico activado por una bomba de aire, sistema de anclaje y vigas de extensión, facilitando la tracción correctiva.

El Dozer consta de una viga principal que estará equipada con ruedas o rodajas de modo que en el taller se pueda mover fácilmente para cualquier dirección. Un brazo pivote localizado en un extremo de la viga, se activa por medio de un gato hidráulico.

El otro extremo de la viga principal estará equipado de un poste de anclaje ajustable, que se puede situar y enclavar firmemente en cualquier parte de la viga dependiendo el largo que se requiera.

El sistema de anclaje contendrá placas para templar el cuerno del bastidor, mordazas con ajuste propio, placas de tensión, gancho con diversos aditamentos que se utilizan con cadenas para la tracción.

El gato hidráulico tendrá una capacidad de 10 toneladas consta de una bomba, manguera, acoplador separable rápido y ariete. La bomba hidráulica neumática ayudara a usar fácilmente el equipo de gato hidráulico reubicando más pronto las reparaciones.

Se utilizarán pruebas de tintas penetrantes, pruebas de presión para verificar la estructura del equipo, además se realizarán pruebas de tensión para comprobar el correcto funcionamiento del equipo Dozer de enderezada y su implementación.

## CAPÍTULO II

### 2. CARROCERÍAS Y TÉCNICAS DE REPARACIÓN

#### 2.1. Carrocería

La función de la carrocería es la de albergar la carga y a los ocupantes del vehículo, así como transportarlos. En cuanto a la función que nos atañe, la seguridad, es la encargada de proteger a los ocupantes del vehículo, es decir, evitar que ningún cuerpo extraño se introduzca dentro del habitáculo y la de asegurar un espacio mínimo, de seguridad, que permita la movilidad de los ocupantes en caso de accidente. (Gil, 2001, pág. 28)

La elasticidad y rigidez en el vehículo son de gran importancia, por estas características que las grandes industrias automotrices y diferentes marcas han buscado el material y método adecuado para cumplir con estas particularidades.

##### 2.1.1 Tipos de carrocería:

- a) Carrocerías con chasis independiente: Lo que se busca en este tipo de carrocerías es una mayor rigidez con la unión de sus piezas mediante la soldadura. Existen casos donde las piezas son unidas por tornillos donde la rigidez es menor, pero la compensan con piezas de mayor dimensión y rigidez. Este tipo de carrocería se identifica por ser de chasis independiente como se muestra en la figura (1).

**Figura 1**

*Chasis independiente*



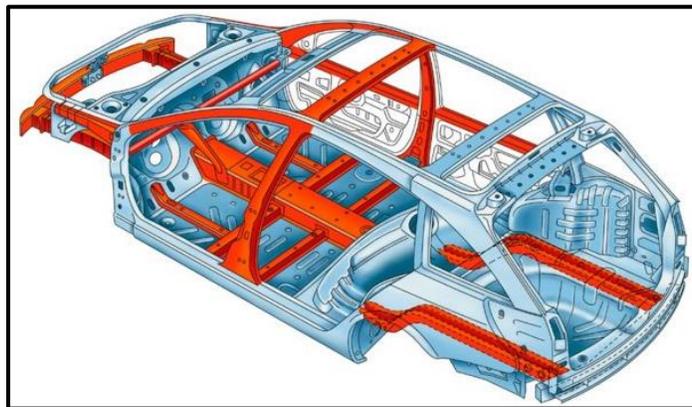
Nota: Estructura inferior (Manual Ford Focus, p.110)

- b)** Carrocerías Autoportantes: actualmente la más utilizada en la industria automotriz ya que le da mayor elasticidad y rigidez al vehículo.

Está formada por varias piezas que son unidas mediante soldadura y/o tornillos creando así una sola pieza como se puede observar en la figura (2).

**Figura 2**

*Carrocerías autoportantes*



Nota: Estructura interna del vehículo (<https://talleresyrepuestos.com>)

Los procesos de reparación en las carrocerías con chasis independiente y autoportante han sido tradicionalmente empíricas en cuanto a la decisión al cómo se repara, la función de aplicación inversa de las fuerzas, las temperaturas por aplicar, etc. Pero se han ido innovando las técnicas y las herramientas a utilizar como:

- Bancos universales: para reparaciones estructurales de mayor envergadura o mini bancadas para efectuar pequeños tiros en daños de intensidad menor que llevan largueros.
  - Equipos auxiliares de medición como los compases de varas o gatos hidráulicos expansores para la corrección de deformaciones.
  - Herramientas de corte como radiales o sierras neumáticas.
  - Equipos de soldadura.
- c) Carrocerías con chasis de plataforma: en este tipo de carrocería, el piso es soldado al chasis como en el antiguo Renault R4 de la figura (3). Es destinado para vehículos que soportan cargas o esfuerzos considerables.

### Figura 3

*Chasis de plataforma*



**Nota:** Estructura de Renault 4 (<http://www.10automoviles.com>)

### 2.1.2 Partes de la carrocería

- a) **Parte elástica o deformable:** está directamente relacionada con la capacidad que tiene el material y estructura del vehículo, con la manera brusca e instantánea que recibe el golpe y/o deformación.
- b) **Parte rígida:** no permite el ingreso de cuerpos extraños al interior del vehículo, además en caso de choques, es la parte con menos deformación con la finalidad de proteger a los ocupantes.

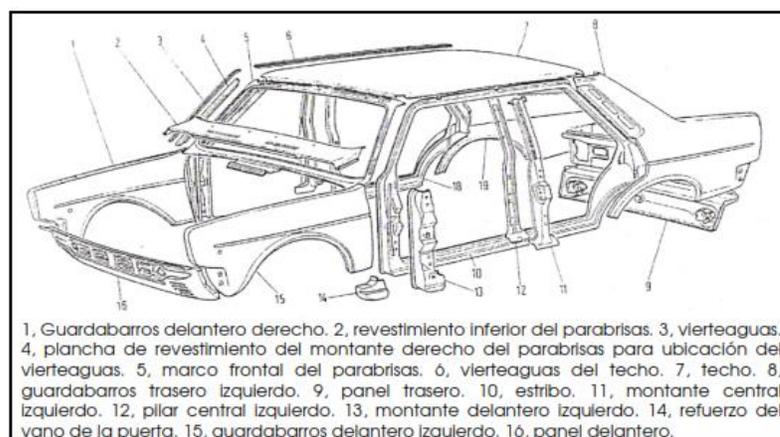
### 2.1.3 Componentes de la carrocería

Según De Castro (1988) se tiene los siguientes componentes en el vehículo.

- a) **Paneles exteriores:** en la figura (4) se puede observar que son piezas que constituyen el revestimiento del vehículo. En la que se puede observar sus partes y denominación.

**Figura 4**

*Paneles exteriores*

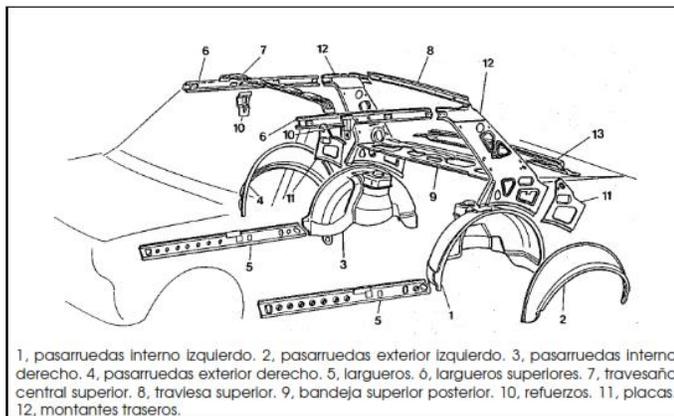


Nota: Revestimiento del vehículo (**Castro** Vicente, carrocería y pintura, pág. 30)

- b) Componentes del armazón central y posterior: son piezas que ocupan la parte interna de la carrocería señaladas en la figura (5).

**Figura 5**

*Componentes del armazón central y posterior*

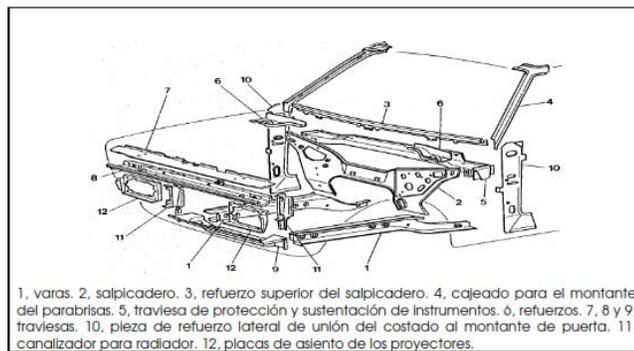


Nota: Estructura interna (Castro Vicente, carrocería y pintura, pág. 34)

- c) Componentes de armazón anterior: está prevista como sostén del motor siendo este la masa más pesada de la carrocería. (pag.18-19). En la figura (6) se muestra las piezas que constituyen al armazón.

**Figura 6**

*Componentes del armazón anterior*



Nota: Partes delanteras del vehículo (Castro Vicente, carrocería y pintura, pág. 35)

#### 2.1.4 Materiales de la carrocería

Para lograr el máximo aprovechamiento del combustible, sin arriesgar la resistencia y seguridad sus automóviles, los ingenieros en diseño han estado utilizando más y más el plástico de peso ligero, aluminio y acero de alta resistencia (HSS), conocido también como acero de baja aleación y de alta resistencia (HSLA). (Deroche, 1994, pág. 2)

Existen diversos aceros de alta resistencia que son utilizados en las carrocerías. A continuación, se presenta la tabla (1) donde se puede observar características y utilidad dichos aceros.

**Tabla 1**

*Características de aceros utilizados en las carrocerías*

<b>ACEROS DE ALTA RESISTENCIA UTILIZADOS EN CARROCERIAS</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>RESISTENCIA /CEDENCIA</b>	<b>UTILIZADO EN:</b>
Acero reforzado	276000 kPa	Rieles traseros, respaldos de asientos traseros y varias partes de suspensión.
Acero nitrogenado	276000 kPa	Rieles laterales del frente, refuerzos restrictores y varias abrazaderas.
Acero de baja aleación y alta resistencia	345000 kPa	Brazos de reguladores de ventanas y abrazaderas de suspensión.

NOMBRE	RESISTENCIA/CEDENCIA	UTILIZADO EN:
Acero de baja aleación y de alta resistencia	552000 kPa	Suspensión trasera y barras pista
	586000 kPa	Vigas de guardia de la puerta trasera.
Acero de resistencia ultra elevada	827 MPa	Parachoques del frente y trasero
	965 Mpa	Vigas de guardia de la puerta de enfrente
Acero martensítico	1034 MPa	Vigas de guardia de la puerta de enfrente

Nota: Materiales más utilizado en las carrocerías (Deroche, 1994, pág. 3)

### 2.1.5 Seguridad

Para mejorar la seguridad de los ocupantes del vehículo, la industria automotriz ha ido implementando diversos equipos, basándose en las causas de los accidentes de tránsito. Sin embargo, es importante recalcar que, para una mayor seguridad, el conductor debe cumplir con las normas de manejo adecuado.

- a) Seguridad activa: contribuye con una mayor eficacia y estabilidad cuando el vehículo está en movimiento. Los elementos que constituyen este sistema son: frenado,

dirección, suspensión, neumáticos y adherencia al suelo, iluminación y control de estabilidad.

- b) Seguridad pasiva: son los elementos que actúan cuando el accidente es inevitable sea por falla del conductor o falla del sistema activo, estos elementos son: cinturones de seguridad, airbags, chasis y carrocería, cristales y reposacabezas.

#### 2.1.6 Métodos de unión de carrocería:

La unión de los componentes del automóvil resulta un tanto compleja debido a la gran cantidad de piezas y a las diferentes técnicas de unión que se utilizan. Además de que el resultado final debe garantizar su funcionalidad, seguridad y apariencia.

##### a) Condiciones para la utilización de métodos:

- *Tipo de material*: se elige el método a utilizar de acuerdo al material de procedencia, características y propiedades.
- *Servicio requerido*: se refiere a la función que va a cumplir el elemento.
- *Ubicación*: donde va a ubicarse la pieza ya que condiciona el método de unión.

Peña (s.f) clasifica de la siguiente manera los sistemas y métodos de unión.

##### b) Sistemas de unión:

- *Uniones amovibles*: permite que la pieza se pueda retirar y colocar las veces que se considere necesario.
- *Unión articulada*: existe un límite de movimiento entre los elementos acoplados.
- *Uniones fijas*: la separación de las piezas no se la puede realizar a menos que se cause daños en la misma.

- c) Métodos de unión: los sistemas de unión presentes en los diversos elementos pueden clasificarse en tres grandes grupos.

- *Uniones mediante tornillos y grapas:* Este método es utilizado para piezas que necesitan ser retiradas y colocadas con frecuencia como: capós, guardachoques, guardafangos.
- *Uniones mediante pasadores:* Utilizadas para piezas articuladas que necesitan un movimiento de rotación entre ellas como puertas.
- *Uniones remachadas:* Principalmente utilizado para la unión de piezas de carrocerías grandes con remaches de aluminio, acero dulce, etc. Este material y la forma del remache ayudan a que las piezas unidas no sufran deformaciones. (pág. 8-12)

En la figura (7) se puede observar los diferentes accesorios que se utilizan para las uniones mediante tornillos y grapas, pasadores y/o remachadas.

**Figura 7**

*Elementos y accesorios de fijación*



Nota: (Peña, pág. 10)

- *Uniones plegadas*: permiten unir piezas doblándolas por sus bordes como se puede observar en los paneles de las puertas se la considera una unión fija, ya que se debe destruir el plegado para la separación de las piezas.
- *Uniones soldadas*: es la técnica más utilizada en la fabricación de carrocerías. Siendo la soldadura por puntos de resistencia y soldadura de hilo las más utilizadas y en ciertos casos la soldadura oxiacetilénica.
- *Uniones pegadas*: es la utilización de adhesivos para la unión de piezas de la misma característica o diferentes como acero-vidrio, acero-material sintético, etc.

#### 2.1.7 Zonas críticas

Existen diferentes causas por la cual la carrocería puede sufrir algún daño y/o deterioro de la estructura. Unas de ellas por las que sucede son:

- El difícil acceso para realizar una limpieza, dejando así que se acumulen impurezas, polvos y humedad.
- La exposición frecuente a climas cambiantes sin tener algún tipo de protección o contar con protección inadecuada.
- El inadecuado mantenimiento o restauración de elementos que constituyen la carrocería.

#### 2.1.8 Protección de las carrocerías

Debido al efecto que causa el agua y oxígeno en los materiales de las carrocerías se ha creado revestimientos para prolongar la vida útil de la carrocería y mantener la seguridad.

- Recubrimientos metálicos: las piezas son recubiertas herméticamente con un metal de protección para formar una barrera aislante.
- Galvanizado en caliente: es la inmersión del metal en un baño de zinc fundido.

- Electro cincado: trata de la deposición del zinc sobre el metal a proteger mediante el paso de una corriente eléctrica.
- Recubrimientos no metálicos
- Revestimientos de bajos: esta se las realiza a base de breas o bate piedra, caucho o PVC.

## 2.2 Técnicas de reparación

Lo descrito anteriormente nos ha servido como explicación concisa de la estructura total de la carrocería y las herramientas necesarias para la misma. En esta sección presentaremos las formas adecuadas para el desmontaje de la estructura afectada, técnicas de reparación y pautas de cómo debe llevarse a cabo su montaje.

Este conocimiento es importante, ya que una vez realizada la inspección del estado en que se encuentra el automóvil se podrá llegar a una conclusión ante daños observados. Cabe mencionar que en su mayoría son golpes pequeños que no influyen en la estructura del automóvil y en otras ocasiones se ven afectadas las estructuras principales, de ello dependerá la técnica a escoger para reparar.

- Separación de planchas
- Reparación de planchas
- Presentación y montajes de piezas nuevas
- Enderezado con herramientas hidráulicas

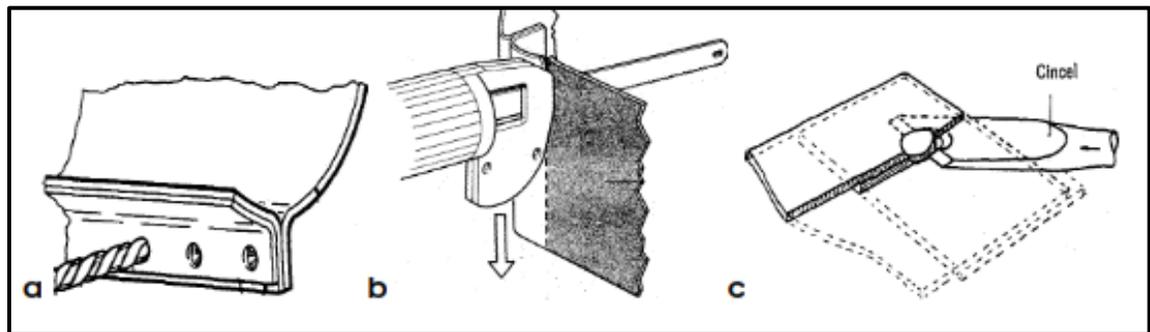
**2.2.1** Separación de planchas: como ya se había mencionado se puede distinguir tres tipos de uniones: remachadas, atornilladas y soldadas.

Los elementos de unión por remaches y tornillos son muy fáciles de desmontar, ya que basta sencillamente con romper una de sus cabezas con ayuda de una taladradora de mano y aflojar los tornillos por medio de llaves fijas de estrella o de tubo respectivamente.

Para realizar su separación de piezas unidas mediante soldadura se necesita tener una zona limpia de cualquier tipo de masilla y/o pintura que cubra la zona soldada. Los procedimientos que se muestran en la figura (8) para separar planchas son: mediante la perforación del punto de unión, el corte de plancha mediante un martillo y un escoplo y el corte de puntos con la ayuda de un cincel y un martillo.

**Figura 8**

*Separación de planchas a. perforación por taladrado b. corte de plancha c. corte de los puntos.*



Nota: Técnicas de separación (<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6652/1/07546.pdf>)

**2.2.2** Reparación de planchas: esta técnica la podemos utilizar cuando el impacto que sufre el automóvil da como resultado deformaciones, abolladuras, raspones, hundimientos, etc., donde no es necesario la sustitución de la pieza por otra nueva.

- Desabollado
- Aplanado o alisado
- Desabollado por taladrado o soldadura de clavos o arandelas
- Masillado

**2.2.3** Presentación y montaje de piezas nuevas: existen piezas que sufren roturas o deformaciones que no permiten su reparación y necesitan del remplazo de una pieza

nueva. Antes de fijar la pieza se debe verificar que la misma coincida con el resto de la estructura para no verse obligado a realizar modificaciones una vez instalada.

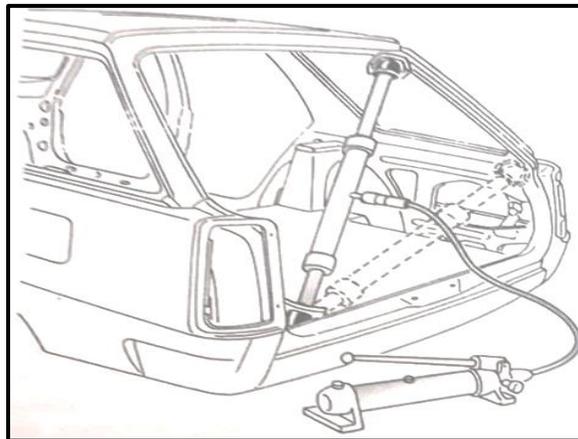
**2.2.4** Enderezado con herramientas hidráulicas: estas herramientas tienen gran importancia para los enderezadores en caso de que la colisión afecte a la estructura del vehículo o los hundimientos se encuentren en un lugar difícil de reparar.

**a)** Gatos hidráulicos: Son herramientas capaces de proporcionar varias toneladas de fuerza de manera progresiva. Se debe aplicar de modo que ejerza la fuerza en el sentido contrario a la fuerza que provocó el golpe. Una vez hallado el punto exacto donde se va a colocar la herramienta siempre es necesario colocar un soporte de madera en el punto de apoyo opuesto.

Una vez bien asegurado el gato hidráulico se procede a bombear hasta recuperar la forma deseada tomando en cuenta las cotas originales de la estructura. Como se muestra en la figura (9) esta herramienta tiene aplicación en el interior del automóvil y motor.

### Figura 9

*Aplicación del gato hidráulico*



Nota: correcto uso del gato hidráulico para enderezada (Gil, 2001, pág. 116)

- b) Escuadra hidráulica para enderezar: esta herramienta está especialmente dirigida para las deformaciones de la estructura principal de la carrocería producidas por golpes fuertes o vuelcos observados en la figura (10).

**Figura 10**

*Escuadra hidráulica*

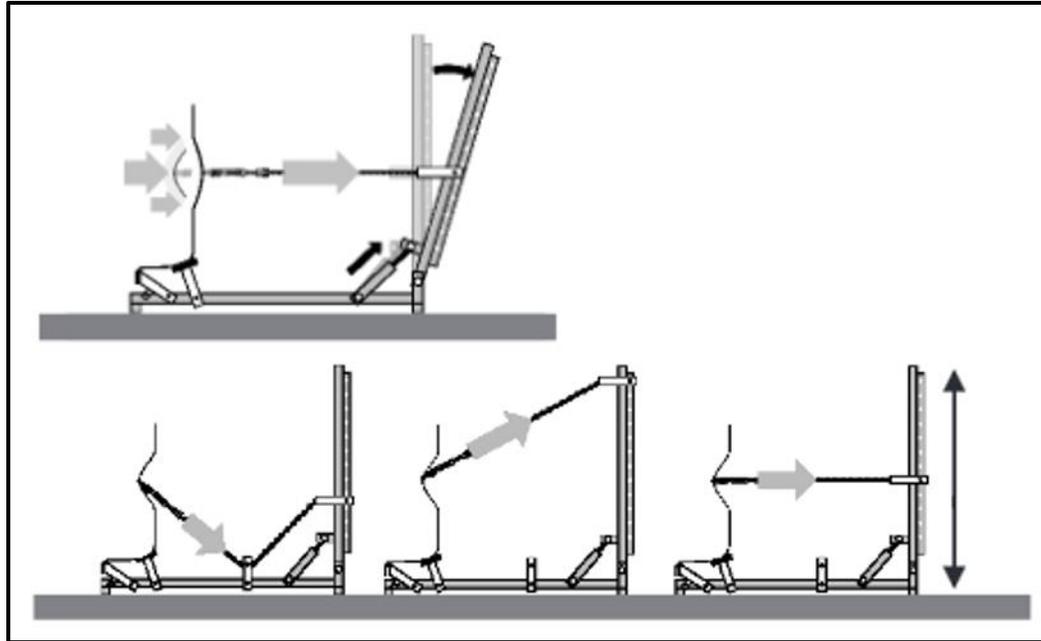


Nota: Dozer y sus complementos (<https://carroceria-bo-ca.webcindario.com>)

Con esta herramienta se pueden realizar tensiones desde la parte externa de la carrocería. Para comprender el funcionamiento de la escuadra describiremos la figura (11) donde se puede observar que el extremo del brazo horizontal se lo sujeta a una parte sólida de la estructura de la carrocería, y el brazo vertical de tiro o torre se lo sujeta con una cadena solidaria a la sección dañada de la estructura. Una vez asegurado el amarre procedemos al inicio de enderezado mediante el tensado progresivo del brazo vertical junto con la cadena, para esto se inicia con el bombeo al mecanismo hidráulico.

**Figura 11**

*Escuadra hidráulica de enderezada*



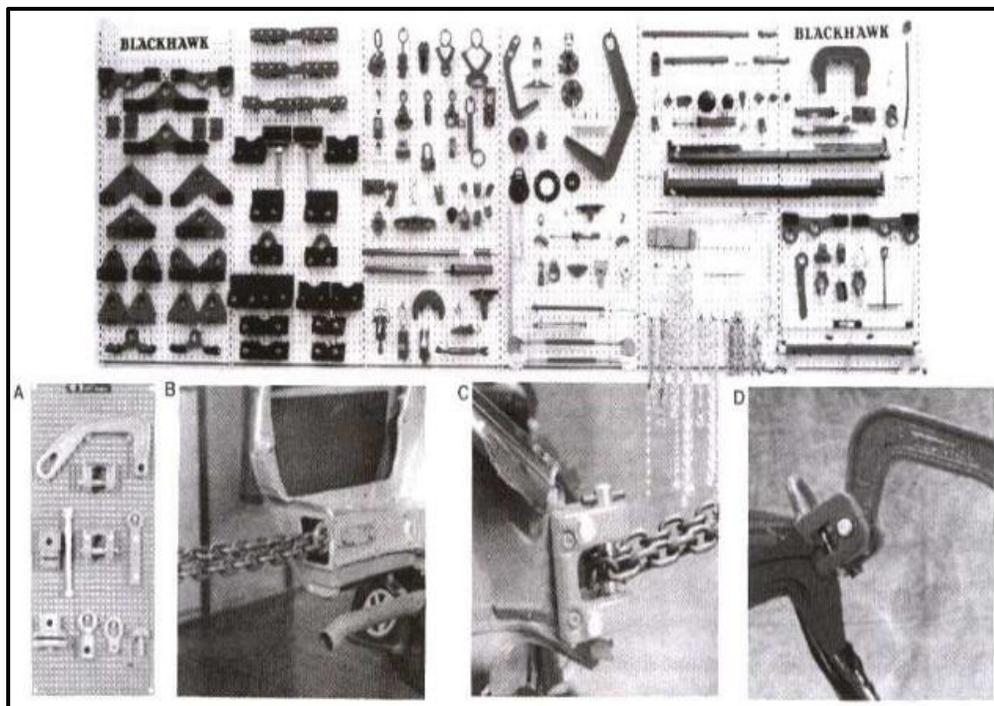
Nota: Funcionamiento (<http://www.gys.fr/pdf/datasheet/es/052475.pdf>)

A más de la descripción anterior se debe saber que la escuadra hidráulica incluye elementos de soporte y mordazas que se observan en la figura (12). Estos artículos hacen posible una sujeción más estable al brazo además de ayudarle a cumplir las siguientes características.

- a) Endereza todos los materiales y todo tipo de impactos gracias a su posición regulable en altura e inclinación.
- b) Minimiza el esfuerzo del reparador gracias a su estructura.
- c) Ligera y rápidamente desmontable.
- d) Bajo coste.

**Figura 12**

*Mordazas de tracción*



Nota: Componentes necesarios para enderezar (<https://bibdigital.epn.edu.ec>)

La escuadra suele ser indispensable para el enderezado de la plancha en partes de la estructura de la carrocería y, sobre todo, para trabajar con ella en combinación con la bancada, pero, no obstante, quedan también destacadas sus posibilidades de todo tipo para ayudarnos en el enderezado de grandes superficies de chapa. (Gil, 2001, pág. 118)

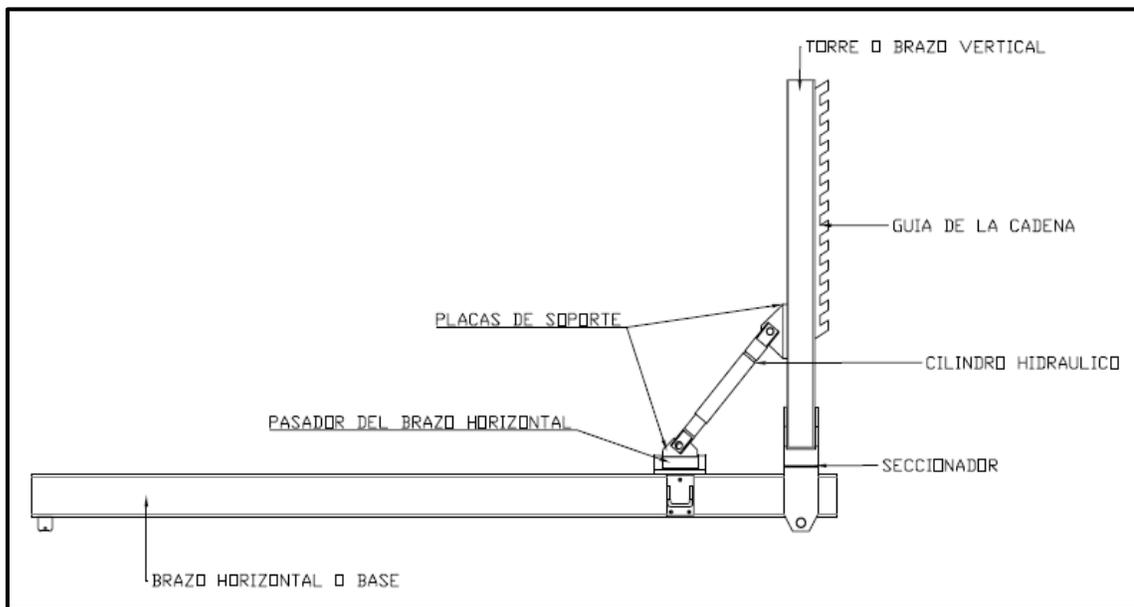
## CAPÍTULO III

### 3. PROYECCIÓN DEL DOZER DE ENDEREZADA

Este sistema tiene como función principal tensionar, mediante una cadena que va sujeta a la torre o brazo vertical del DOZER y fijada a la parte afectada del vehículo; además este tiene una placa que actúa como seccionador permitiendo el movimiento de la torre o brazo vertical, para actuar de acuerdo al requerimiento de tensión. El Dozer puede desplazarse a cualquier lugar para facilitar el proceso de enderezado, el cual estará dotado de un cilindro hidráulico con capacidad de 10 toneladas con el que partiremos como dato para calcular los diferentes elementos mecánicos que componen el sistema que se muestra en la figura (13).

**Figura 13**

*Dozer de enderezada*



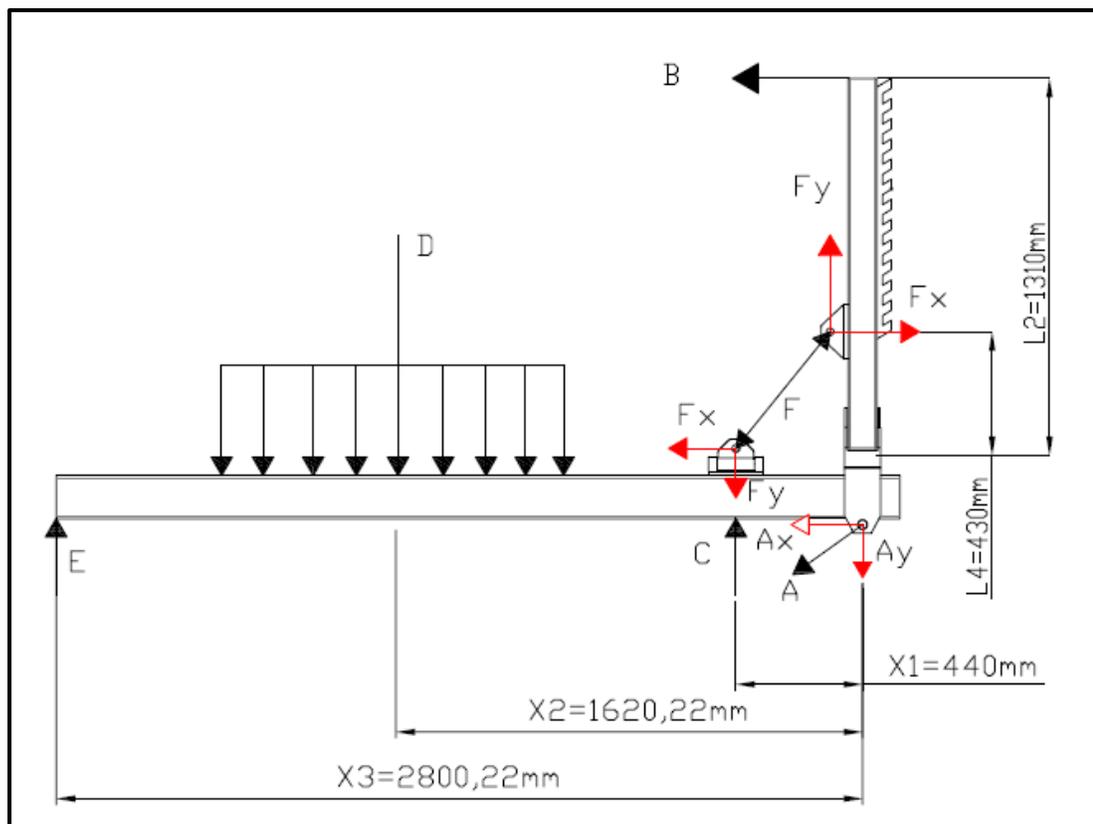
Nota: Elaborado en el software AutoCAD 2014

### 3.1 Proyección de la torre o brazo vertical del Dozer. –

Este elemento tiene que soportar cargas que generan esfuerzos flexionantes y está sujeto a cargas variables, para su construcción se empleara estructuras de acero ASTM A36 cuya resistencia a la fluencia es 36kpsi (ver anexo 3.1) con un espesor de 6mm, la sección será de forma cuadrada. Las fuerzas y distancias que actúan en la torre o brazo horizontal se pueden observar en la figura (14)

**Figura 14**

*Representación de fuerzas del Dozer de enderezada*



Nota: Elaborado en el software AutoCAD 2014

Tabla 2

Denominación de las fuerzas de la figura 14

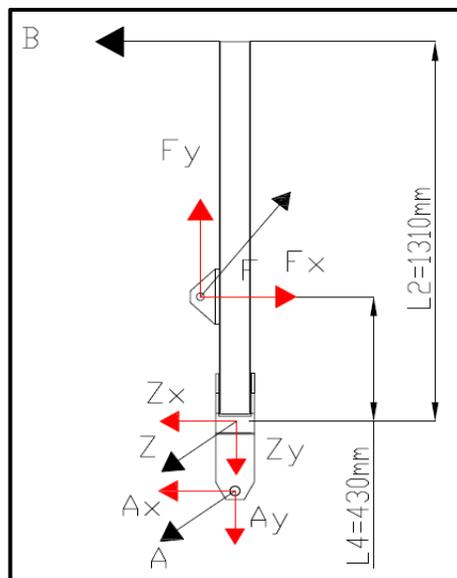
FUERZA	DENOMINACION
A	Reacción del pasador del seccionador
B	Fuerza de tiro de la cadena
C	Reacción a la fuerza F
D	Fuerza máxima a aplicar (3.5 toneladas)
E	Reacción de la rueda
F	Fuerza del cilindro hidráulico (10 toneladas)

Nota: Fuerzas definidas en el Dozer

En la figura (15) se puede observar el diagrama de fuerza libre de la torre o brazo vertical. Como ya se mencionó la capacidad del cilindro hidráulico es decir (**F**) es de 10 Toneladas (**98100 N**).

Figura 15

Fuerzas que reaccionan en la torre



Nota: Elaborado en el software AutoCAD 2014

## 3.1.1 Cálculo de la fuerza de la cadena (B)

Cálculo de  $F_x$ 

$$F_x = (F * \cos \alpha) \quad (\text{Ecu.1})$$

$$F_x = (98100N * \cos 55^\circ)$$

$$F_x = 56267.85 N$$

Sumatoria de momentos

$$\sum M_0^{\rightarrow} = 0 \quad (\text{Ecu.2})$$

$$\sum M^{\rightarrow} = (F_x * l_4) - (B * l_2)$$

$$B = \frac{(F_x * l_4)}{l_2}$$

$$B = \frac{(56267.85 N * 430 mm)}{1310 mm}$$

$$B = 18469.60 N$$

Momento flexionante máximo (Ecu.3)

$$M_{max} = \frac{B * l_2}{1000}$$

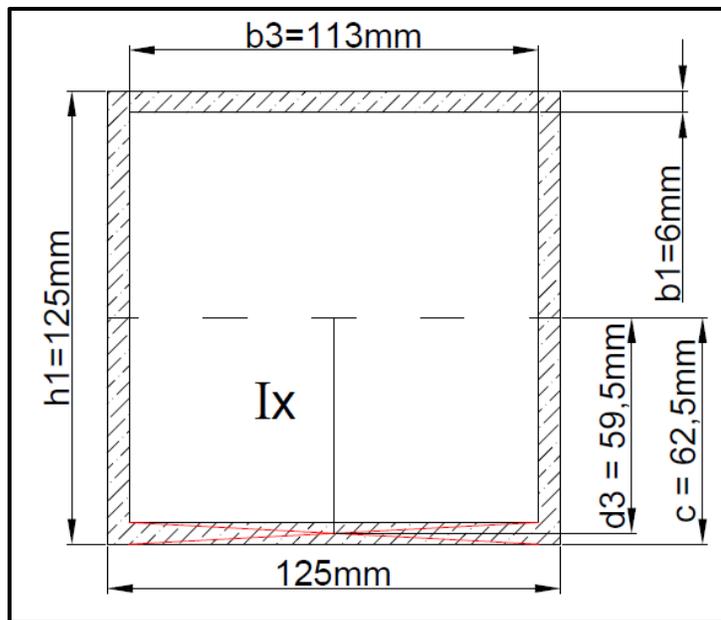
$$M_{max} = \frac{18469.60 N * 1310 m}{1000}$$

$$M_{max} = 24195.17 Nm$$

## 3.1.2 Cálculo de la torre

Figura 16

Sección de la torre



Nota: Elaborado en el software AutoCAD 2014

**Momento de inercia**

Área de la sección

$$A_3 = b_3 * b_1$$

(Ecu.4)

$$A_3 = 113 \text{ mm} * 6 \text{ mm}$$

$$A_3 = 678 \text{ mm}^2$$

$$I_{x_T} = 2(I_{X_1}) + 2(I_{X_3})$$

(Ecu.5)

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

$$Ix_T = 2 \left( \frac{6mm * (125mm)^3}{12} \right) + 2 \left( \left( \frac{113mm * (6mm)^3}{3} \right) + 678mm^2 * (59.5mm)^2 \right)$$

$$Ix_T = 6769976 \text{ mm}^4$$

$$Ix_T = 6,77 \times 10^{-6} m^4$$

**Esfuerzo flexionante**

(Ecu.6)

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

$$\sigma_f = \frac{24195.17 \text{ Nm} * 0.0625 \text{ m}}{6,77 \times 10^{-6} m^4}$$

$$\sigma_f = 223.70 \text{ MPa}$$

**Factor de seguridad**

(Ecu.7)

$$n = \frac{S_y}{\sigma_f}$$

$$n = \frac{248.04 \text{ MPa}}{223.70 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.1$$

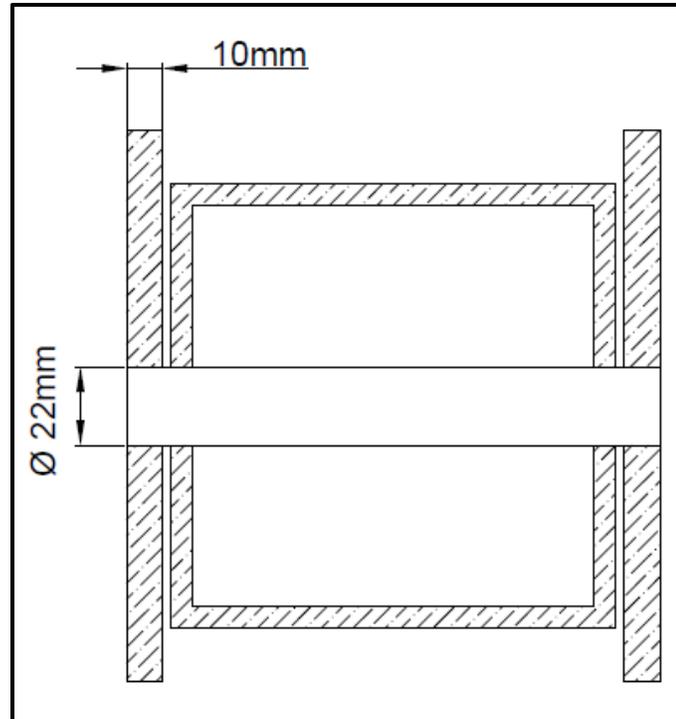
La resistencia a la fluencia ( $S_y$ ) del acero ASTM A36 es de 36ksi que al multiplicarlo por el factor de conversión 6.89 resulta **248.04 MPa**, entonces se puede establecer que es mayor al esfuerzo flexionante de **223.70MPa** obteniendo así un diseño apropiado.

### 3.1.3 Cálculo del pasador de la torre o brazo vertical

El pasador soportara esfuerzos cortantes y de aplastamiento en la placa cuyas dimensiones de muestra en la figura (17), por eso se ha seleccionado un eje de transmisión SAE 1045 cuyo esfuerzo a la fluencia es  $S_y = 413\text{MPa}$  y la resistencia a la tracción es  $S_{ut} = 655\text{MPa}$ .

Figura 17

*Pasador de la torre o brazo vertical*



Nota: Elaborado en el software AutoCAD 2014

Cálculo de  $F_y = Z_y$

$$F_y = (F * \sin \alpha)$$

(Ecu.8)

$$F_y = (98100N * \sin 55^\circ)$$

$$F_y = 80358.82 N$$

Como

$$F_y = Z_y$$

(Ecu.9)

$$Z_y = 80358.82 N$$

Sumatoria de fuerzas

$$\sum Fx = 0 \quad (\text{Ecu.10})$$

$$Fx - B - Zx = 0$$

$$Zx = Fx - B$$

$$Zx = 56267.85 - 18469.6$$

$$Zx = 37798.25$$

Cálculo de la fuerza Z

$$Z = \sqrt{Zx^2 + Zy^2} \quad (\text{Ecu.11})$$

$$Z = \sqrt{37798.25^2 + 80358.82^2}$$

$$Z = 88804.54N$$

**Esfuerzo cortante. -**

$$Ap = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (\text{Ecu.12})$$

$$Ap = \pi \left(\frac{22mm}{2}\right)^2$$

$$Ap = 380.13mm^2$$

$$\tau_{pt} = \frac{Z}{2Ap} \quad (\text{Ecu.13})$$

$$\tau_{pt} = \frac{88804.55 N}{2(380.13mm^2)}$$

$$\tau_{pt} = 116.81 MPa$$

**Esfuerzo permisible:** consideramos que trabaja al 40% de su capacidad.

$$\tau_{perm} = 0.4(Sy) \quad (\text{Ecu.14})$$

$$\tau_{perm} = 0.4(413MPa)$$

$$\tau_{perm} = 165.2 MPa$$

**Factor de seguridad** (Ecu.15)

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

$$n = \frac{165.2}{116.81}$$

$$n = 1.4$$

**Esfuerzo por aplastamiento**

Área de aplastamiento

$$Ab = D * e \quad (\text{Ecu.16})$$

$$Ab = 22mm * 10mm$$

$$Ab = 220mm^2$$

Donde:

D= diámetro del pasador

e = espesor de las placas

$$\sigma_b = \frac{Z}{2 * Ab} \quad (\text{Ecu.17})$$

$$\sigma_b = \frac{88804.55N}{2 * 220mm^2}$$

$$\sigma_b = 201,83 \text{ MPa}$$

Donde:

Z=Fuerza cortante

**Esfuerzo permisible por aplastamiento:** se considera que este trabajara a un 90%.

$$\sigma_{per} = 0,9(S_y) \quad (\text{Ecu.18})$$

$$\sigma_{per} = 0,9(248,04)$$

$$\sigma_{per} = 223.236 \text{ MPa}$$

**Factor de seguridad** (Ecu.19)

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

$$n = \frac{223.236 \text{ MPa}}{201.83 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.11$$

**Esfuerzo por fatiga (Se)**

El pasador estará sometido a esfuerzos que varían desde cero cuando se encuentra sin carga y hasta un máximo que es la capacidad del cilindro hidráulico.

El cálculo del límite a fatiga se da a vida infinita.

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

(Ecu.20)

Donde:

$S_e'$  = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$K_a$ =factor de modificación de la condición superficial.

$K_b$ =factor de modificación.

$K_c$ =factor de modificación de carga.

$K_d$ =factor de modificación de la temperatura.

$K_e$ =factor de modificación de efectos varios.

De acuerdo al (anexo 3.2) se expresa la ecuación

$$S_e' = 0,5 * S_{ut} \quad (\text{Ecu.21})$$

$$S_e' = 0,5 * 655 \text{MPa}$$

$$S_e' = 327.5 \text{MPa}$$

El factor de superficie con el acabado de laminado en caliente se calcula mediante la siguiente ecuación. (Ver anexo 3.3)

$$k_a = a * S_{ut}^b \quad (\text{Ecu.22})$$

$$k_a = 57,7 * 655^{-0,718}$$

$$k_a = 0,548$$

Cálculo del factor de tamaño considerando que tenemos un diámetro de 22mm (ver anexo 3.4).

$$k_b = 1,24(d)^{-0.107} \quad (\text{Ecu.23})$$

$$k_b = 1,24(22)^{-0.107}$$

$$k_b = 0,89$$

Debido a que el pasador está sometido a flexión se tiene que  $k_c = 1$  (ver anexo 3.5).

El trabajo que realizara el pasador se realizara a temperatura ambiente por ello se tiene que  $kd = 1$  (ver anexo 3.6).

El eje no tiene zonas de concentración de esfuerzos por lo tanto  $ke = 1$ .

Una vez identificado el límite de resistencia y los factores de modificación se procede al desarrollo de la ecuación 20.

$$Se = Se' * ka * kb * kc * kd * ke$$

$$Se = 327.5MPa * 0.548 * 0,89 * 1 * 1 * 1$$

$$Se = 159.73 MPa$$

**Factor de seguridad:** donde  $(\tau_c)$  se obtiene de (Ecu.13)

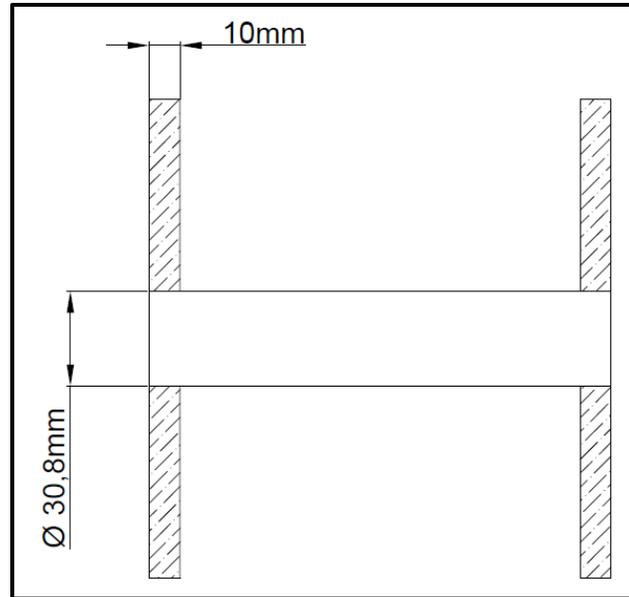
$$n = \frac{Se}{\tau_c} \tag{Ecu.24}$$

$$n = \frac{159.73MPa}{116,81MPa}$$

$$n = 1,37$$

#### 3.1.4 Cálculo del pasador del seccionador

El pasador soportara esfuerzos cortantes, y de aplastamiento en la placa cuyo espesor es de 10mm de acero ASTM A36, por eso se ha seleccionado un eje de transmisión SAE 1045 cuyas dimensiones se observan en la figura (18).

**Figura 18***Pasador del seccionador*

Nota: Elaborado en el software AutoCAD 2014

Sumatoria de fuerzas

$$\sum F_y = 0 \quad (\text{Ecu.25})$$

$$F_y - A_y = 0$$

$$A_y = F_y$$

$$A_y = 80358.82 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 \quad (\text{Ecu.26})$$

$$B - F_x - A_x = 0$$

$$A_x = 377718.25N$$

Cálculo de fuerza A

$$A = \sqrt{A_y^2 + A_x^2}$$

$$A = 88804.55N$$

Cálculo del área del pasador

$$A_{ps} = \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{Ecu.27})$$

$$A_{ps} = \frac{\pi(30.80mm)^2}{4}$$

$$A_{ps} = 745.06mm^2$$

**Esfuerzo cortante:** (Ecu.28)

$$\tau_{ps} = \frac{A}{2A_{ps}}$$

$$\tau_{ps} = \frac{88804.55N}{2(745.06mm^2)}$$

$$\tau_{ps} = 59.59MPa$$

**Esfuerzo permisible** (Ecu.29)

$$\sigma_p = 0,4(S_y)$$

$$\sigma_p = 0,4(413)$$

$$\sigma_p = 165.20MPa$$

**Factor de seguridad**

$$n = \frac{\sigma_p}{\tau_{ps}}$$

(Ecu.30)

$$n = \frac{165.20MPa}{59.59MPa}$$

$$n = 2.77$$

**Esfuerzo por aplastamiento**

(Ecu.31)

Área de la sección afectada

$$Ab = D * e$$

$$Ab = 30.8mm * 10mm$$

$$Ab = 308mm^2$$

$$\sigma_b = \frac{A}{2Ab}$$

(Ecu.32)

$$\sigma_b = \frac{A}{2Ab}$$

$$\sigma_b = \frac{88804.55N}{2(308mm^2)}$$

$$\sigma_b = 144.16MPa$$

**Esfuerzo permisible**

(Ecu.33)

$$\sigma_{perm} = 0.9(S_y)$$

$$\sigma_{perm} = 0.9(248.04)$$

$$\sigma_{perm} = 223.24MPa$$

**Factor de seguridad**

$$n = \frac{\sigma_p}{\tau_{ps}}$$

(Ecu.34)

$$n = \frac{223.24MPa}{144.16MPa}$$

$$n = 1.55$$

### **Esfuerzo por fatiga**

El material del pasador tiene las mismas características de acabado superficial, condición de carga y temperatura del pasador anterior, por lo tanto:

$$Se' = 327.5 MPa$$

$$ka = 0,548$$

$$kc = 1$$

$$kd = 1$$

$$ke = 1.$$

Calculamos del factor de tamaño considerando que tenemos un diámetro de 30.8mm (ver anexo 3.4).

$$kb = 1,24(d)^{-0.107} \tag{Ecu.35}$$

$$kb = 1,24(30.8)^{-0.107}$$

$$kb = 0,86$$

Entonces (Se):

$$Se = Se' * ka * kb * kc * kd * ke \tag{Ecu.36}$$

$$S_e = 327.5MPa * 0.548 * 0,86 * 1 * 1 * 1$$

$$S_e = 154.34 MPa$$

**Factor de seguridad:** donde ( $\tau_{ps}$ ) se obtiene de (Ecu.28)

$$n = \frac{S_e}{\tau_{ps}} \quad (\text{Ecu.37})$$

$$n = \frac{154.34MPa}{59.59MPa}$$

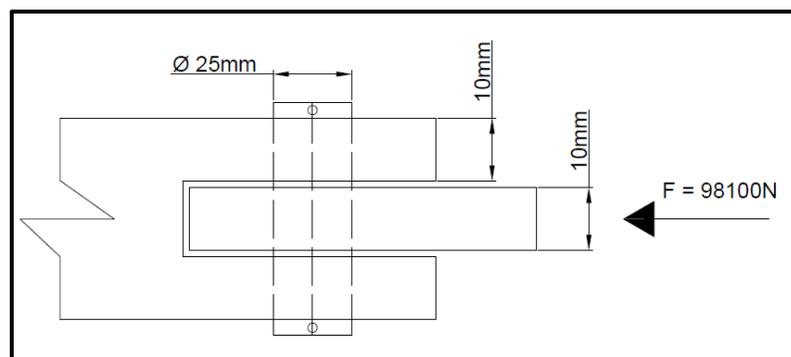
$$n = 2.59$$

3.2 Diseño del pasador del cilindro hidráulico. – Este pasador se somete a la fuerza que recibe del cilindro hidráulico como se muestra en la figura (19).

El pasador será un eje de transmisión SAE 1045 con un diámetro de 25mm cuyas características del material se detallan en el ítem 3.1.3.

**Figura 19**

*Pasador del cilindro hidráulico*



Nota: Elaborado en el software AutoCAD 2014

Área del pasador

$$Ac = \frac{\pi * d^2}{4} \quad (\text{Ecu.38})$$

$$Ac = \frac{\pi * 25^2}{4}$$

$$Ac = 490.87 \text{mm}^2$$

**Esfuerzo cortante ( $\tau$ )**

$$\tau_{ph} = \frac{F}{2 * Ac} \quad (\text{Ecu.39})$$

$$\tau_{ph} = \frac{98100N}{2 * 490,87 \text{mm}^2}$$

$$\tau_{ph} = 99,92 \text{MPa}$$

**Factor de seguridad:** donde  $\tau_{perm} = 165,2 \text{MPa}$

$$n = \frac{\tau_{perm}}{\tau_{ph}} \quad (\text{Ecu.40})$$

$$n = \frac{165,2 \text{MPa}}{99,92 \text{MPa}}$$

$$n = 1.65$$

**Esfuerzo por aplastamiento ( $\sigma_b$ )**

Área de la sección afectada

$$Ab = D * e$$

$$(\text{Ecu.41})$$

$$Ab = 25mm * 30mm$$

$$Ab = 750mm^2$$

$$(\sigma b) = \frac{F}{Ab} \quad (\text{Ecu.42})$$

$$(\sigma b) = \frac{98100N}{2(750mm^2)}$$

$$(\sigma b) = 65.4 MPa$$

$$\text{Factor de seguridad con } \sigma_{per} = 223,236MPa \quad (\text{Ecu.43})$$

$$n = \frac{\sigma_{per}}{\sigma b}$$

$$n = \frac{223.236MPa}{65.5MPa}$$

$$n = 3.41$$

### Esfuerzo por fatiga

El material del pasador tiene las mismas características de acabado superficial, condición de carga y temperatura del pasador anterior, por lo tanto:

$$Se' = 327.5 MPa$$

$$ka = 0,548$$

$$kc = 1$$

$$kd = 1$$

$$k_e = 1.$$

Calculamos del factor de tamaño considerando que tenemos un diámetro de 25mm (ver anexo 3.4).

$$k_b = 1,24(d)^{-0.107} \quad (\text{Ecu. 44})$$

$$k_b = 1,24(25)^{-0.107}$$

$$k_b = 0,879$$

Entonces se calcula (Se):

$$S_e = S_e' * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e \quad (\text{Ecu. 45})$$

$$S_e = 327.5MPa * 0.548 * 0,88 * 1 * 1 * 1$$

$$S_e = 157.75 MPa$$

### Factor de seguridad

$$n = \frac{S_e}{\tau} \quad (\text{Ecu.46})$$

$$n = \frac{157.75MPa}{99,92MPa}$$

$$n = 1.58$$

### 3.3 Diseño del brazo horizontal o base

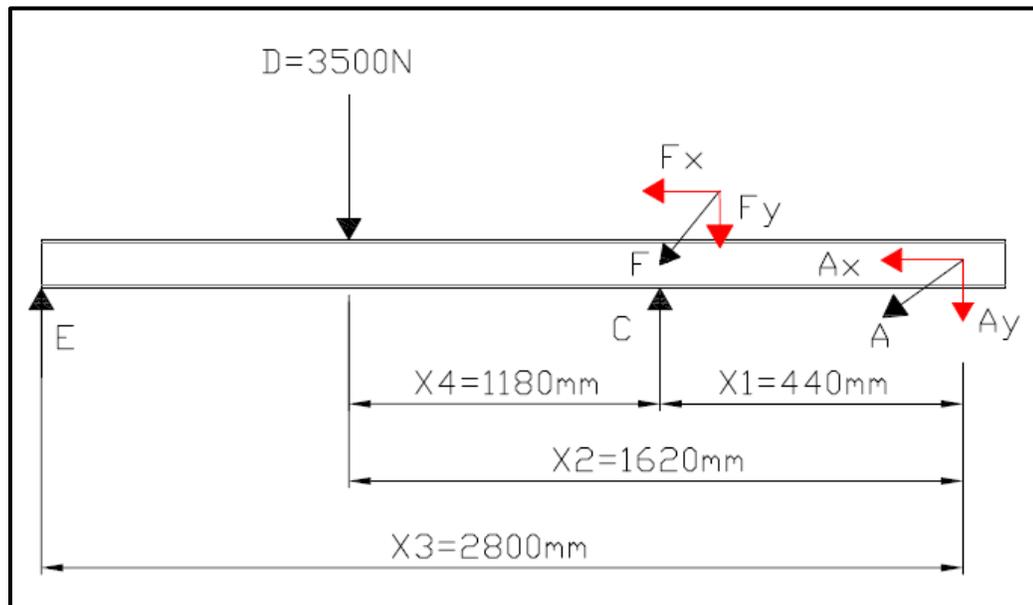
Realizando un diagrama de cuerpo libre del brazo horizontal o base que se puede observar en la figura (20).

Para su construcción se empleará estructuras de acero ASTM A36 cuya resistencia a la fluencia es 36ksi (ver anexo 3.1) con espesor de 6mm, la sección será de forma rectangular,

además se consideró el peso bruto de 3.5 toneladas siendo este el peso máximo de vehículos livianos según el reglamento a la ley de camiones de la república del Ecuador.

**Figura 20**

*Representación de fuerzas del brazo horizontal o base*



Nota: Elaborado en el software AutoCAD 2014

Sumatoria de momentos

$$\sum M_{\vec{C}} = 0 \quad (\text{Ecu.47})$$

$$-(A_y * (-X_1)) + (D * X_4) - (E * X_5) = 0$$

$$-(80358.82N * 0.44m) + (3500N * 1.18m) - (E * 2.36m) = 0$$

$$(35357.88Nm) + (4130Nm) - (2.36m * E) = 0$$

$$39487.88Nm = 2.36m * E$$

$$E = 16732.15N$$

**Momento flexionante máximo.**

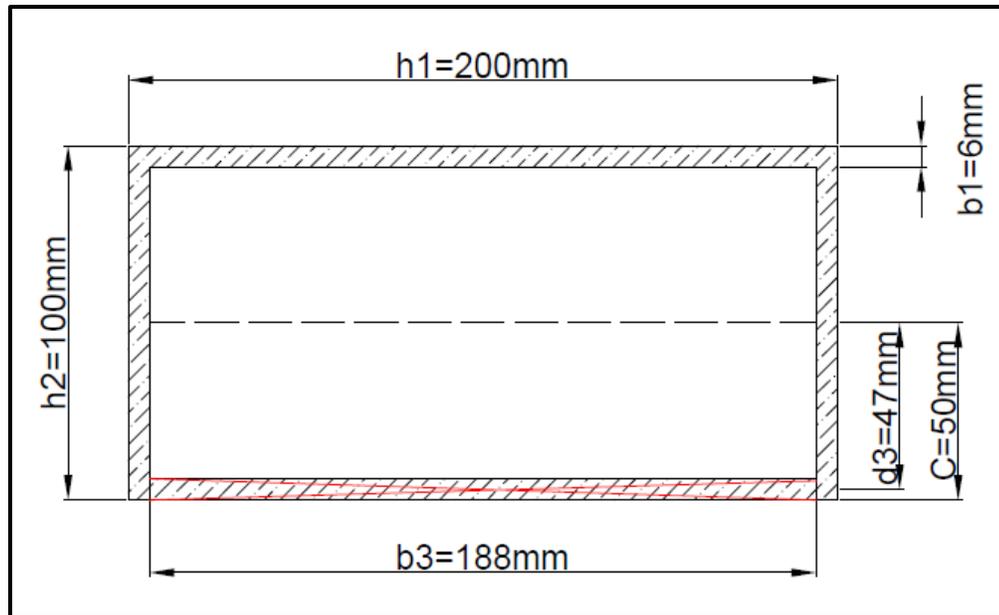
$$M_{max} = E * X_3 \quad (\text{Ecu.48})$$

$$M_{max} = 16732.15N * 2.80m$$

$$M_{max} = 46850.02 Nm$$

**Figura 21**

*Sección del brazo horizontal o base*



Nota: Elaborado en el software AutoCAD 2014

En base a los datos de la figura (21) se realizan los siguientes cálculos.

Área de la sección

$$A_3 = b_1 * b_3 \quad (\text{Ecu.49})$$

$$A_3 = 6mm * 188mm$$

$$A_3 = 1128mm^2$$

**Momento de inercia**

$$Ix_T = 2(Ix_1) + 2(Ix_3) \quad (\text{Ecu.50})$$

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

$$Ix_T = 2\left(\frac{6\text{mm} * (200\text{mm})^3}{12}\right) + 2\left(\left(\frac{188\text{mm} * (6\text{mm})^3}{3}\right) + 1128\text{mm}^2 * (47\text{mm})^2\right)$$

$$Ix_T = 13010576 \text{ mm}^4$$

$$Ix_T = 13.01 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

**Esfuerzo flexionante**

(Ecu.51)

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

$$\sigma_f = \frac{46850.02 \text{ Nm} * 0.05 \text{ m}}{13.01 \times 10^{-6} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_f = 180.05 \text{ MPa}$$

**Factor de seguridad**

(Ecu.52)

$$n = \frac{S_y}{\sigma_f}$$

$$n = \frac{248.04 \text{ MPa}}{180.05 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.38$$

## 3.3.1 Cálculo del pasador del brazo

El pasador soportara esfuerzos cortantes y de aplastamiento en la placa, por eso se ha seleccionado un eje de transmisión SAE 1045 cuyas propiedades se muestran en la tabla 3

**Tabla 3**

*Propiedades del acero SAE 1045*

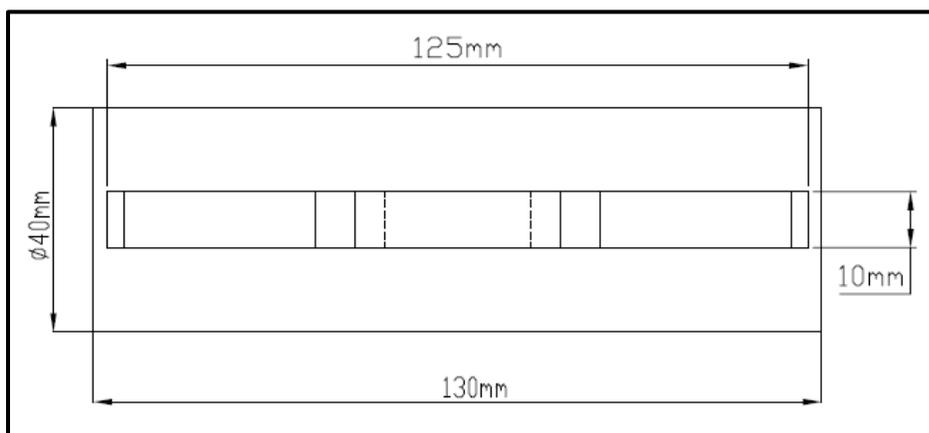
Propiedades	Laminado en caliente	Normalizado	Recocido
Resistencia a la tracción MPa	655	655	620
Punto de fluencia MPa	413	413	379
% de elongación	23	23	26
% de reducción de área	44	45	53
Dureza Brinell (3000 Kg)	190	190	180

Nota: (Cia General de Aceros S.A, 2007)

En la figura (22) se puede observar las dimensiones del pasador a calcular.

**Figura 22**

*Pasador del brazo horizontal o base*



Nota: Elaborado en el software AutoCAD 2014

Cálculo del área transversal

$$A_p = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (\text{Ecu.53})$$

$$A_p = \pi \left(\frac{40\text{mm}}{2}\right)^2$$

$$A_p = 1256.64 \text{ mm}^2$$

**Esfuerzo cortante**

$$\tau_{pt} = \frac{F}{2A_p} \quad (\text{Ecu.54})$$

$$\tau_{pt} = \frac{981005 \text{ N}}{(1256.64 \text{ mm}^2)}$$

$$\tau_{pt} = 78.07 \text{ MPa}$$

Donde:

F=Fuerza cortante

**Esfuerzo permisible:** actuará a un 40% de su capacidad.

$$\tau_{perm} = 0.4(S_y) \quad (\text{Ecu.55})$$

$$\tau_{perm} = 0.4(413)$$

$$\tau_{perm} = 165.2 \text{ MPa}$$

**Factor de seguridad** (Ecu.56)

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

$$n = \frac{165.2}{78.07}$$

$$n = 2.11$$

### **Esfuerzo por aplastamiento**

Área de la sección afectada

$$Ab = D * e \tag{Ecu.57}$$

$$Ab = 40mm * 125mm$$

$$Ab = 5000mm^2$$

$$\sigma_b = \frac{F}{Ab} \tag{Ecu. 58}$$

$$\sigma_b = \frac{98100N}{5000mm^2}$$

$$\sigma_b = 19.62 \text{ MPa}$$

**Esfuerzo permisible por aplastamiento:** se considera que este trabajara a un 90%.

$$\sigma_{per} = 0,9(Sy) \tag{Ecu.59}$$

$$\sigma_{per} = 0,9(248,04)$$

$$\sigma_{per} = 223.236MPa$$

**Factor de seguridad** (Ecu.60)

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

$$n = \frac{223.236MPa}{19.62MPa}$$

$$n = 11.38$$

### Esfuerzo por fatiga

El material del pasador tiene las mismas características de acabado superficial, condición de carga y temperatura de los pasadores anteriores, por lo tanto:

$$Se' = 327.5 \text{ MPa}$$

$$ka = 0,548$$

$$kc = 1$$

$$kd = 1$$

$$ke = 1.$$

Calculamos del factor de tamaño considerando que tenemos un diámetro de 25mm (ver anexo 3.4).

$$kb = 1,24(d)^{-0.107} \quad (\text{Ecu. 61})$$

$$kb = 1,24(40)^{-0.107}$$

$$kb = 0,836$$

Entonces se calcula (Se):

$$Se = Se' * ka * kb * kc * kd * ke \quad (\text{Ecu.62})$$

$$Se = 327.5 \text{ MPa} * 0.548 * 0,836 * 1 * 1 * 1$$

$$Se = 150.04 \text{ MPa}$$

### Factor de seguridad

$$n = \frac{Se}{\tau} \quad (\text{Ecu.63})$$

$$n = \frac{150.04\text{MPa}}{78.07\text{MPa}}$$

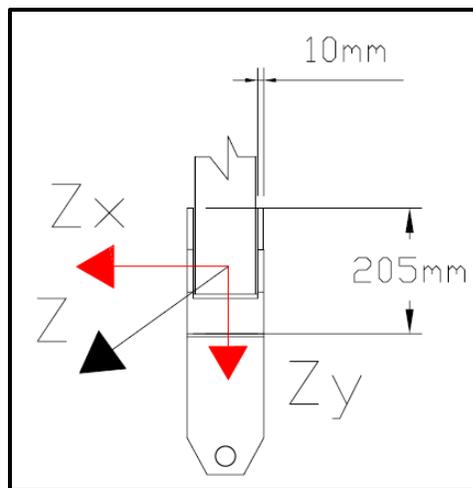
$$n = 1.92$$

### 3.4 Diseño del seleccionador

El seccionador está sometido a un esfuerzo cortante provocado por la fuerza Z de 37798.25N señalada en la figura (23).

**Figura 23**

*Reacción de fuerzas en el seccionador*



Nota: Elaborado en el software AutoCAD 2014

#### **Cálculo del área**

$$A_s = e * L \quad (\text{Ecu.64})$$

$$A_s = 10\text{mm} * 205\text{mm}$$

$$A_s = 2050\text{mm}^2$$

**Cálculo del esfuerzo cortante**

(Ecu.65)

$$\tau_c = \frac{Z}{A_s}$$

$$\tau_c = \frac{37798.25N}{2050mm^2}$$

$$\tau_c = 18.44 MPa$$

**Factor de seguridad**

$$n = \frac{S_y}{\tau} \quad (Ecu.66)$$

$$n = \frac{248.04 MPa}{18.44 MPa}$$

$$n = 13.45$$

**3.5 Cálculo de la soldadura**

El alambre empleado es tubular rutílico con fundente para MIG cuyas características se pueden observar en el anexo (3.7), cuya garganta (h) es de 10mm. Se analiza la soldadura a torsión porque la fuerza por la distancia genera un momento con respecto al centro de la placa.

En el anexo (3.8) se detalla las propiedades de la soldadura de filete para los cálculos que se desarrollan a continuación.

Resistencia cortante

$$S_{sy} = 0.577 * S_y \quad (Ecu.67)$$

$$S_{sy} = 0.577 * 517 MPa$$

$$S_{sy} = 298.31MPa$$

Área de la garganta

$$A_g = 1.414 * h(b + d) \quad (\text{Ecu.68})$$

$$A_g = 1.414 * 10\text{mm}(190\text{mm} + 80\text{mm})$$

$$A_g = 3817.8 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo cortante primario (Ecu.69)

$$\tau'_c = \frac{F}{A_g}$$

$$\tau'_c = \frac{98100\text{N}}{3817.8\text{mm}^2}$$

$$\tau'_c = 25.70\text{MPa}$$

Factor de seguridad en la soldadura (Ecu.70)

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau'_c}$$

$$n = \frac{298.31}{25.70}$$

$$n = 11.61$$

### 3.6 Cálculo de las ruedas del DOZER

Las ruedas seleccionadas deberán soportar el peso del DOZER y además permitir la movilidad del mismo sin ningún tipo de inconveniente es por eso que se ha elegido como material el Poliuretano cuya resistencia a la fluencia es de  $130\text{kg}/\text{cm}^2$  es decir  $12.75\text{MPa}$ .

Peso de la torre o brazo vertical (Ver anexo 3.8)

$$W_1 = (W) * (L)$$

(Ecu.71)

$$W_1 = (21.69kg/m)(1.33m)$$

$$W_1 = 28.85 Kg$$

Peso del brazo horizontal o base (Ver anexo 3.9)

$$W_2 = (W) * (L)$$

(Ecu.72)

$$W_2 = (26.40kg/m)(2.93m)$$

$$W_2 = 77.35 Kg$$

$$W_T = W_1 + W_2$$

(Ecu.73)

$$W_T = 28.85 Kg + 77.35 Kg$$

$$W_T = 106.20 Kg$$

### 3.6.1 Calculo del eje de las llantas

$$A_{eje} = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \quad (\text{Ecu.74})$$

$$A_{eje} = \pi \left( \frac{10mm}{2} \right)^2$$

$$A_{eje} = 78.53 mm^2$$

$$\tau_e = \frac{W}{A_{eje}} \quad (\text{Ecu.75})$$

$$\tau_e = \frac{1040.76N}{(78.53 \text{ mm}^2)}$$

$$\tau_e = 13.25 \text{ MPa}$$

Donde:

w= Peso de la base

Aeje= Área transversal

**Esfuerzo permisible:** actuará a un 40% de su capacidad.

$$\tau_{perm} = 0.4(Sy) \tag{Ecu.76}$$

$$\tau_{perm} = 0.4(413)$$

$$\tau_{perm} = 165.2 \text{ MPa}$$

**Factor de seguridad (n)** (Ecu.77)

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

$$n = \frac{165.2 \text{ MPa}}{13.25 \text{ MPa}}$$

$$n = 12.47$$

**Esfuerzo por aplastamiento**

$$C = 2a + b \tag{Ecu.78}$$

$$C = 2(7.94) + 64.12$$

$$C = 80 \text{ mm}^2$$

$$Ab = D * C \quad (\text{Ecu.79})$$

$$Ab = 10\text{mm} * 80\text{mm}$$

$$Ab = 800\text{mm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{W}{Ab} \quad (\text{Ecu. 80})$$

$$\sigma_b = \frac{1040.76\text{N}}{800\text{mm}^2}$$

$$\sigma_b = 1.30 \text{ MPa}$$

**Esfuerzo permisible por aplastamiento:** se considera que este trabajara a un 90%.

$$\sigma_{per} = 0,9(Sy) \quad (\text{Ecu.81})$$

$$\sigma_{per} = 0,9(248,04)$$

$$\sigma_{per} = 223.236\text{MPa}$$

$$\text{Factor de seguridad} \quad (\text{Ecu.82})$$

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

$$n = \frac{223.236\text{MPa}}{1.30\text{MPa}}$$

$$n = 171.72$$

#### **Cálculo del esfuerzo por fatiga**

El material del pasador tiene las mismas características de acabado superficial, condición de carga y temperatura de los pasadores anteriores, por lo tanto:

$$Se' = 327.5 \text{ MPa}$$

$$ka = 0,548$$

$$kc = 1$$

$$kd = 1$$

$$ke = 1.$$

Calculamos del factor de tamaño considerando que tenemos un diámetro de 10mm (ver anexo 3.4).

$$kb = 1,24(d)^{-0.107} \quad (\text{Ecu.83})$$

$$kb = 1,24(10)^{-0.107}$$

$$kb = 0,97$$

Entonces se calcula (Se):

$$Se = Se' * ka * kb * kc * kd * ke \quad (\text{Ecu.84})$$

$$Se = 327.5MPa * 0.548 * 0,97 * 1 * 1 * 1$$

$$Se = 174.04 MPa$$

### **Factor de seguridad**

$$n = \frac{Se}{\tau} \quad (\text{Ecu.85})$$

$$n = \frac{174.09MPa}{13.25MPa}$$

$$n = 13.14$$

## CAPÍTULO IV

### 4. ENSAMBLADO DEL DOZER DE ENDEREZADA

En este capítulo se detallan paso a paso las actividades desde el trazado hasta el acabado final para lograr el conjunto diseñado y los procesos que se requieren para construir cada componente del equipo con los materiales seleccionados en el capítulo anterior.

#### Figura 24

*Equipo Dozer*



Nota: Dozer con estructura en L

El equipo Dozer está compuesto principalmente por una torre y base, formando un brazo en "L" como se muestra en la figura (24). El material principal de construcción es el tubo estructural de acero ASTM A36 con espesor de 6mm cuyas dimensiones se representan en los planos.

#### 4.1. Proceso de construcción

- Trazado de los planos realizados en el proceso de proyección: esto se realiza mediante guías, punta de trazar y compas con fin de posteriormente efectuar los procesos mecánicos en el tubo estructural y planchas de acero ASTM A36, y ejes de acero SAE 1045.
- Cortado: se realiza el proceso mecánico mediante una sierra eléctrica asegurándonos que la pieza este fija y sujeta, para no tener daños en la pieza a cortar o en la herramienta de trabajo, además con la aplicación de refrigerante se asegura que el calor producido por el corte no afecte a las piezas.
- Perforado: este tipo de proceso se lo realiza con taladro de pedestal en las secciones pequeñas como placas de apoyo del cilindro y base, en las secciones grandes como las del seccionador la torre y base se utiliza el torno.
- Soldadura: como se menciona en el capítulo de proyección se utiliza la suelda MIG en la unión de las guías de cadena y placas de soporte del cilindro hidráulico para garantizar sujeción y evitar la unión entre cordones de soldadura ya que el quipo estará expuesto a fuerzas de tensión.
- Ensamblado: es importante mencionar que no se requiere de muchos implementos para realizarlo, pero para que el equipo funcione correctamente se deben utilizar las herramientas adecuadas como por ejemplo en las piezas que están en constante movimiento de rotación se debe colocar grasa lubricante para evitar el rápido desgaste, para la sujeción de las piezas se utiliza binchas y pernos que son colocados aplicando la fuerza necesaria.
- Verificación: finalmente se realiza un control de funcionamiento que se describirá a continuación.

#### 4.2 Ensayo del Dozer de enderezado. -

Se comprobó la funcionalidad, la eficacia de operación y seguridad del operador, basándose en realizar ensayos con cada elemento y aplicando cargas reales.

Además, se realizará algunas pruebas con vehículos de diferentes características y se procederá a enderezar un compacto del vehículo Chevrolet Zafira modelo 2005 comprobando la capacidad del brazo hidráulico y la resistencia de los elementos en general. También se detalla algunas advertencias y cuidados que se deben tener en cuenta al momento de operar el equipo.

4.2.1 Pruebas del Dozer: se realizaron varias pruebas para comprobar su eficacia y deficiencias de operación como:

- a) Pruebas de fijación del Dozer. - se debe considerar si el vehículo es de chasis independiente o compacto, una vez identificado el tipo de chasis se debe sujetar la base del Dozer al puente del chasis o al puente de transmisión según sea el caso mediante cadenas y pernos como se muestra en figura (25).

#### **Figura 25**

*Sujeción del Dozer al vehículo*



Nota: Sujeción mediante cadenas al chasis del vehículo

- b) Prueba de sujeción de la cadena. - para realizar la sujeción de la cadena a la parte afectada se utilizó una cadena, un perno con su tuerca y placas con la finalidad de poder colocar el gancho de la cadena principal y obtener mayor seguridad como se puede observar en la figura (26).

**Figura 26**

*Sujeción de la cadena*



Nota: Cadena de tensión al vehículo

- c) Prueba de enderezado en el Dozer. - Para el ensayo se dispone de un vehículo de marca Chevrolet, modelo Zafira año 2005, el cual ha sufrido un impacto en la estructura y compacto de la parte posterior, tal como se muestra en la figura (27).

**Figura 27**

*Impacto Chevrolet Zafira*



Nota: Zona del vehículo a enderezar

Con la inspección visual podemos saber que la parte posterior del vehículo resulto comprimida, por lo tanto, se ubica al brazo de tiro en sentido opuesto al daño y mediante la cadena procedemos a corregir las cotas obtenidas.

Antes de realizar cualquier operación se debe verificar que la parte afectada del vehículo quede centrado con el Dozer.

**Figura 28**

*Tensión mediante el Dozer*



Nota: Proceso de tensión/ enderezado

Para la comprobación de la reparación, las medidas de los laterales se tomaron desde el filo de las puertas traseras hasta la parte posterior y para la parte central se considera el asiento trasero hasta el panel posterior obteniendo las siguientes cotas:

**Tabla 4**

*Medidas del impacto y el tensado*

	Medidas del impacto	Medidas obtenidas
Parte posterior izquierda	68.5cm	85cm
Parte posterior derecha	75cm	90cm
Parte posterior central	13cm	23cm

Nota: resultados obtenidos antes y después de enderezado

4.2.2 Seguridad de operación. - La mayoría de accidentes en máquinas se pueden prevenir si se tiene en cuenta todas las precauciones en momento de utilizar el equipo.

Precauciones a tomar:

- Se debe ubicar correctamente los pasadores que unen a las piezas que forman parte del Dozer.
- Asegurarse que el Dozer esté completamente asentada al piso en el momento de ingresar el vehículo para evitar el desequilibrio.
- Colocar los topes de seguridad para las ruedas del vehículo.
- No exceder la capacidad del cilindro hidráulico (10T) en el momento de trabajar.
- No ubicarse detrás de la torre del Dozer cuando esté operando la bomba manual hidráulica.
- No tocar la cadena cuando este tensada.

- Verificar el ajuste y nivel de las mordazas.
- Liberar lentamente la presión del cilindro hidráulico.
- No golpear la torre al momento de templar, para evitar daños en el cilindro hidráulico.

4.2.3 Mantenimiento del Dozer de enderezado. - La duración del equipo depende de los cuidados y el aplicar correctamente los mantenimientos que se señalan a continuación.

- Mantenimiento correctivo: se lo realizará cuando el equipo necesite de una reparación ya sea por uso o por el desgaste de su material. En cuanto se planifique el mantenimiento se debe realizar el cambio o reparación de la pieza afectada cuando el equipo no esté expuesto algún esfuerzo de trabajo.
- Mantenimiento preventivo: se debe considerar el agotamiento del equipo y realizar el mantenimiento pertinente con la finalidad de no requerir una planificación de mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento predictivo: se debe realizar la inspección permanente del equipo considerando los posibles daños a ocurrir para ello es necesario saber los parámetros con los que trabaja el Dozer. Las partes que requieren mantenimiento periódico son los elementos de rodadura de la torre con la base y el cilindro hidráulico con el fin de disminuir la fricción y garantizar una rodadura suave.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se pudo comprobar que las dimensiones seleccionadas del Dozer son adecuadas para vehículos autoportantes o compactos de hasta un peso máximo de 3.5 toneladas y se puede utilizar el equipo en vehículos de chasis únicamente para enderezar la carrocería sin superar el peso recomendado.
- Con las pruebas de resistencia efectuadas no se obtuvo ninguna falla en los elementos del equipo por lo tanto se pudo comprobar que los factores de seguridad calculados para 10 toneladas son los adecuados.
- Mediante las pruebas realizadas para su correcto funcionamiento, se comprobó que las placas soldadas no presentaron fallas ni fisuras en el cordón de soldadura, además el cilindro hidráulico no presentó problemas al momento de realizar la carga.

#### 5.2. Recomendaciones

- El uso del equipo Dozer ayuda a que el técnico enderezador disminuya el tiempo en relación al enderezado manual, además de brindarle mayor seguridad en el proceso.
- En caso de que el vehículo no disponga el soporte de las llantas, se podrá mejorar el sistema de sujeción a través de caballetes con mordazas, permitiendo la inmovilidad del mismo para un trabajo seguro.
- Para optimizar el Dozer sería favorable la construcción de un mecanismo de elevación que permita el fácil acceso en la toma de las medidas necesarias y por ende al técnico enderezador.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2002). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley Octava Edición*.

México : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Recuperado el 15 de Abril de 2020.

Carbone Professional Welding. (s.f.). *Rollos de alambre para soldadura*. Obtenido de

<https://www.empresascarbhone.com>. Recuperado el 8 de Junio de 2020.

Casajús, L. (Octubre/Diciembre de 2009). *Reparabilidad de las carrocerías: Métodos de unión*.

Obtenido de [www.centro-zaragoza.com](http://www.centro-zaragoza.com): [http://www.centro-](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R42_A1.pdf)

[zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R42\\_A1.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R42_A1.pdf)

f Recuperado el 18 de Abril de 2020.

Centro Europeo del Automovil. (s.f.). *CEA*. Obtenido de Seguridad activa y pasiva del vehículo:

<https://www.cea-online.es/blog/128-seguridad-activa-y-pasiva-del-vehiculo>.

Recuperado el 16 de Abril de 2020.

Cia General de Aceros S.A. (Marzo de 2007). *SAE 1020 Y SAE 1045*. Obtenido de Aceros

ingeniería al carbono:

[https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinL](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2)

[ibardo2013Anexos.pdf?sequence=2](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2) Recuperado el 27 de Abril de 2020.

De Castro, M. A. (1988). *Carrocería y pintura, 1ra. Edición*. España: CEAC, SA. Recuperado el 10

de Abril de 2020.

Deroche, A. G. (1994). *Manual de Reparacion y Repintado de Carrocerias Automotrices QUINTA EDICION*. Mexico: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A. Recuperado el 19 de Abril de 2020.

Gil, H. (2001). BIBLIOTECA DE CARRICERIAS Y PINTURA. En H. Gil, *Carrocería: verificación y reparación* (pág. 28). Barcelona: Grupo Editorial Ceac. Recuperado el 19 de Abril de 2020.

IMPORT ACEROS. (s.f.). *Catalogo estructuras metalicas*. Obtenido de <https://www.importaceros.com/tuberias>. Recuperado el 27 de Abril de 2020.

NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION . (Diciembre de 2014). *Ministerio de desarrollo urbano y vivienda* . Obtenido de Estructuras de acero: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-AC-Estructuras-de-Acero.pdf>. Recuperado el 20 de Abril de 2020. Recuperado el 22 de Junio de 2020.

Peña, F. A. (s.f.). *Metodos de union empleados en carrocerias* . *CESVIMAP*, 7-12. Recuperado el 20 de Abril de 2020.

# ANEXOS