

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“ADECUACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE UNA  
TOLVA SEMIROQUERA DE 15MC Y EL MONTAJE  
SOBRE UN CHASIS VOLVO FMX440 6x4 O SCANIA  
P420 6X4. EMPRESA RMB SATECI S.A.C”**

**INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL PARA OPTAR  
EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**LEONARDO MANRIQUE MORAN**

**Callao, Mayo, 2017**

**PERÚ**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

**I CURSO TALLER DE TITULACIÓN PROFESIONAL POR INFORME DE  
EXPERIENCIA LABORAL**

**ACTA DE EXPOSICIÓN DE INFORME FINAL DE EXPERIENCIA LABORAL**

Siendo, las 15:00 horas del día 09 de junio del 2017 en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del Jurado Revisor y Evaluador de la Exposición de los Informes Finales de Experiencia Laboral del I Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral Designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 084-2017-CF-FIME de fecha 23.05.17, conformado por los siguientes docentes:

Presidente : Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO  
Secretario : Ing. VICTORIANO SÁNCHEZ VALVERDE  
Vocal : Ing. EMILIANO LOAYZA HUAMÁN

Asimismo, contamos con la presencia de la Dra. Ana Mercedes León Zárate – Vicerrectora de Investigación de la Universidad Nacional del Callao (Supervisora General), Dr. José Hugo Tezén Campos – Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Supervisor de la Facultad), y el Lic. Rogelio Efrén Cerna Reyes - Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos);

De acuerdo a lo señalado en el Capítulo X, numeral 10.1 de la "Directiva para la Titulación Profesional Modalidad por Informe de Experiencia Laboral con Curso Taller de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao", aprobada por Resolución de Consejo de Facultad N° 025-2017-CF-FIME de fecha 19.01.17;

Se procede con el acto de exposición de Informe Final de Experiencia Laboral del I Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral, título: "ADECUACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE UNA TOLVA SEMIROQUERA DE 15MC Y EL MONTAJE SOBRE UN CHASIS VOLVO FMX440 6X4 O SCANIA P420 6X4. EMPRESA RMB SATECI S.A.C", presentado por el Bachiller MANRIQUE MORAN LEONARDO, contando el asesoramiento del Mg. MARTÍN TORIBIO SIHUAY FERNÁNDEZ.

Luego de la exposición correspondiente y de absolver las preguntas formuladas por los miembros del Jurado de Exposición, se procede a la deliberación en privado respecto a la evaluación;

Este jurado acordó calificar al Sr. Bachiller **MANRIQUE MORAN LEONARDO**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Mecánico** por la modalidad de Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se detalla:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
15(QUINCE)	BUENO

Con lo que se da por concluido el acto, siendo las 15:20 horas del día viernes 09 de junio del 2017

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO  
PRESIDENTE DE JURADO EVALUADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

Ing. VICTORIANO SÁNCHEZ VALVERDE  
SECRETARIO DE JURADO EVALUADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

Ing. EMILIANO LOAYZA HUAMÁN  
VOCAL DE JURADO EVALUADOR

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado la existencia.

A mis padres Leonardo y Margarita, por enseñarme a esforzarme cada día.

A mis hermanos Javier, Ramiro, Wilber, Jorge e Isabel, por apoyarme.

A mi esposa Jessica por animarme todo el tiempo.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento a la FIME-UNAC, por haberme dado la oportunidad de ingresar y cumplir mis objetivos.

A todos los docentes de la FIME-UNAC, que gracias a sus enseñanzas seguimos empujando la ingeniería mecánica en el Perú y el mundo.

Un agradecimiento especial a mis padres, hermanos y esposa de los cuales siempre recibí su apoyo.

Finalmente a todas aquellas personas, amigos, colegas que brindaron su apoyo, tiempo e información para el logro de mis objetivos.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>I. OBJETIVOS</b> .....	8
1.1. <b>Objetivo general</b> .....	8
1.2. <b>Objetivos específicos</b> .....	8
<b>II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN</b> .....	9
<b>III. ACTIVIDADES DESARROLLADOS POR LA EMPRESA</b> .....	12
<b>IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA</b> .	13
4.1. Descripción del Tema .....	13
4.2. Antecedentes .....	13
4.3. Planteamiento del problema .....	15
4.4. Justificación.....	15
4.5. Marco teórico .....	16
4.5.1. Leyes y principios de la mecánica .....	16
4.5.2. Fuerzas en los puntos de apoyo.....	17
4.5.3. Definición de términos .....	18
4.5.4. Bastidores en los vehículos industriales.....	21
4.5.5. Tipos de tolvas.....	26
4.5.6. Descripción detallada de una tolva semiroquera .....	29
4.5.7. Definición de chasis.....	31
4.5.8. Definición de Camión .....	33
4.5.9. Sistemas de Descarga de volquetes .....	35
4.5.10. Materiales y procesos de fabricación de la tolva y chasis.....	37
4.5.11. Criterios de Adecuación y montaje de una tolva semiroquera.....	44
4.5.12. Descripción del Chasis.....	48
4.5.13. Cálculos de carrocería .....	48
4.5.14. Consideraciones para la elección del vehículo.....	48
4.5.15. Fijación del bastidor .....	53
4.5.16. Análisis de adecuación de tolva semiroquera N°1 sobre un chasis Scania P420 6x4. 58	
4.5.17. Análisis de adecuación de tolva semiroquera N°2 sobre un chasis Volvo Fmx 440 6x4.....	59

4.5.18. Adecuación Óptima de una tolva semiroquera de 15 m <sup>3</sup> para un chasis Volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4.....	61
4.5.19. Adecuación del sub bastidor según una tolva semiroquera de 15 m <sup>3</sup> para un chasis Volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4.....	65
4.5.20. Adecuación de autopartes de fijación y montaje de tolva semiroquera de 15 m <sup>3</sup> y sub bastidor para un chasis Volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4.....	67
4.6 Fases del proyecto .....	71
V. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICO .....	79
5.1 Evaluación Económica.....	79
5.2 Evaluación Técnico.....	81
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
VII. REFERENCIALES.....	85
VIII. ANEXOS Y PLANOS.....	86
Anexo 1 .....	86
Anexo 2 .....	87
Anexo 3 .....	89
Anexo 4 .....	93
Plano 1 .....	97

## LISTA DE TABLAS

TABLA N° 1 DISTANCIA DE SEPARACION DE CHASIS	Pág. 38
TABLA. N° 2 CARACTERISITICAS DE CALIDAD DE ACEROS	Pág.43
TABLA. N° 3 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36	Pág.43
TABLA. N° 4 PROPIEDADES MECANICAS DEL ACERO HARDOX	Pág.47
TABLA. N° 5 CUADRO DENSIDADES DE SUELOS NATURALES	Pág.50
TABLA. N° 6 CAPACIDADES DE CARGA DE CHASIS VOLVO Y SCANIA	Pág.52
TABLA. N° 7 CUADRO DE DIMENSIONES DEL CAMIÓN VOLVO FMX 440 6X4 Y SCANIA P420 6X4	Pág.53
TABLA. N° 8 ESPECIFICACIONES DE TOLVA N°1	Pág.62
TABLA. N° 9 ESPECIFICACIONES DE TOLVA N°1 Y CHASIS SCANIA P420 6x4	Pág.62
TABLA. N° 10 ESPECIFICACIONES DE TOLVA N°2	Pág.63
TABLA. N° 11 ESPECIFICACIONES DE TOLVA N°2 Y CHASIS VOLVO FMX 440 6x4	Pág.63
TABLA. N° 12 DIMENSIONES DE TOLVA N°1 Y N°2	Pág.64
TABLA. N° 13 ESPECIFICACIONES DE TOLVA ESTANDAR	Pág.65
TABLA. N° 14 ESPECIFICACIONES DE TOLVA Y CHASIS VOLVO	Pág.66
TABLA. N° 15 ESPECIFICACIONES DE TOLVA ESTANDAR	Pág.67
TABLA. N° 16 ESPECIFICACIONES DE TOLVA ESTANDAR Y CHASIS SCANIA	Pág.67
TABLA. N° 17 LISTADO DE AUTOPARTES DE FIJACIÓN DE SUB BASTIDOR	Pág.72
TABLA. N° 18 CUADRO DE PESOS DEL CHASIS VOLVO FMX 440 6x4	Pág.77
TABLA. N° 19 CUADRO DE PESOS DEL CHASIS SCANIA P420 6x4	Pág.78
TABLA. N° 20 CUADRO DE FASES DEL PROYECTO	Pág.81
TABLA N° 21 COSTES DE FABRICACIÓN	Pág.82
TABLA N° 22 COSTES DE MONTAJE	Pág.82
TABLA N° 23 COSTES DE SERVICIOS	Pág.83
TABLA N° 24 COSTES DE AUTOPARTES	Pág.83
TABLA N° 25 COSTES DE ACCESORIOS	Pág.83
TABLA N° 26 COSTES DE SISTEMA HIDRAULICO	Pág.84
TABLA N° 27 COSTES DE OFICINA TECNICA	Pág.84
TABLA N° 28 TIEMPOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UNA TOLVA SEMIROQUERA DE 15 m <sup>3</sup> NO ADECUADA	Pág.89
TABLA N° 29 TIEMPOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UNA TOLVA SEMIROQUERA DE 15 m <sup>3</sup> ADECUADA PARA EL MONTAJE SOBRE UN CHASIS VOLVO FMX 440 6X4 O SCANIA P420 6X4	Pág.89

## LISTA DE FIGURAS

FIG. N° 1 VISTA POSTERIOR DE CHASIS	Pág. 22
FIG. N° 2 BASTIDOR DOBLE T	Pág.24
FIG. N° 3 VISTA POSTERIO DE CHASIS SCANIA	Pág.25
FIG. N° 4 VISTA ISOMETRICA DE TOLVA SEMIROQUERA DE 15 MC	Pág.27
FIG. N° 5 VISTA LATERAL DE TOLVA SEMIREMOLQUE	Pág.29
FIG. N° 6 VISTA DEL FRONTAL DE TOLVA SEMIROQUERA	Pág.29
FIG. N° 7 VISTA DEL PISO DE TOLVA SEMIROQUERA	Pág.30
FIG. N° 8 VISTA DEL LATERAL DE TOLVA SEMIROQUERA	Pág.30
FIG. N° 9 VISTA DE LA COMPUERTA DE TOLVA SEMIROQUERA	Pág.31
FIG. N° 10 ESQUEMA DE CLASIFICACION DE CHASIS	Pág.32
FIG. N° 11 PARTES DEL CHASIS DE CAMIÓN	Pág.33
FIG. N° 12 PARTES DE UN VOLQUETE	Pág.34
FIG. N° 13 VISTA DE TOLVA Y CAMIÓN	Pág.36
FIG. N° 14 VISTA DE TOLVA DE VOLTEO LATERAL	Pág.37
FIG. N° 15 DIMENSIONAMIENTO GENERAL DE UN CAMIÓN	Pág.50
FIG. N° 16 DIMENSIONES DEL CAMIÓN VOLVO FMX 440 6X4	Pág.51
FIG. N° 17 DIMENSIONES DEL CAMIÓN SCANIA P420 6X4	Pág.51
FIG. N° 18 PARÁMETROS DE UBICACIÓN DE TOLVA SOBRE CHASIS VOLVO FMX 440 6X4	Pág.52
FIG. N° 19 PARÁMETROS DE UBICACIÓN DE TOLVA SOBRE CHASIS VOLVO FMX 440 6X4	Pág.52
FIG. N° 20 ALGORITMO DE ADECUACIÓN DIMENSIONAL DE TOLVA SEMIROQUERA	Pág. 54
FIG. N° 21 VISTA POSTERIOR DE CHASIS SCANIA P420 6x4	Pág.55
FIG. N° 22 DISTANCIAS A LA LÍNEA DEL EJE CENTRAL DE LA TOLVA N°1	Pág.58
FIG. N° 23 DISTANCIAS A LA LÍNEA DEL EJE CENTRAL DE LA TOLVA N°2	Pág.60
FIG. N° 24 UBICACIÓN DE MONTAJE DE TOLVA ESTANDAR EN CHASIS VOLVO FMX 440 6x4	Pág.62

FIG. N° 25 UBICACIÓN DE MONTAJE DE TOLVA ESTANDAR EN CHASIS SCANIA P420 6x4	Pág.63
FIG. N° 26 UBICACIÓN DE DIMENSIONES PARAMETRIZADAS DE UN SUB BASTIDOR	Pág.65
FIG. N° 27 UBICACIÓN DE DIMENSIONES PARAMETRIZADAS DE UN SUB BASTIDOR PARA CHASIS VOLVO FMX 440 6x4	Pág.66
FIG. N° 28 UBICACIÓN DE DIMENSIONES PARAMETRIZADAS DE UN SUB BASTIDOR PARA CHASIS SCANIA P420 6x4	Pág.67
FIG. N° 29 UBICACIÓN DE AUTOPARTES DE FIJACION DEL SUB BASTIDOR EN CHASIS SCANIA	Pág.68
FIG. N° 30 UBICACIÓN DE AUTOPARTES DE FIJACION DEL SUB BASTIDOR EN CHASIS VOLVO	Pág.68
FIG. N° 31 TOLVA ESTANDAR PIVOTEADA SOBRE CHASIS VOLVO FMX 440 6x4	Pág.69
FIG. N° 32 TOLVA ESTANDAR PIVOTEADA SOBRE CHASIS SCANIA P420 6x4	Pág.70
FIG. N° 33 TOLVA SEMIROQUERA ESTANDAR SOBRE CHASIS VOLVO FMX 440 6x4	Pág.70
FIG. N° 34 TOLVA SEMIROQUERA ESTANDAR SOBRE CHASIS SCANIA P420 6x4	Pág.71
FIG. N° 35 FIJACIÓN FRONTAL DEL SUB BASTIDOR PARA UN CHASIS VOLVO FMX 440 6x4 O SCANIA P420 6X4	Pág.76
FIG. N° 36 FIJACIÓN POSTERIOR DEL SUB BASTIDOR PARA UN CHASIS VOLVO FMX 440 6x4 O SCANIA P420 6X4	Pág.76
FIG. N° 37 ESQUEMA DE TOLVA PIVOTEADA	Pág.87
FIG. N° 38 ESQUEMA CON DIMENSIONES DE LA TOLVA Y EL BASTIDOR AUXILIAR	Pág.89
FIG. N° 39 GRÁFICA DE MOMENTOS SOBRE EL SUB BASTIDOR	Pág.91
FIG. N° 40 GRAFICA DE MOMENTOS SOBRE EL CHASIS	Pág.92
FIG. N° 41 PERFIL DEL BASTIDOR DEL CAMIÓN VOLVO FMX 440 6x4	Pág.94

## INTRODUCCIÓN

En la industria de los diversos campos de la ingeniería cuyo proceso implica una producción repetitiva de un modelo, se da la necesidad de estandarizar para evitar exceso de piezas y reducir costos, para ello en algunos casos exige la aplicación de la ingeniería inversa, es decir estudiar un diseño existente como base de comparación y analizar las áreas en las que pueden ser mejorados.

En este informe, tuvo como objetivo la adecuación dimensional de una tolva semiroquera de  $15 \text{ m}^3$  para camiones tipo volquete, buscando estandarizar una tolva en la cual pueda ser ensamblada sobre un camión de chasis Volvo o Scania, y sin afectar las condiciones del fabricante del camión (peso bruto limitado), simulando las cargas aplicables limitadas a escenarios estáticos.

Los fundamentos teóricos para la realización de este informe se basó en la teoría de la mecánica de materiales, y para simular el efecto de la carga sobre la tolva semiroquera se basó en la teoría de empuje de tierras, para luego insertar los parámetros de entrada en un software de elementos finitos (Solid work).

De igual manera para la realización de este informe se ha consultado a diseñadores y constructores de tolvas y bastidores para volquetes y revistas especializadas de ingeniería de equipos semipesados en la que los expertos opinan respecto a este tema. El método de cálculo se ha establecido a partir de todas estas fuentes y de otras bibliografías, y además de la propia experiencia del autor de este informe.

En este informe, se realizó un estudio en base al modelo de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> que ya había sido fabricada y el cual era parte de un volquete que se encontraba en operaciones de obras civil, se realizó un nuevo dimensionamiento de la tolva intentando mantener la estructura de la tolva, para luego validar el montaje de la nueva tolva, después de validar el montaje de la tolva se procedió a redimensionar el sub bastidor considerando la nueva distancia de la base de la tolva, después se realizó la ubicación de las autopartes de fijación de la tolva y del sub bastidor, todo este desarrollo se consideró en simultáneo para las dimensiones y capacidades de los chasis Volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4, en resumen se realizó los siguientes pasos generales:

1. Redimensionar la tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> en base a lo ya fabricado.
2. Validar el montaje de la nueva tolva semiroquera sobre un chasis volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4.
3. Redimensionar el sub bastidor para el chasis Volvo. Fmx440 6x4 y Scania P420 6x4.
4. Estandarizar las autopartes de fijación de la tolva y del sub bastidor.

En los siguientes capítulos se detallarán y ampliarán todos estos aspectos del informe.

## **I. OBJETIVOS**

### **1.1. Objetivo general**

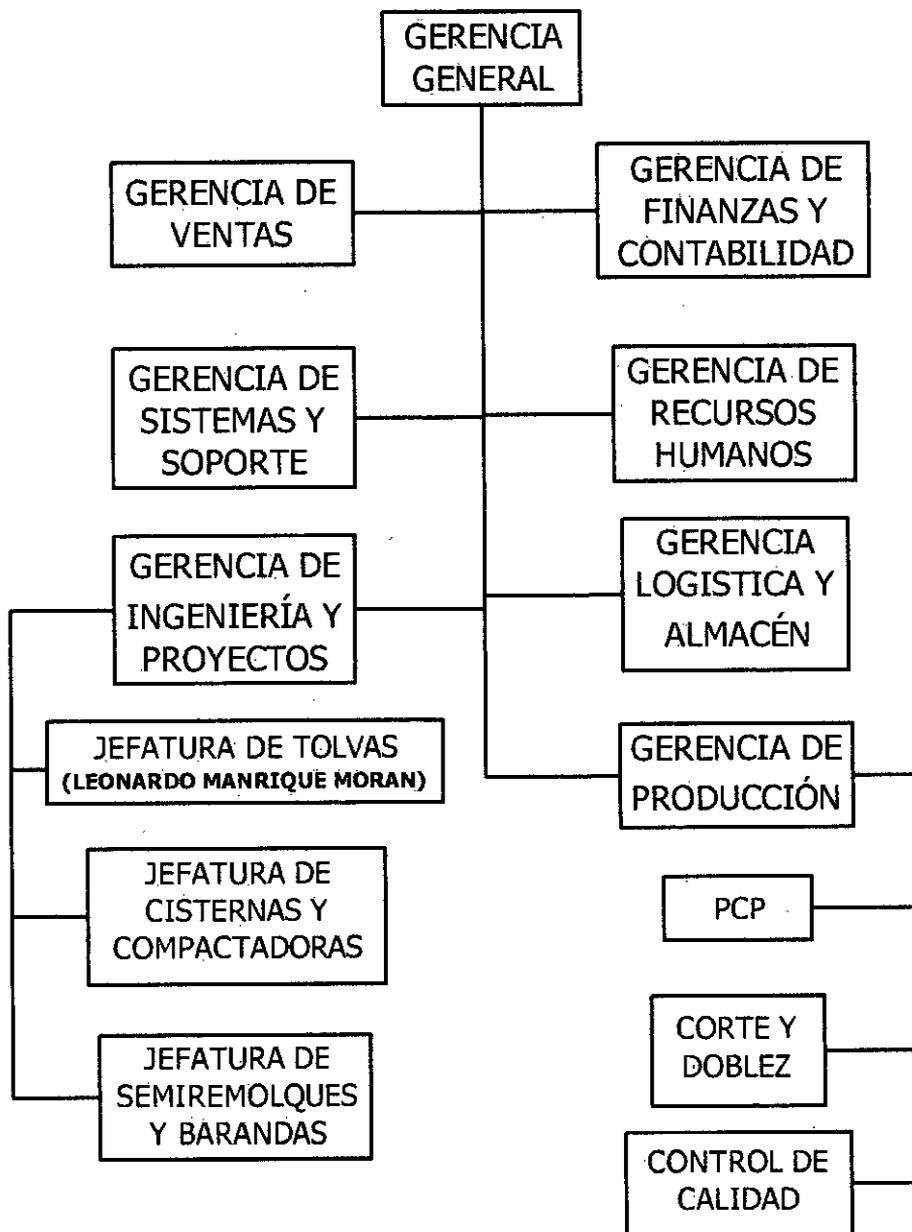
- Adecuación geométrica de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> para el montaje sobre cualquiera de las marcas de chasis de Volvo Fmx 440 6x4 o Scania P420 6x4, a fin de reducir los tiempos de entrega de un volquete.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Validar el montaje de una tolva semiroquera de 15m<sup>3</sup> sobre un chasis Volvo Fmx 440 6x4.
- Validar el montaje de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> sobre un chasis Scania P380 6x4.
- Adecuar las autopartes de fijación de un bastidor auxiliar de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> para un chasis Volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4.

## II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

La empresa está organizada según el siguiente diagrama:



Elaboración: del autor

El cargo que he desempeñado es como Jefe de Proyectos de Tolvas, participando directamente en la jefatura de Ingeniería y Proyectos dentro de la sub jefatura de tolvas teniendo como funciones:

- Coordinar los planos de fabricación y elaboración de planos de presentación.
- Supervisión de fabricación y montaje de las diferentes órdenes de trabajo (OT).
- Distribución de trabajo de 2 técnicos dibujantes, para la toma de medidas en campo y elaboración de planos de despiece.

Las funciones de cada jefatura se detallan a continuación:

- **Gerencia de Sistemas y Soporte:**

Esta jefatura vela por el correcto funcionamiento de todos los sistemas computacionales que tiene la organización, su función es dar soporte técnico de software y hardware.

- **Gerencia de Recurso Humanos:**

Esta jefatura está encargada del reclutamiento de personal y el bienestar social de los trabajadores.

- **Gerencia de Finanzas y Contabilidad:**

Esta jefatura está encargada de la administración económica de la empresa, responsable de los pagos a proveedores, recepción de pagos de clientes y pago de remuneraciones a los todos los trabajadores de la empresa.

- **Gerencia de Ventas:**

Está encargada de realizar las ventas de los productos ofrecidos por la empresa, está en constante comunicación con la jefatura de ingeniería y

proyectos a fin de revisar la factibilidad de fabricación de un producto ofrecido.

- **Gerencia de Logística y Almacén:**

Esta jefatura está encargada de habilitar los materiales y accesorios para la fabricación de diferentes productos, también está encargada de realizar cotizaciones y compras de fabricaciones de accesorios a terceros.

- **Gerencia de Producción:**

Está encargada de programar la producción en planta, está en constante comunicación con las jefaturas de logística-Almacén e Ingeniería y proyectos, parte de sus funciones es realizar el control de calidad de las unidades fabricadas.

- **Gerencia de Ingeniería y proyectos:**

Esta jefatura tiene las funciones de realizar los planos de presentación para la jefatura de ventas, encargada de realizar los planos de fabricación para la jefatura de planta.

Está dividida en tres jefaturas con sus respectivos jefes y/o responsables, jefe de proyectos de tolvas, jefe de proyectos de cisternas-compactadoras y jefe de proyectos de semirremolques y barandas.

### **III. ACTIVIDADES DESARROLLADOS POR LA EMPRESA**

**RMB SATECI S.A.C.** es una empresa industrial de capitales peruanos con más de 65 años de experiencia, en sus inicios se desarrolló con el nombre de SATECI, sin embargo a consecuencia de la caída económica de los años 90 cierra sus operaciones para luego años después reiniciar sus actividades como RMB SATECI siendo en la actualidad líder del sector de fabricación de carrocerías para el transporte de carga pesada tales como, volquetes, camión cisterna, semirremolque plataforma, semirremolque volquete, semirremolque portacontenedor, e incluso compactadoras de basura. Es una empresa de su sector industrial que cuenta con la Certificación ISO 9001 en Sistemas de Gestión de Calidad, fabrican carrocerías de altísimo desempeño.

RMB SATECI S.A.C. desarrolla las siguientes actividades:

- Diseña, productos según las especificaciones técnicas que requiere cada cliente teniendo consideración de las normas de carrozado y reglamentos del ministerio de transporte.
- Desarrolla modelos de estructuras auto portante con innovación para la utilización del mismo con la mayor eficiencia.
- Fabrica estructuras garantizando una larga vida útil.
- Realiza el montaje de estructuras sobre cualquier marca de camión, considerando las especificaciones de carrozado del fabricante del camión.

## **IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA**

### **4.1. Descripción del Tema**

Para el montaje de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> sobre un chasis Volvo modelo FMX440 6x4 o Scania modelo P420 6x4 era necesario realizar la distribución de cargas, verificación de espacio de carrozado, para proceder al dimensionamiento de la tolva, todo este proceso estaba enfocado para cada marca de chasis, es decir no existía partes de la tolva que sean iguales para ambas marcas, y por ende no existía una fabricación de tolvas para almacenaje (stock), esto generaba el aumento de tiempos de entrega debido a la fabricación y montaje de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>.

Es por ello que se requirió la necesidad de adecuar dimensionalmente una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> considerando los requisitos de carga de cada chasis y así poder ensamblar sobre un chasis Volvo Fmx 440 6x4 o un chasis Scania P420 6x4.

### **4.2. Antecedentes**

#### **Internacional**

Yan Chen, Zhu Feng (2014), en su estudio titulado “Análisis con elementos finitos y optimización de diseño del chasis y sobre chasis del Yj3128 en Ansys”, tuvo como objetivo general evaluar el comportamiento de la falla de fisura en el chasis y sobre chasis del volquete, por efecto de trabajo continuo del volquete, analizando con un software de elementos finitos. Tuvo como conclusiones, el reforzamiento adecuado en la zona crítica del chasis,

procedimiento de reparación del chasis debido a las fisuras producidas por fatiga. Este estudio nos permitió conocer las zonas críticas de resistencias del chasis de un volquete.

Sankararao Vinjavarapu, Unnam Koteswararao, V. Lakshmi Narayana (2012), en su estudio titulado “Optimización de Diseño de una tolva de un volquete”, tuvo como objetivo evaluar los efectos de deformación y tensiones de una tolva, para esto parametrizó los datos de entrada para posteriormente reforzar las zonas críticas de la estructura de la tolva, aplica la ingeniería inversa, para la mejora del diseño de la tolva, mediante elementos finitos. Tuvo como conclusiones, optimización del modelo del chasis, la reducción de peso del modelo optimizado comparado con otros modelos, el número de piezas en la fabricación del modelo optimizado se reduce en comparación con los tres modelos. Este estudio nos permitió conocer el efecto de las fuerzas de la carga de la tolva sobre todas las superficies en contacto con la carga.

Guillermo Roldán (2011), en su estudio titulado “Instalación de un volquete de obras públicas en un vehículo de 3 ejes”, tuvo como objetivo la adecuación de una tolva basculante y diseño hidráulico para el montaje de la tolva. Tuvo como conclusiones, que el vehículo está correctamente dimensionado desde el punto de vista de medidas, cargas, transmisión, frenos, dirección, estabilidad, todos los elementos extra añadidos al vehículo tales como sobrebastidor, caja de carga, eje de basculación, bulón de articulación de cilindro de elevación y sistema hidráulico son apropiados para el vehículo. Este estudio nos permitió

tener una referencia de la memoria de cálculo para el montaje de una tolva sobre un chasis de camión.

### **4.3. Planteamiento del problema**

¿De qué manera la adecuación geométrica de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>, nos permitirá realizar el montaje para un camión Volvo Fmx 440 6x4 y un camión Scania P420 6x4?

### **4.4. Justificación**

#### **4.4.1 Tecnológica**

Según Espinoza, Ciro (2014) , enuncio que la justificación tecnológica “se da cuando se satisface las necesidades sociales” (p.71). y que pueden ser:

- Soluciones que permiten mejorar su nivel de vida.
- Soluciones que mejoran la ecología.
- Soluciones que permiten mejorar el sistema productivo.

La presente investigación tiene una justificación tecnológica porque permite mejorar el sistema productivo de la empresa RMB Sateci S.A.C, al estandarizar una sola tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> para 2 marcas de camión y reducir los tiempos de fabricación y montaje de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>.

#### **4.4.2 Metodológica**

Según Espinoza, Ciro (2014), enunció que la justificación metodológica “se da cuando se propone como novedad, la formulación del nuevo método o técnica en la aplicación de la investigación”.

La presente investigación tiene una justificación metodológica porque permite mostrar el proceso de montaje de una tolva semiroquera y es de utilidad para el montaje de otros tipos de carrocería.

#### **4.5. Marco teórico**

##### **4.5.1. Leyes y principios de la mecánica**

La mecánica elemental reposa en seis principios básicos fundamentales, ratificados en la evidencia experimental (Beer & Johnston, 2010, pág. 3):

- La ley del paralelogramo o adición de fuerzas: Dos fuerzas que actúan sobre una partícula pueden ser sustituidas por una sola fuerza resultante, que se obtiene al trazar la diagonal del paralelogramo.
- Principio de transmisibilidad: Las condiciones de equilibrio de cuerpo rígido permanecen inalteradas si la fuerza se desplaza a través de su línea de dirección.
- Primera ley de Newton: Si la fuerza resultante que actúa sobre una partícula es cero, la partícula permanecerá en reposo o se moverá con velocidad constante en línea recta.
- Segunda ley de Newton: Si la fuerza resultante que actúa sobre una partícula no es cero, la partícula tendrá una aceleración proporcional a la magnitud de la resultante de la fuerza y en dirección de esta.

- Tercera ley de Newton: Las fuerzas de acción y reacción de cuerpos en contacto tienen la misma magnitud, la misma línea de acción y sentidos opuestos.
- Ley de gravitación de Newton: Establece que dos partículas de masa  $m$  y  $m'$  se atraen mutuamente con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

#### **4.5.2. Fuerzas en los puntos de apoyo**

Las reacciones sobre una estructura bidimensional pueden dividirse en tres grupos (Beer & Johnston, 2010, pág. 182).

- Reacción equivalente a una línea de acción conocida:  
Los apoyos y conexiones de este tipo incluyen rodillos, balancines, superficies sin fricción, eslabones o bielas y cables cortos, collarines sobre las barras sin fricción y pernos sin fricción en ranuras fijas. Cada uno de estos apoyos y conexiones pueden impedir el movimiento solo en una dirección.
- Reacciones equivalentes a una fuerza de magnitud y dirección desconocidas: Los apoyos y las conexiones que originan reacciones de este tipo incluyen pernos sin fricción en orificios ajustados, articulaciones o bisagras y superficies rugosas. Estos pueden impedir la traslación del cuerpo rígido en todas las direcciones pero no pueden impedir la rotación del mismo con respecto a la conexión.

- Reacciones equivalentes a una fuerza y un par:
- Estas reacciones se originan por apoyos fijos, los cuales se oponen a cualquier movimiento del cuerpo libre y, por lo tanto, lo restringen por completo.

#### **4.5.3. Definición de términos**

Según el decreto supremo MTC 058-2003, se define los siguientes términos:

- Bastidor: Estructura principal del vehículo compuesta por los largueros y sus refuerzos transversales, diseñada para soportar todos los componentes del vehículo, la mercancía y/o pasajeros.
- Cabina.- Parte del vehículo de la categorías N y, cuando corresponda de la categoría L, diseñado de fábrica para alojar en su interior al conductor, acompañante de ser el caso y los mecanismos de control.
- Carrocería.- Estructura que se instala sobre el chasis o estructura auto portante, para el transporte de personas y/o mercancías.
- Eje.- Elemento mecánico que sirve de soporte del vehículo, aloja a las ruedas y permite la movilidad del mismo. Puede ser:
  1. Eje de tracción (Motriz).- Eje que transmite la fuerza de tracción.
  2. Eje direccional.- Eje a través del cual se aplica los controles de dirección al vehículo.
  3. Eje doble.- Conjunto de dos (2) ejes motrices o no, separados a una distancia entre centros de ruedas superior a 1,20 m e inferior a 2,40 m.

- Capacidad de arrastre.- Capacidad técnica máxima del camión o remolcador para poder transportar la carga, su propio peso y el peso del (los) remolque(s) o semirremolque(s). Es determinada por el fabricante.
- Capacidad de carga (carga útil).- Carga máxima que puede transportar un vehículo (personas y/o mercancías) sin que exceda el Peso Bruto Vehicular indicado por el fabricante.
- Capacidad de carga legal (carga útil legal).- Carga máxima que puede transportar un vehículo (personas y/o mercancías) en función de su tara y de los límites previstos en el presente Reglamento.
- Peso Bruto Vehicular (PBV).- Peso total del vehículo determinado por el fabricante, que incluye la tara de vehículo más la capacidad de carga.
- Peso Bruto Vehicular Legal (PBVL).- Peso total del vehículo de acuerdo a lo establecido en el reglamento y según su configuración. Incluye la tara del vehículo más la capacidad de carga legal.
- Peso Bruto Vehicular Combinado (PBVC).- Peso bruto vehicular de la combinación camión o remolcador más remolque(s) y/o semirremolque(s).
- Peso Bruto Vehicular Combinado Legal (PBVCL).- Peso bruto vehicular de la combinación camión o remolcador más remolque(s) y/o semirremolque(s), de acuerdo a lo establecido en el reglamento según su configuración vehicular.
- Peso máximo por eje(s).- Es la carga máxima por eje o conjunto de ejes determinado por el fabricante.

- **Peso máximo por eje(s) legal.-** Carga máxima por eje o conjunto de ejes permitido por el presente Reglamento.
- **Peso neto.-** Peso en vacío del vehículo determinado por el fabricante.
- **Peso por eje(s).-** Es la carga transmitida al pavimento por los ejes o conjunto de ejes de un vehículo.
- **Tara.-** Peso neto del vehículo en orden de marcha sin carga ni pasajeros más el peso del 90% de la capacidad del tanque(s) de combustible, 100% de otros fluidos, herramientas, rueda(s) de repuesto y conductor (70 kg).
- **Semirremolque.-** Vehículo no motorizado con uno o más ejes, que se apoya en otro vehículo acoplándose a este y transmitiéndole parte de su peso mediante la quinta rueda.
- **Tolva de volteo.-** Carrocería instalada sobre vehículos de las categorías N u O cuyo diseño comprende un mecanismo de volteo para la carga.
- **Trocha.-** Distancia entre centros de las ruedas o conjunto de ruedas externas en un eje.
- **Vehículo.-** Medio capaz de desplazamiento pudiendo ser motorizado o no, que sirve para transportar personas o mercancías.
- **Vehículo de carga.-** Vehículo motorizado destinado al transporte de mercancías, puede contar con equipos adicionales para prestación de servicios especializados.
- **Vías terrestres.-** Sistema de vías públicas incluyendo las concesionadas, así como las privadas, por donde circulan los vehículos, a excepción de las vías férreas.

- Voladizo delantero.- Distancia entre el centro del eje delantero y la parte más sobresaliente del extremo delantero del vehículo.
- Voladizo posterior.- Distancia entre el centro del último eje posterior y la parte más sobresaliente del extremo posterior del vehículo.

#### **4.5.4. Bastidores en los vehículos industriales**

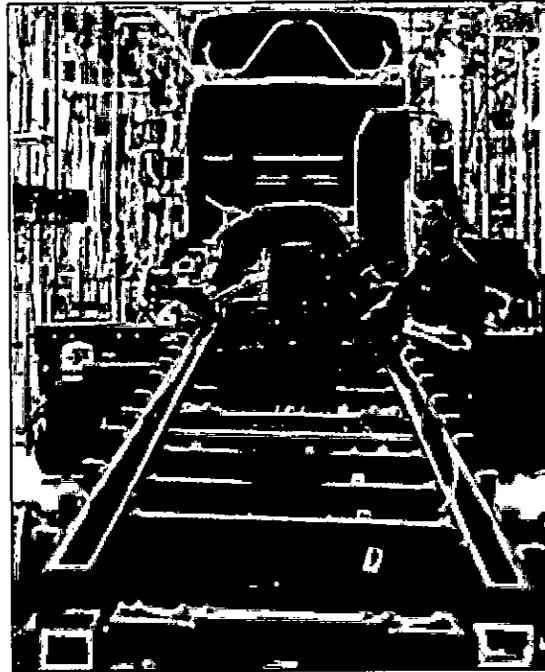
Según Teller (2011) enunció:

La utilización de cada tipo de bastidor en los vehículos industriales, depende de varios factores, como pueden ser las dimensiones, rigidez, masa a transportar, proceso de fabricación o el uso del vehículo.

El bastidor de largueros longitudinales es el tipo de bastidor más utilizado en vehículos industriales de transporte de carga, por su alta rigidez y sencillez en la fabricación (p.2).

Para Teller (2011) presentan los bastidores más utilizados en los vehículos industriales:

FIG. N° 1  
VISTA POSTERIOR DE CHASIS



Fuente: Javier Teller.

**a. Bastidor con perfil en U**

Para Teller (2011), los bastidores cuyos largueros se forman a partir de perfiles en U se encuentran principalmente en tracto camiones, camiones rígidos, autobuses y remolques, y es por eso que son los más utilizados en el conjunto de los vehículos industriales.

Sus características mecánicas y formas con paredes exteriores planas los hacen ideales para situar sobre ellos superestructuras y bastidores auxiliares que añaden mayor resistencia a la estructura portante en el proceso de carrozado de camiones.

“Existen casi tantos tipos de bastidores como fabricantes y modelos de vehículos hay en el mercado.”

El acero es el material más utilizado para la construcción de este tipo de perfil, usándose acero aleado de alto límite elástico (desde los 380N/mm<sup>2</sup> hasta los 600N/mm<sup>2</sup>).

**b. Bastidor Reforzado**

Para Teller (2011) el bastidores reforzado es el utilizado para camiones que transportan grandes pesos y que disponen de carrozado.

En este caso, el bastidor puede tener, bien un refuerzo interior en forma de U que se ajusta al perfil exterior, o unas platabandas en las alas del perfil para formar una estructura más rígida y consistente. Generalmente los perfiles en U con refuerzo no se emplean en todo el larguero, sino que sólo se emplea en las zonas del bastidor que más esfuerzos soportan, como la zona comprendida entre el eje delantero y el primer eje motriz. De esta forma se optimiza la sección resistente, en función de los esfuerzos que está destinado a soportar. No obstante, su uso está siendo sustituido por bastidores auxiliares, debido al elevado peso que aportan los perfiles reforzados al conjunto del vehículo, entorno a 20kg más por cada metro lineal de larguero.

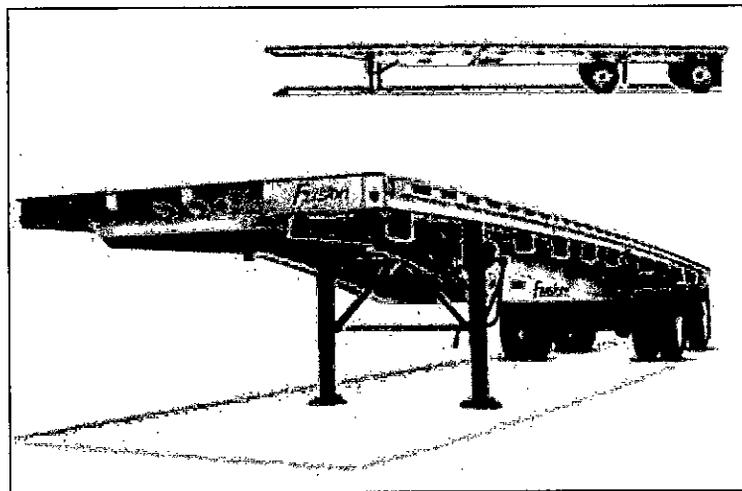
**c. Bastidor con perfil de doble T**

Para Teller (2011), los bastidores construidos a partir de perfiles de doble T se encuentran únicamente en semirremolques y algunos modelos de remolques.

La característica principal de este tipo de bastidor se muestra en la facilidad constructiva para el cambio de sección del mismo, en concreto

del alma del perfil. Este hecho permite la construcción de semirremolques y plataformas de carga de dimensiones y formas complejas, como los semirremolques tipo góndola, utilizados para el transporte de cargas especiales.

FIG. N° 2  
BASTIDOR DOBLE T



Fuente: Javier Teller.

Los materiales empleados en este tipo de bastidores son el acero y el aluminio de alta resistencia, teniendo cada uno sus ventajas y desventajas frente al otro.

#### d. Bastidor Auxiliar

Para Teller (2011), los perfiles de los bastidores auxiliares se superponen a los del bastidor del camión, de forma que se crea un conjunto mucho más rígido y resistente, de manera que ambos juntos pueden adquirir una resistencia suficiente para soportar los esfuerzos a los que se solicita dicho vehículo. El bastidor auxiliar puede estar compuesto por perfiles con formas diferentes, de los que destacan el uso de perfiles en U y en Z.

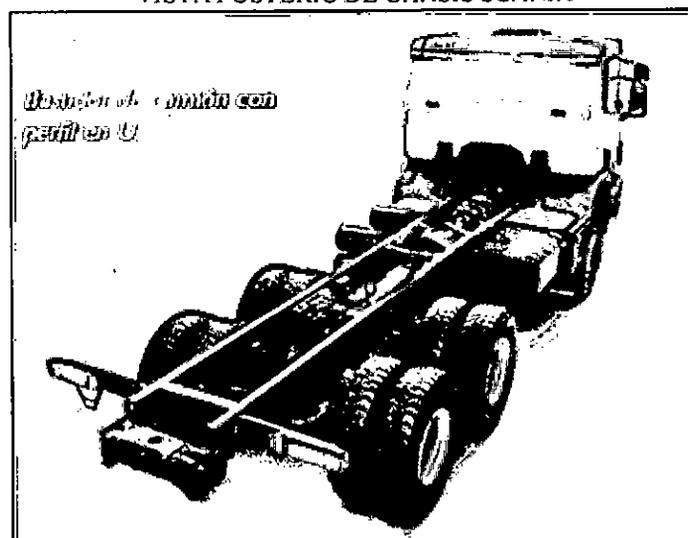
Con una gran aceptación por parte de los carroceros, el uso de bastidores auxiliares, junto con el bastidor del camión, consigue una reducción de peso superior a los 200kg, frente a los bastidores con perfiles en U reforzados.

**e. Bastidor compuesto**

Para Teller (2011), se denomina bastidor compuesto, al bastidor cuyos largueros presentan a lo largo de su longitud secciones con diferentes perfiles estructurales.

La mayoría de bastidores compuestos contienen un perfil en U en la parte central y trasera del bastidor, y un perfil en Z con ligera inclinación en la parte delantera, bajo la cabina. Con el perfil en Z se busca un aumento de espacio, donde se sitúa el bloque motor y con la inclinación de la viga delantera un descenso en la altura de la cabina, haciéndolo idóneo en camiones de reparto.

FIG. N° 3  
VISTA POSTERIO DE CHASIS SCANIA



Fuente: Javier Teller.

#### 4.5.5. Tipos de tolvas

Según el autor de este proyecto, los volquetes están diseñados para contener y transportar materiales movibles y granulados, los tamaños de los volquetes lo define el volumen de la tolva y la capacidad de carga está condicionado a la densidad del material a transportar.

- **Tolva Constructora:**

Destinada al área de la construcción, utilizándose principalmente para transporte de agregados para la construcción tales como arena fina, hormigón, tierra y piedra chancada de menos de 2" de diámetro.

Estas tolvas se fabrican para capacidades de 6 m<sup>3</sup>, 8 m<sup>3</sup>, 10 m<sup>3</sup>, 12 m<sup>3</sup> y 15 m<sup>3</sup>, usándose para su elaboración planchas de acero estructural.

- **Tolva Minera**

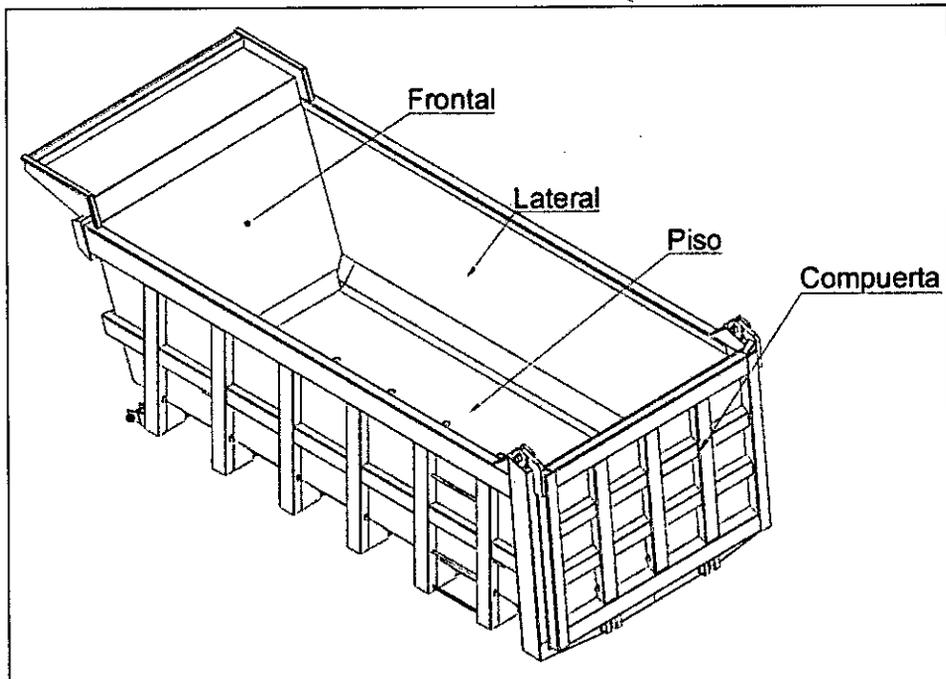
Son Tolvas de perfil bajo con todas sus superficies rectas, para alcanzar la máxima capacidad posible en el menor espacio. Diseñadas para el trabajo en socavones y galerías de minas en donde las maquinas deben ser lo más compacta posible. Estas tolvas se fabrican para capacidades de 10 m<sup>3</sup>, 12 m<sup>3</sup>, 14 m<sup>3</sup> y 20 m<sup>3</sup>.

- **Tolva Semiroquera:**

De un diseño más robusto que el constructor, son tolvas diseñados para el trabajo mediano en obras fuera de carretera tales como construcción de caminos, minas, etc. en donde se requiere versatilidad, con coberturas de acero de alta resistencia (dureza de 450 HB) por lo que su diseño permite realizar trabajos pesados e incluso mover rocas de mediano

tamaño (mayores de 8" de diámetro y menores de 15" de diámetro). Estas tolvas se fabrican para capacidades de 10 m<sup>3</sup>, 12 m<sup>3</sup>, 15 m<sup>3</sup>, 17 m<sup>3</sup> y 20 m<sup>3</sup>. En la tolva semiroquera, su ensamble consta de 4 partes: Frontal, Lateral, Piso, Compuerta.

FIG. N° 4  
VISTA ISOMETRICA DE TOLVA SEMIROQUERA DE 15 MC



Fuente: del autor

- **Tolva Roquera:**

Son tolvas muy robustas fabricados casi en su totalidad con planchas de acero estructural de 1/4" y 5/16" de espesor para su estructura y coberturas de acero de alta resistencia (dureza de 500 HB) a diferencia de las anteriores no llevan compuerta, pero con una inclinación en la parte posterior del piso denominada cola de pato, se utilizan para el transporte de rocas de gran tamaño (mayores de 15" de diámetro).

Estas tolvas se fabrican para capacidades de 12 m<sup>3</sup>, 15 m<sup>3</sup> y 20 m<sup>3</sup>.

- **Tolva Half Round:**

Son tolvas de gran resistencia y muy livianos dados por su configuración.

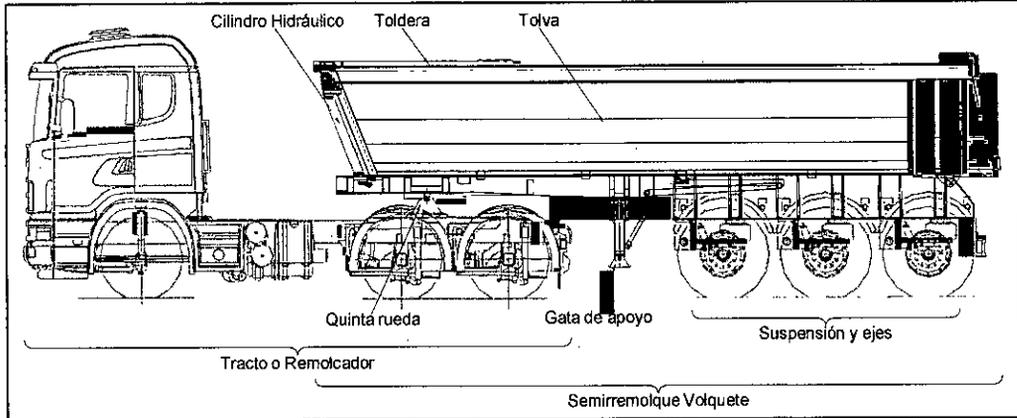
Son de forma semicircular y tienen múltiples aplicaciones incluso pudiéndose usar para mover rocas de gran tamaño (mayores de 15" de diámetro). En su cobertura se puede utilizar planchas de acero estructural en espesores de 8mm y 9mm, aceros de alta resistencia (dureza de 350-500 HB) en espesores de 6mm, 8mm y 9mm o combinación de ambos tipos de acero. Estas tolvas se fabrican para capacidades de 12 m<sup>3</sup>, 14 m<sup>3</sup>, 15 m<sup>3</sup>, 17 m<sup>3</sup> y 20 m<sup>3</sup>.

- **Tolva Semirremolque**

Estos tipos de tolvas son estructuras sin tracción propia ni eje delantero y que se apoya en el tracto remolcador transmitiéndole parte de su peso mediante un sistema mecánico denominado torna mesa o quinta rueda, además tiene ejes propios en la parte posterior del semirremolque.

Se fabrican cuando se requieren tolvas de gran capacidad de carga (por encima de los 22 m<sup>3</sup>) y recorren rutas largas.

FIG. N° 5  
VISTA LATERAL DE TOLVA SEMIREMOLQUE



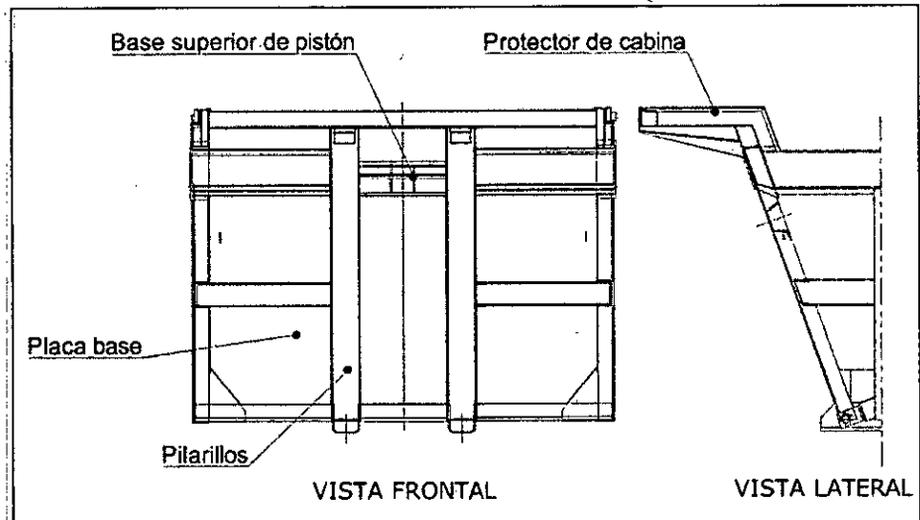
Fuente: del autor.

#### 4.5.6. Descripción detallada de una tolva semiroquera

Por la experiencia obtenida por el autor del este proyecto, una tolva semiroquera tiene las siguientes partes:

- **Frontal:** compuesto de una placa base, de un traslape el cual cumple la función de protector de cabina, tiene 2 pilarillos centrales, en este último se fijara la base superior del pistón de levante.

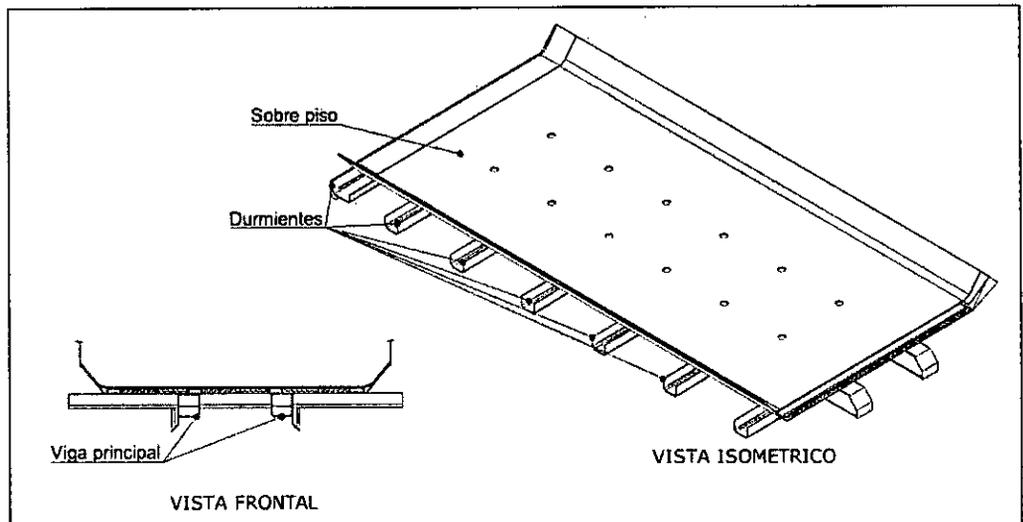
FIG. N° 6  
VISTA DEL FRONTAL DE TOLVA SEMIROQUERA



Fuente: del autor.

- **Piso:** compuesto por una placa horizontal el cual se soporta sobre la viga principal y los durmientes, tiene un sobre piso con placa anti abrasiva.

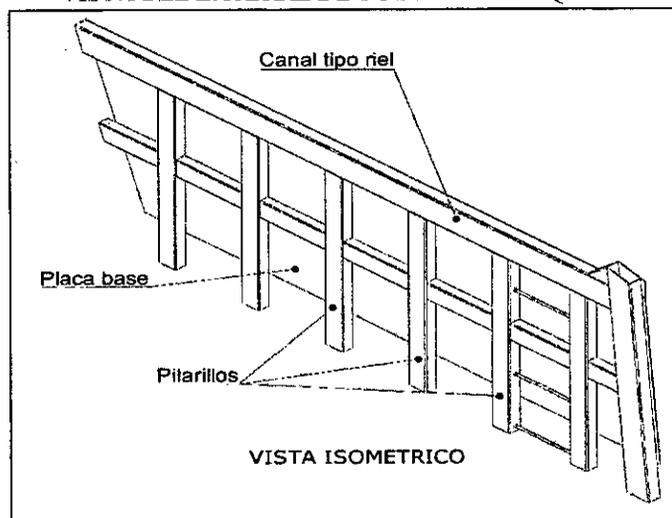
FIG. N° 7  
VISTA DEL PISO DE TOLVA SEMIROQUERA



Fuente: del autor.

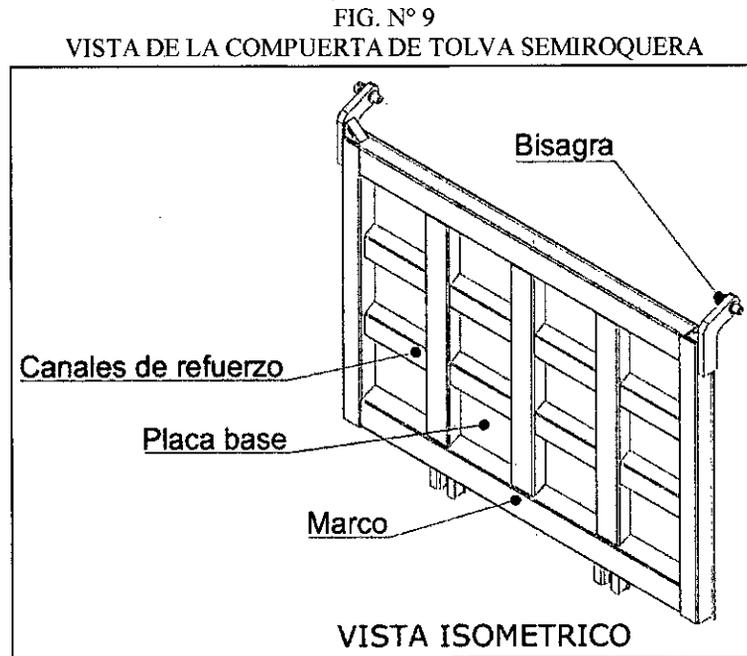
- **Lateral:** compuesto de una placa longitudinal con propiedades antiabrasiva, a esta placa se fijan los pilarillos verticales y un canal riel a todo lo largo del lateral.

FIG. N° 8  
VISTA DEL LATERAL DE TOLVA SEMIROQUERA



Fuente: del autor.

- **Compuerta:** compuesto de una placa anti abrasiva, fijado a un marco de canal y soporte verticales y horizontales, se fijan mediante 2 bisagras apoyadas en los laterales.



Fuente: del autor.

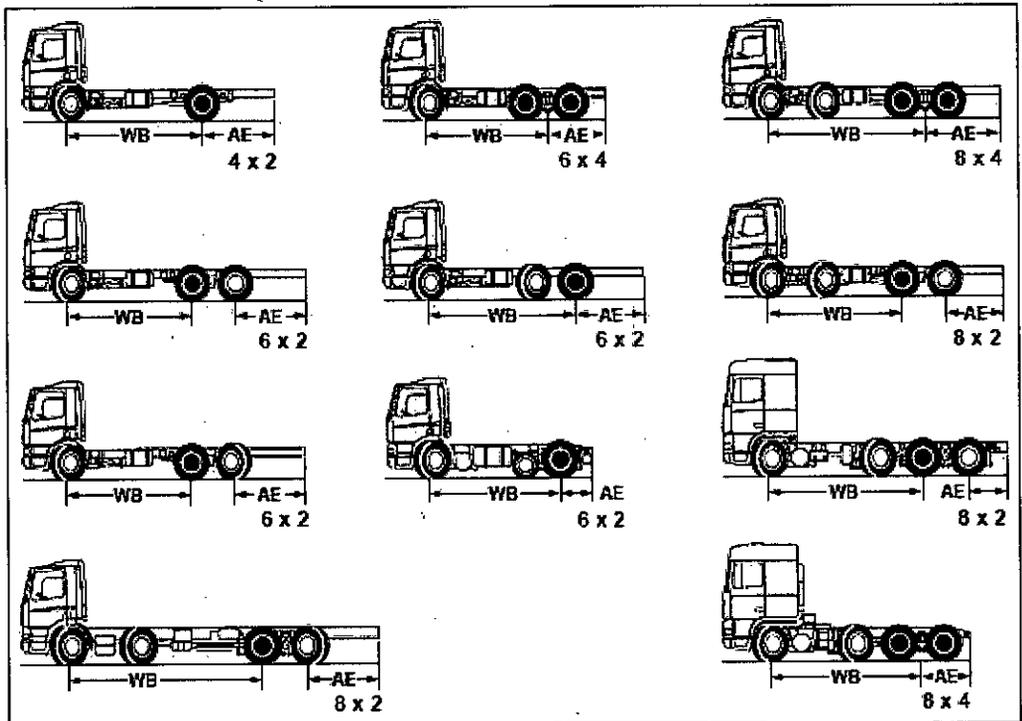
#### 4.5.7. Definición de chasis

Según el decreto supremo MTC 058-2003, se define al chasis como una estructura básica del vehículo, compuesta por el bastidor, el tren motriz, suspensión, dirección, ejes, ruedas y otras partes mecánicas relacionadas.

**Clasificación del chasis :** Según DAF (Instrucciones para el carrozado 2012-22) : un camión se clasifica muy aparte de la marca, en la versión de ejes, por ejemplo los camiones 4x2, 4x4, 6x4, 8x4, y otros más. El

primer número indica el número de puntos en donde existe una rueda, y el segundo número indica el número de ruedas con tracción.

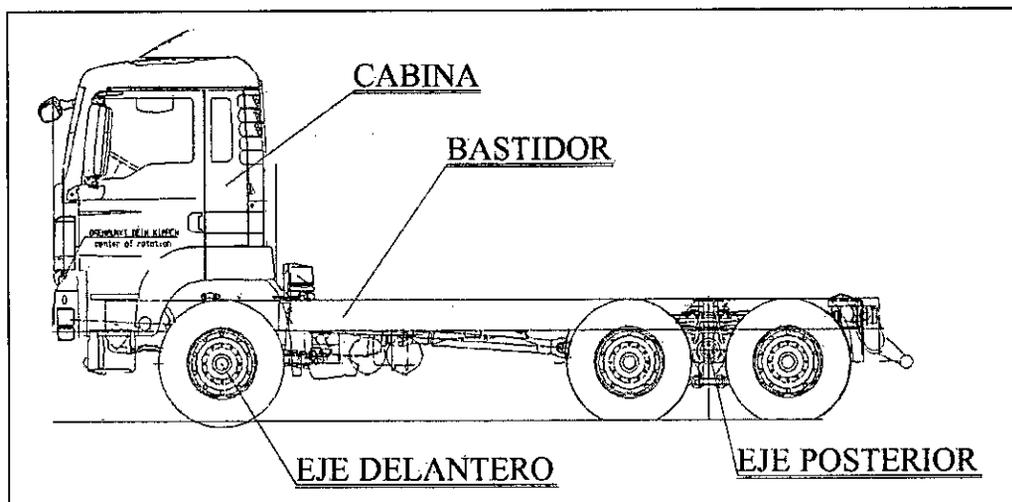
FIG. N° 10  
ESQUEMA DE CLASIFICACION DE CHASIS



Fuente: Manual Man truck 2010

**Partes de chasis:** si bien ya se definió el chasis, para un camión es indispensable reconocer sus partes del chasis como los ejes delantero y posterior, la cabina y el bastidor.

FIG. N° 11  
PARTES DEL CHASIS DE CAMIÓN



Fuente: del autor.

#### 4.5.8. Definición de Camión

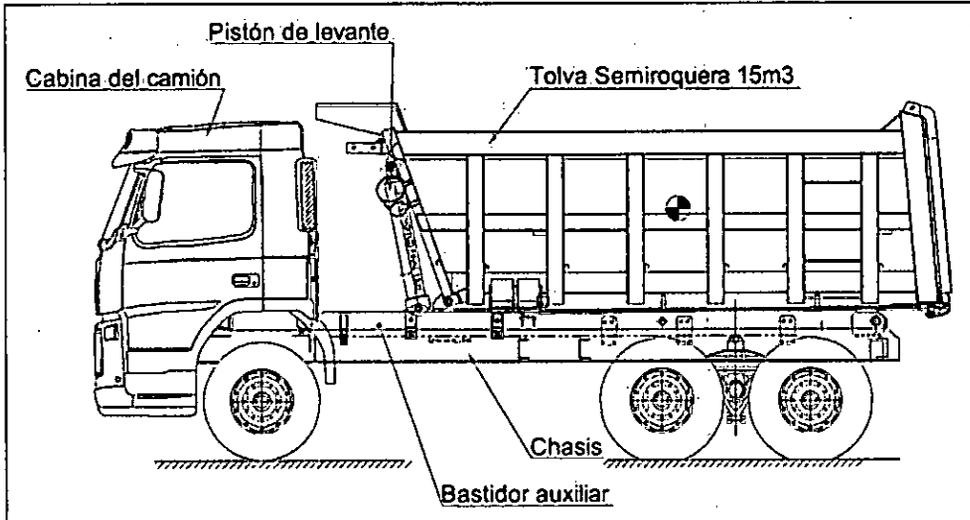
Según el MTC DS 58-2003, el camión es vehículo automotor de la Categoría N2 ó N3 con excepción del remolcador (tracto remolcador), diseñado exclusivamente para transportar mercancías sobre sí mismo, con un peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas. Debe incluir una carrocería o estructura portante.

En la evolución de los camiones en el mundo, trajo como consecuencia la variedad de marcas de camiones, sin embargo en Sudamérica aún se maneja marcas de renombres o pioneros en este sector como Volvo, Scania, sin embargo en el Perú no es novedad que cada año llegan al mercado nuevas marcas europeas y asiáticas, pero el liderazgo aun lo tienen los pioneros.

Un camión consta de una cabina en la parte frontal y un chasis posterior semidesnudo a la espera del montaje de algún tipo de carrocería, el tipo de

carrocería o accesorio que le colocara depende del tipo de trabajo para el que se requiere el camión, puede ser una grúa, volquete, compactador de basura, cisterna, etc.

FIG. Nº 12  
PARTES DE UN VOLQUETE



Fuente: del autor.

Para este proyecto es de importancia resaltar que la distancia de separación entre las almas de los chasis varía según la marca, esto implica el tamaño de la caja de transmisión y el sistema de suspensión. En el cuadro siguiente se identifica el ancho de chasis de las marcas comerciales de camiones para volquete.

TABLA N° 1  
DISTANCIA DE SEPARACION DE CHASIS

Marca	Distancia de separación de chasis mm
Volvo FMX 440 6x4 y 8x4	850
Scania P420 6x4 y 8x4	770
Mercedes Benz 3344 6x4 y 8x4	763
Iveco Traker 420 6x4	776
Renault 6x4	850
Volkswaguen 6x4	880

Fuente: del autor.

#### 4.5.9. Sistemas de Descarga de volquetes

La descarga en los Volquetes y Semirremolques Volquetes puede de realizarse de los siguientes modos.

##### **Descarga por Volteo Posterior**

Los Volquetes y/o Semirremolques Volquetes de descarga posterior poseen un sistema hidráulico en la parte frontal de la tolva incorporado a la unidad lo que permite bascular la Tolva respecto al extremo posterior del mismo permitiendo que la carga caiga por gravedad.

FIG. N° 13  
VISTA DE TOLVA Y CAMIÓN

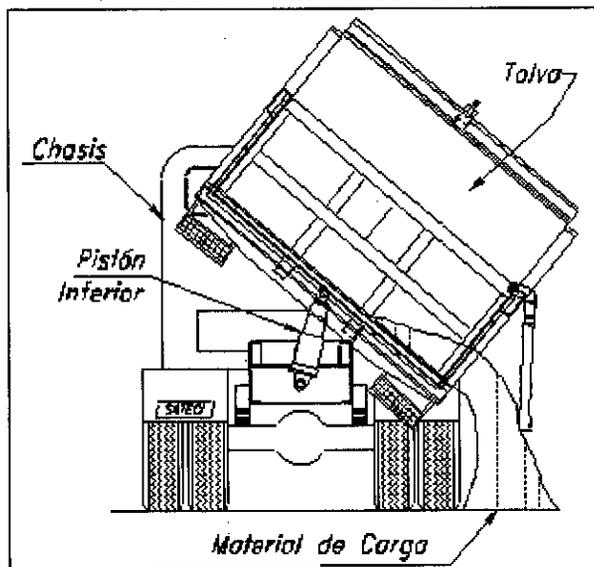


Fuente: RMB Sateci

**Descarga por Volteo Lateral:**

Los Volquetes y/o Semirremolques Volquetes de descarga lateral poseen un sistema hidráulico en la parte inferior de la tolva incorporado a la unidad que permite bascular la Tolva lateralmente permitiendo que la carga caiga por gravedad.

FIG. N° 14  
VISTA DE TOLVA DE VOLTEO LATERAL



Fuente: del autor.

#### 4.5.10. Materiales y procesos de fabricación de la tolva y chasis

Para la utilización de los materiales de la tolva, hay que seleccionarlos teniendo en cuenta factores tales como aplicación, duración proceso de fabricación, disponibilidad de material, fiabilidad, etc., compatibilizando todo ello en un mínimo costo y peso adecuado.

La geometría está definida por:

- Dimensiones de la distancia entre ejes.
- Funcionalidad.
- Entorno o conjunto del que forma parte.

La selección de material se hace mediante el análisis de lo antes referido.

Una vez definido los componentes y seleccionado, se le protege del medio ambiente mediante recubrimientos de pinturas epóxica etc.

El comportamiento del material en la conformación y fabricación así como en todo el proceso posterior (manipulación, reparación) estará marcado por sus propiedades físicas y mecánicas:

- Maleabilidad: Calidad de un metal de reducirse en láminas finas, dobladas o deformadas por choque o presión en caliente o en frío.
- Tenacidad: Resistencia a la rotura que oponen los materiales a los esfuerzos cuya aplicación es progresiva.
- Dureza: Resistencia que opone un cuerpo al dejarse penetrar por otro bajo la acción de una fuerza.
- Resistencia: Resistencia que oponen los materiales a la aplicación de esfuerzos bruscos y a los choques. Es lo contrario a la fragilidad.
- Elasticidad: Propiedad que tienen los materiales de deformarse por acción de una fuerza y de recobrar su forma inicial cuando deja de actuar dicha fuerza.
- Alargamiento: Es la deformación permanente que se produce en un metal cuando el esfuerzo aplicado sobre el sobrepasa la carga de su límite elástico. Se expresa en porcentaje.
- Ductilidad: Es la propiedad del material de poder ser trabajado sin que se produzcan cambios en su estructura, o grietas.

- Fusibilidad: Propiedad que caracteriza a ciertos materiales de pasar con mayor o menor rapidez del estado sólido al líquido por efecto del calor.
- Conductividad: Propiedad de los cuerpos que consiste en transmitir con mayor o menor facilidad el calor o la corriente eléctrica.

### **Acero**

Es una aleación entre hierro y carbono con un contenido de carbono relativamente bajo, rara vez supera el 1,76%.

Circunstancias de que sea el material empleado en la fabricación de carrocerías:

- Disponibilidad de materias primas.
- Proceso de obtención relativamente económico.
- Propiedades mecánicas y tecnológicas adecuadas tanto a las necesidades estructurales como a los requerimientos técnicos que los procesos de conformación y ensamblaje que imponen.

### **Acero convencional.**

Tiene un contenido normalmente inferior al 0.20%, es de grano fino, se llama acero suave o dulce y se emplea en la fabricación de paneles de carrocería.

Es dúctil, permite obtener piezas con formas más o menos complejas presentando un aspecto liso y libre de rayas, rugosidades o fisuras por embutición. Es fácilmente soldable.

### Acero ASTM A-36

Para la fabricación de tolvas comúnmente se usa como materia prima acero ASTM A-36, y otros tipos de acero pero en menor cantidad, con mayor esfuerzo de fluencia y propiedades resistentes a la abrasividad, como ASTM A-572 y Hardox 350-700.

TABLA. N° 2  
CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE ACEROS

Calidad de Acero	Norma (tipo de acero)	Características y Usos
Comercial	Similar a SAE-1009	Cubiertas de equipos, maquinarias y piezas de menores.
Estructural	ASTM A-36	Construcciones de puentes, estructuras industriales, edificios, torres y en propósitos estructurales en general.
Estructura de alta resistencia y baja aleación	ASTM A-572	Este acero es micro aleado con el fin de obtener elevadas propiedades mecánicas. Es usado en Construcciones de puentes, estructuras industriales, edificios, torres y en propósitos estructurales en general.
Naval	ASTM A-131	Embarcaciones navales y aplicaciones estructurales

Fuente: del autor.

TABLA. N° 3  
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36

Módulo de elasticidad	$E = 207.000 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente de Poisson	$\nu = 0,30$
Módulo elasticidad transversal	$G = E/2 \cdot (1 + \nu)$
Coefficiente de dilatación térmica lineal	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Densidad	$\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$
Límite de fluencia mínimo	$F_y = 248,2 \text{ N/mm}^2$
Límite de tracción mínima	$F_u = 400 \text{ N/mm}^2$

Fuente: del autor.

### **Acero utilizado en la Fabricación de la tolva**

Para la utilización de los materiales del bastidor auxiliar, hay que seleccionarlos teniendo en cuenta factores tales como aplicación, duración proceso de fabricación, disponibilidad de material, fiabilidad, etc., compatibilizando todo ello en un mínimo costo y peso adecuado.

La geometría de la tolva semiroquera está definida por:

- Dimensiones de la distancia entre ejes.
- Funcionalidad.
- Entorno o conjunto del que forma parte.

Una vez definido los componentes y seleccionado, se le protege del medio ambiente mediante recubrimientos de pinturas epóxica etc.

### **Ventajas del acero estructural**

- **Homogeneidad:** las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.
- **Elasticidad:** el acero es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico (Ley de Hooke) hasta alcanzar esfuerzos considerables.
- **Ductilidad:** el acero permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes.
- **Tenacidad:** el acero tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica).

- **Facilidad de unión con otros miembros:** el acero en perfiles se puede conectar fácilmente a través de remaches, tornillos o soldadura con otros perfiles.

**Rapidez de montaje:** la velocidad de construcción en acero es muy superior al resto de los materiales.

**Disponibilidad de secciones y tamaños:** el acero se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas.

#### **Desventajas del acero estructural**

- **Corrosión:** el acero expuesto a intemperie sufre corrosión por lo que deben recubrirse siempre con esmaltes alquílicos (primarios anticorrosivos) exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.
- **Pandeo elástico:** debido a su alta resistencia vs peso el empleo de perfiles lisos sujetos a compresión, los hace susceptibles al pandeo elástico.

**Fatiga:** la resistencia del acero (así como del resto de los materiales), puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión (cargas pulsantes y alternativas).

### **Perfiles estructurales y soldabilidad en la construcción del bastidor**

Los perfiles metálicos son aquellos productos laminados en frío, fabricados usualmente para su empleo en estructuras de edificación, o de obra civil. Se distinguen:

- Perfil en C.
- Perfil de sección cuadrada.
- Perfil de sección rectangular.

#### **Perfil estructural en C:**

Elemento estructural en acero calidad ASTM A-36; se forma en frío. Es un material ideal para estructuras livianas y en general para todo tipo de estructura donde se requiera la menor relación peso resistencia.

#### **Tubo rectangular y cuadrado**

Los tubos estructurales rectangulares de acero dulce y acero galvanizado presentan mejoras significativas, tales como el ahorro de soldaduras para hacer cajas, facilidad de instalación y ahorros significativos en tiempo.

#### **Juntas soldadas.**

Una de las características fundamentales en la estructura soldada es su rigidez, porque por lo general sus miembros están conectados directamente unos con otros, esto permite tener resistencia a cargas de momento.

Las juntas soldadas permiten en la estructura eliminar en un gran porcentaje las placas de unión y de empalme, tan necesarias en las estructuras remachadas o atornilladas, además es posible reducir en

aproximadamente un 15 % el peso en acero utilizado para la construcción de la estructura del bastidor.

#### **Acero resistente al desgaste**

HARDOX es una chapa anti desgaste que cumple con las más elevadas demandas de resistencia al desgaste. La combinación única de homogeneidad y alta dureza, alta resistencia y excelente resiliencia la convierte en un material adecuado para una gran variedad de aplicaciones.

TABLA. N° 4  
PROPIEDADES MECANICAS DEL ACERO HARDOX

	HARDOX 400	HARDOX 450	HARDOX 500
DUREZA BRINELL HB	370-430	422-475	470-540
ESPEORES	4-130 mm	4-80 mm	4-80 mm
RESILENCIA-CHARPI PROBETA V	45 J	35 J	30 J
LIMITE DE ELASTICIDAD	1000 N/mm <sup>2</sup>	1200 N/mm <sup>2</sup>	1300 N/mm <sup>2</sup>
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	1250 N/mm <sup>2</sup>	1400 N/mm <sup>2</sup>	1550 N/mm <sup>2</sup>
ALARGAMIENTO	10%	10%	8%
CARBONO EQUIVALENTE	0.37/0.26	0.47/0.34	0.60/0.42

Fuente: SSAB

#### **4.5.11. Criterios de Adecuación y montaje de una tolva semiroquera**

- **Criterio sobre rigidez**

En ingeniería, es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.

Se refiere a cuánto se deforma el chasis debido al peso de los diferentes elementos que conforman el vehículo. La experiencia nos dice que realmente no es un problema a la hora de diseñar el chasis.

Se la puede generalizar por medio de la siguiente relación:

$$\Delta = \frac{P}{K}$$

Donde:

K: factor de rigidez

P: Representa la carga aplicada.

$\Delta$ : Representa la deformación.

Es necesario considerar en la rigidez de un bastidor dos conceptos fundamentales: la rigidez a la flexión y la rigidez torsional.

- **Rigidez a la flexión:**

Es el valor de la flexión del bastidor producida por la carga de los distintos elementos que conforman el vehículo, es decir los esfuerzos producidos por las cargas muertas presentes.

- **Rigidez a torsión:**

Es el valor producido por la deformación del bastidor en un esfuerzo de torsión, éste fenómeno puede aparecer cuando el vehículo pasa sobre un camino lleno de baches (no todas sus ruedas están a un mismo nivel) lo que es transmitido a su estructura, en este caso el bastidor.

- **Criterio sobre peso de la estructura.**

En la adecuación y montaje de un bastidor se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

El peso del bastidor debe ser lo menor posible, pero considerando la rigidez que debe tener la estructura.

Es fundamental también tratar del centro de gravedad, el mismo que debe estar lo más bajo posible, esto tiene la función de dar estabilidad al vehículo en cualquier condición, esto también influye en el ítem correspondiente a seguridad.

- **Criterio sobre seguridad.**

El anclaje correcto de los componentes motrices al bastidor hará que se alargue su vida útil.

- **Criterios sobre el espacio**

En el chasis, en cuanto a las necesidades de espacio se deberán tener en cuenta los siguientes puntos:

- En la adecuación de la estructura en los alrededores del motor y del diferencial (si lo tiene), si hay transmisión por cadena, se debe dejar suficiente espacio para poder colocar un rango de tamaños de piñones aceptable.
- Debe considerarse la facilidad de acceso para el mantenimiento de los elementos de propulsión.
- Verificar los espacios de mantenimiento del chasis del camión ya que puede obstaculizar un desmontaje de ejes o de caja de transmisión.

- Está por demás mencionar que el montaje se debe realizar dentro del ancho máximo del chasis, el bastidor no debe estar en voladizo por ningún lado y circunstancia.

### Valores de densidad de materiales de suelo

Según Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), clasifica las densidades según el cuadro siguiente:

TABLA. N° 5  
CUADRO DENSIDADES DE SUELOS NATURALES

Material		Densidad Natural (kg/m <sup>3</sup> )	
		Densidad Volum.	Densidad Seca
Arena y grava	Muy suelta	1700-1800	1300-1400
	Suelta	1800-1900	1400-1500
	Medio densa	1900-2100	1500-1800
	Densa	2000-2200	1700-2000
	Muy densa	2200-2300	2000-2200
Arena	Pobremente gradada	1700-1900	1300-1500
	Bien gradada	1800-2300	1400-2200
	Mezcla arena bien gradada+grava	1900-2300	1500-2200
Arcilla	Lodo no consolidado	1600-1700	900-1100
	Blanda, agrietada	1700-1900	1100-1400
	Típica, norm. Cons	1800-2200	1300-1900
	Morrena (sobrecons)	2000-2400	1700-200
Suelos Rojos tropicales		1700-2100	1300-1800

Fuente: CISMID

### Carga Aplicada

La carga aplicada sobre el bastidor son las siguientes:

- a) Peso de la tolva y material (densidad promedio 1600 kg/m<sup>3</sup>).
- b) En el momento de pivoteo de la tolva se ejerce fuerza sobre el bastidor en dos puntos, en el eje de pivoteo y en la base inferior del pistón hidráulico.

El análisis se dará en dos momentos, el primero cuando la tolva se encuentre sobre el bastidor es decir horizontalmente, y el segundo cuando inicia inmediatamente el levante del pistón en simultáneo con el apoyo de pivoteo en el eje pivoteo.

La fuerza ejercida por el pistón se da cuando el ángulo de elevación deja de ser diferente de cero, asumiremos la fuerza en dirección vertical ya que el ángulo de elevación en mínimo.

#### **4.5.12. Descripción del Chasis**

Para esta investigación se toma como referencia un chasis Volvo FMx 440 6x4 y un chasis Scania P420 6x4, esto quiere decir que las dimensiones y cualquier condición se dará de acuerdo a estos chasis.

#### **4.5.13. Cálculos de carrocería**

La longitud y la posición de la carrocería deben calcularse para lograr un vehículo óptimo. Las cargas correctas sobre eje se obtienen mediante cálculos.

Al calcular las cargas máximas sobre eje en un vehículo rígido, hay que tener en cuenta que la carga en el eje delantero disminuirá a medida que se descargue desde el extremo trasero.

#### **4.5.14. Consideraciones para la elección del vehículo**

Controlar siempre que las dimensiones definitivas de la adecuación, tales como el voladizo y la longitud total, cumplan con las normativas nacionales y locales.

El espacio entre la cabina y la superestructura debe ser siempre suficiente para el movimiento de la suspensión de la cabina.

La longitud de la cabina y el movimiento de la cabina al bascular se pueden ver en el plano del chasis o en las hojas de datos de la Información de producto.

#### **Datos necesarios para los cálculos**

El peso en orden de marcha del camión, delantero y trasero. La carrocería y cualquier equipo extra, como la grúa, están incluidos en los pesos de orden de marcha.

#### **Especificaciones técnicas del Volvo FMX 440 6x4 y Scania P420 6x4**

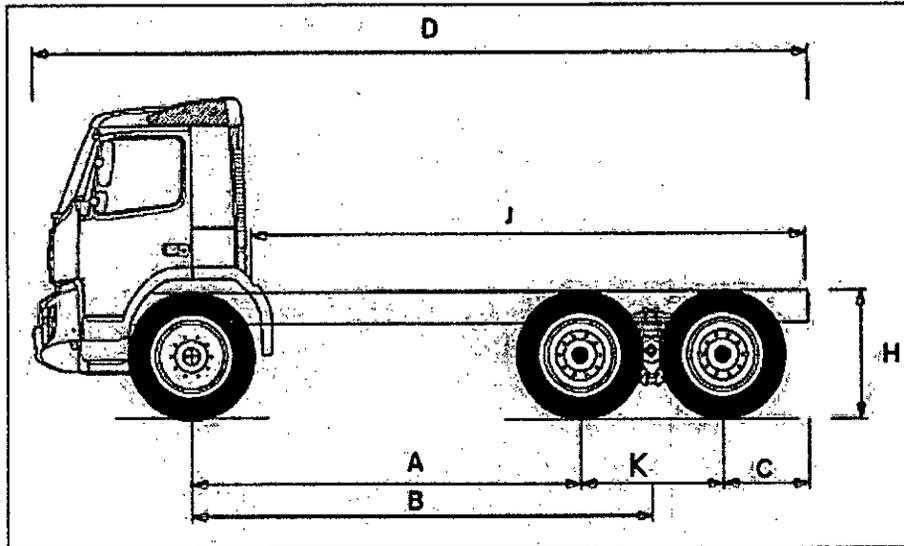
Ver la tabla N°6.

TABLA. N° 6  
CAPACIDADES DE CARGA DE CHASIS VOLVO Y SCANIA  
Capacidad de carga Kgf

	Volvo Fmx 440 6x4	Scania P420 6x4
Eje delantero	90000	90000
Eje trasero	320000	320000
PBT-Técnico	410000	410000

Fuente: del autor.

FIG. N° 15  
DIMENSIONAMIENTO GENERAL DE UN CAMIÓN



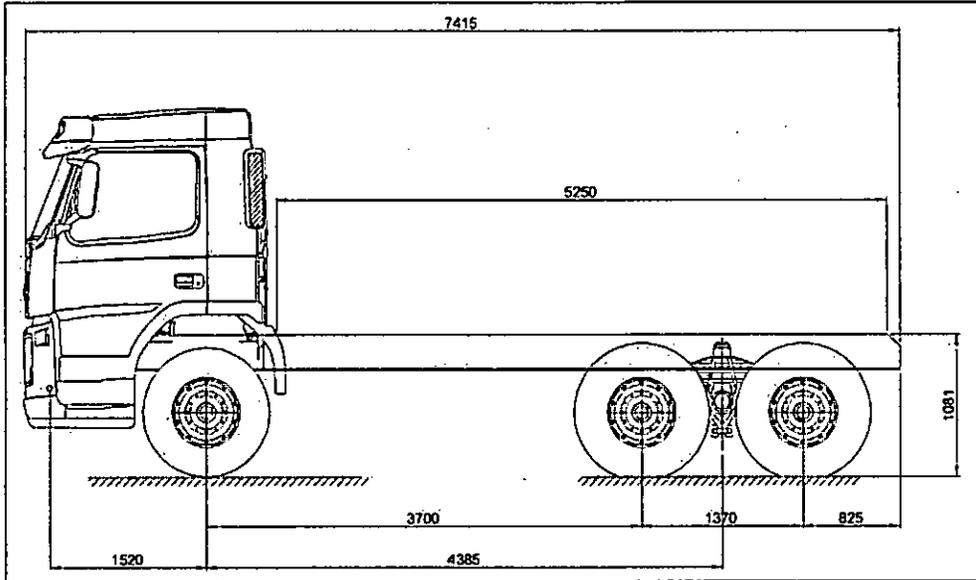
Fuente: del autor.

TABLA. N° 7  
CUADRO DE DIMENSIONES DEL CAMIÓN VOLVO FMX 440 6X4 Y SCANIA P420 6X4

Dimensiones	Modelo Volvo Fmx 440	Modelo Scania P420
A: Distancia entre ejes	3700 mm	3300 mm
B: Distancia entre ejes teórico	4385 mm	4025 mm
C: Voladizo trasero	825 mm	670 mm
D: Largo total	7415 mm	7065 mm
H: Altura del chasis en el eje de tracción	1081 mm	1045 mm
K: Distancia entre los ejes traseros	1370 mm	1450 mm

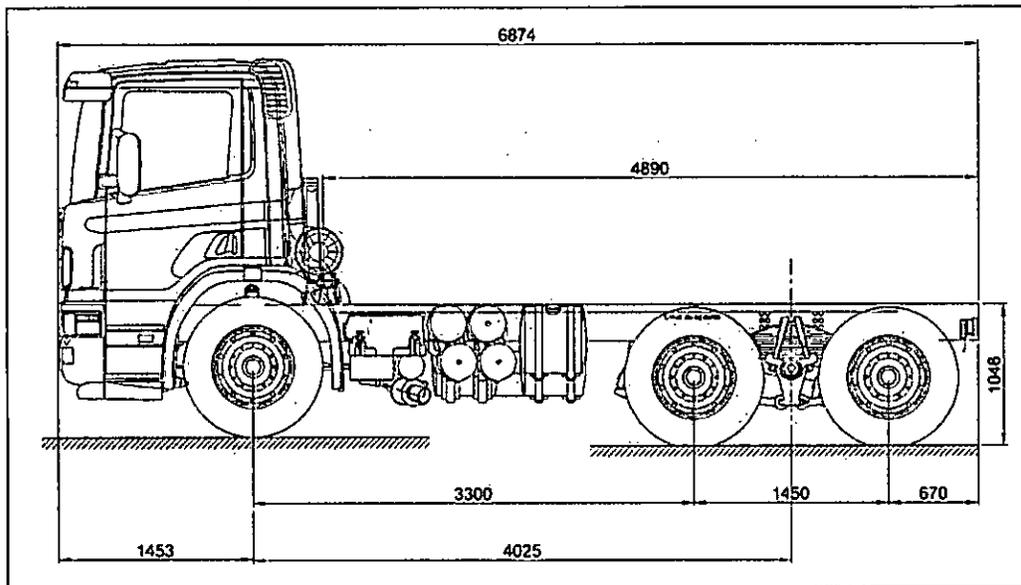
Fuente: del autor.

FIG. N° 16  
DIMENSIONES DEL CAMIÓN VOLVO FMX 440 6X4



Fuente: del autor.

FIG. N° 17  
DIMENSIONES DEL CAMIÓN SCANIA P420 6X4

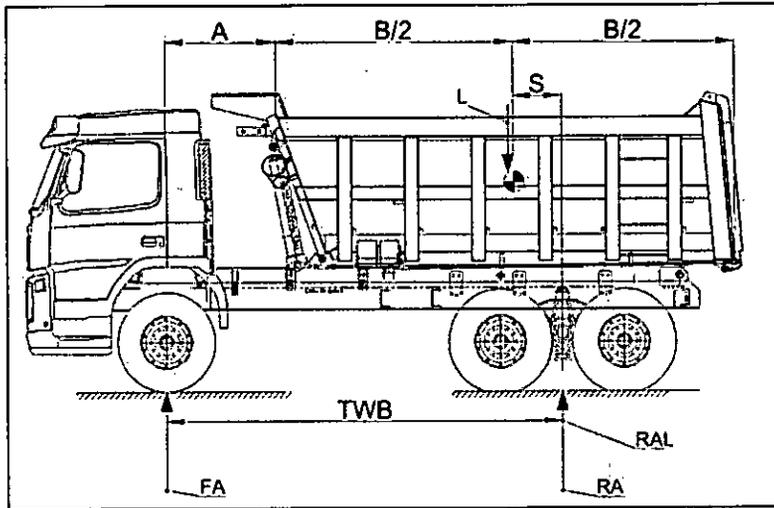


Fuente: del autor.

### Longitud de carrocería

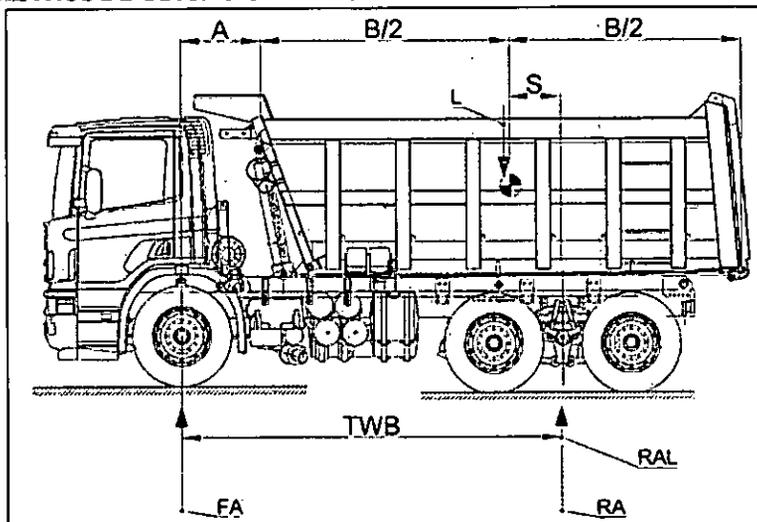
Según Volvo (manual de instrucciones del constructor de carrocerías 2012), describe el siguiente procedimiento para un tipo de vehículo rígido (Volvo Fmx 440 o Scania P420), es esencial determinar la longitud de la carrocería **B**.

FIG. N° 18  
PARÁMETROS DE UBICACIÓN DE TOLVA SOBRE CHASIS VOLVO FMX 440 6X4



Fuente: del autor.

FIG. N° 19  
PARÁMETROS DE UBICACIÓN DE TOLVA SOBRE CHASIS VOLVO FMX 440 6X4



Fuente: del autor.

De las figuras N°18 y N°19, se decidió en primer lugar la carga permitida y la distancia entre el eje delantero y el borde delantero de la carrocería.

Se supone que la carga equivale a la carga permitida total  $L$  y que está distribuida de manera uniforme.

El centro de gravedad de la carga se encuentra  $B/2$  detrás del borde delantero de la carrocería y a una distancia de  $S$  en frente de los ejes traseros.

$S$  es determinado por la ecuación de equilibrio alrededor del eje trasero/eje trasero teórico.

La mitad de la longitud de la carrocería  $B/2$  es:

$$B/2 = TWB - A - S \quad \dots (1)$$

Deben tenerse en cuenta las normas nacionales y locales cuando se especifique la longitud total, la holgura de cabina, el área de oscilación, etc.

$$S = \frac{TWB \times FA}{L} \quad \dots (2)$$

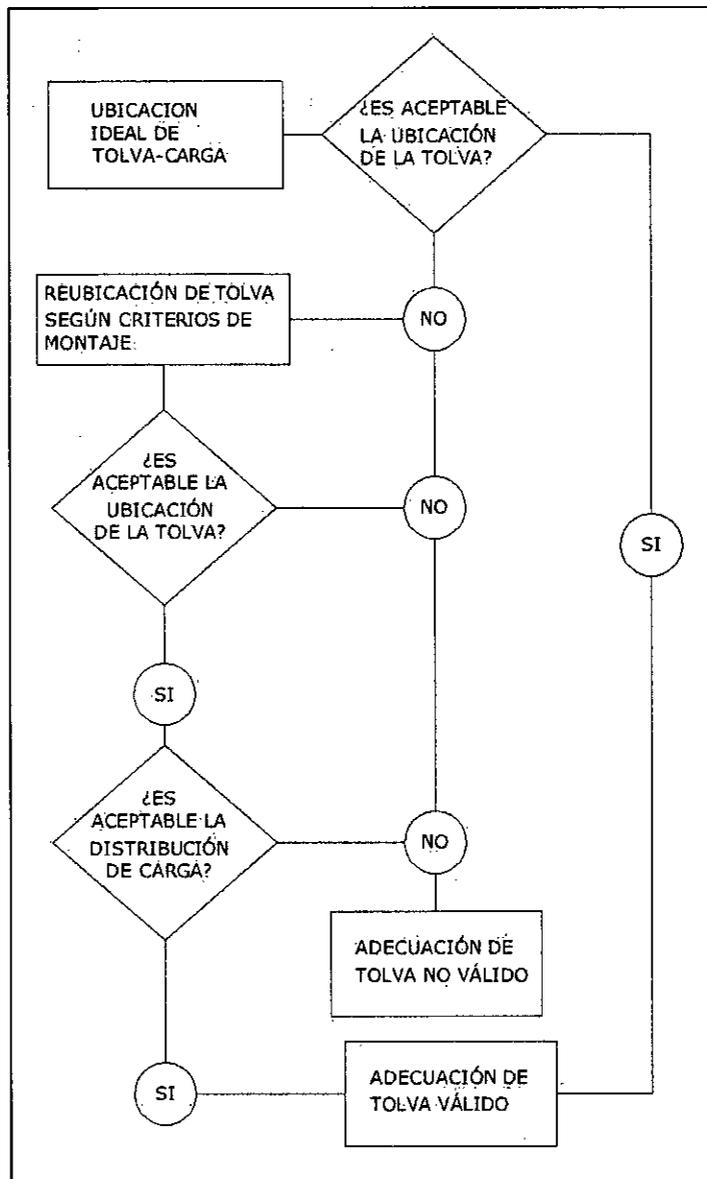
#### 4.5.15. Fijación del bastidor

Usualmente los fabricantes recomiendan diferentes tipos de fijaciones, los tipos de fijaciones varía según el tipo de estructura que se va instalar.

Otra condición que Volvo recomienda, es según el tipo de trocha el cual circularía el vehículo. La instalación de las fijaciones se da respetando las diferentes ubicaciones de los agujeros del chasis no se recomienda perforar el chasis, la fijación al chasis se da con pernos y tuercas grado 8.

### Algoritmo de adecuación y montaje de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>

FIG. N° 20  
ALGORITMO DE ADECUACIÓN DIMENSIONAL DE TOLVA SEMIROQUERA

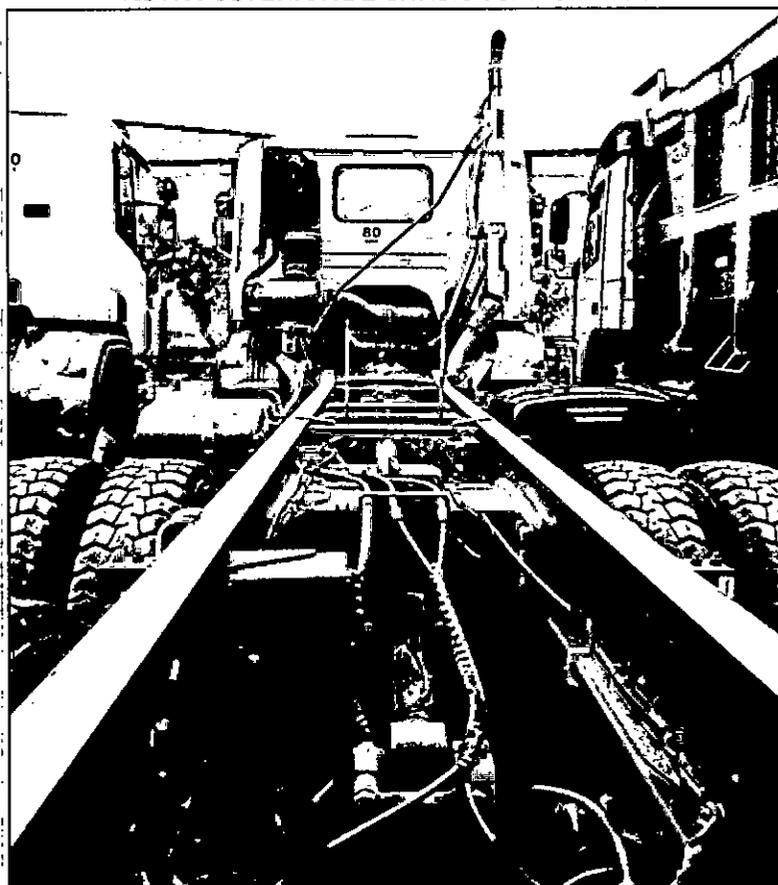


Fuente: del autor.

### Adecuación del bastidor

El dibujo se realizará en AUTOCAD, por cuanto durante el proceso de adecuación del bastidor se necesitara cambiar repetidas veces la geometría de la estructura, hasta que satisfaga todos los objetivos.

FIG. N° 21  
VISTA POSTERIOR DE CHASIS SCANIA P420 6x4



Fuente: Scania Perú

Tomando en cuenta las especificaciones del fabricante, las características del bastidor serán consideradas como los siguientes:

## **Largueros**

Los largueros “Perfil C en traslape” forman una geometría que se extiende para la parte trasera y al final tiene una configuración de curva que facilita el montaje de la suspensión trasera.

## **Travesaños**

- Dos travesaños “Perfil C”, a lo largo del chasis del camión y sobre la parte libre.
- Un travesaño en perfil omega, donde se asienta el pistón, y que esta conjuntamente ensamblado a los travesaños principales.
- Un travesaño en tubo rectangular, destinado para la rigidez en conjunto con el chasis, esta instalación en conjunto coincide con eje posterior del chasis.
- Un travesaño en perfil C, en la parte central esta funcionara como unión entre travesaños y función de rigidez.
- Un perfil lateral en los canales principales en la parte frontal esto es como sugerencia del fabricante, como base de la disminución de esfuerzos.

En cada uno de esos puntos críticos de momentos flectores máximos se determina si los largueros principales del bastidor son capaces de soportar las cargas que sobre ellos van a actuar, teniendo muy presente que se pueden producir en algún momento cargas dinámicas, por lo que es muy conveniente que siempre trabaje con un coeficiente de seguridad no inferior a 3, tomando como referencia en todos los vehículos especiales el coeficiente de elasticidad  $\sigma_e$  del material empleado, pues requieren mayor seguridad que los vehículos que trabajan con cargas

uniformemente repartida, en la que generalmente basta con tomar como referencia el coeficiente de rotura del material.

### **Concentración de esfuerzos en el bastidor**

Para analizar si el bastidor del chasis es apto o no para soportar las fuerzas del peso de tolva-carga, es necesario estudiar las sollicitaciones a las que se ve sometido en las distintas condiciones de operación.

La mayoría de los vehículos necesitan de un refuerzo del chasis. Este se realiza mediante el montaje de un bastidor auxiliar o sub bastidor que es el nexo de unión entre bastidor del chasis y la tolva.

Los estados de carga a los que está sometido el bastidor del chasis son los siguientes:

- **Vehículo cargado:** en este caso el vehículo lleva su caja de carga al máximo de su capacidad. En función del número de ejes, de la colocación de la caja de carga y de la existencia o no de fuerzas puntuales, así se determinará el punto crítico de este estado.
- **Vehículo en fase de descarga del volquete:** en esta situación el volquete estará apoyado sobre el eje de basculación y sobre el apoyo del cilindro, transmitiéndose así las cargas de forma localizada y no uniformemente como en los casos anteriores. Se distinguen ahora dos situaciones:
  - Inicio del vuelco: se entiende como tal el momento en que la caja pasa de estar apoyada uniforme a puntualmente ( $\alpha = 0^\circ$ ).
  - Final del vuelco: este es el punto en el que la tolva llega a su máxima inclinación ( $\alpha = 48^\circ$ ).

- **Posición velocidad constante:** en este caso la carga se encuentra distribuida correctamente, se analiza similar a un caso estático, el cálculo de reacciones sobre los ejes del vehículo delantero y posterior.

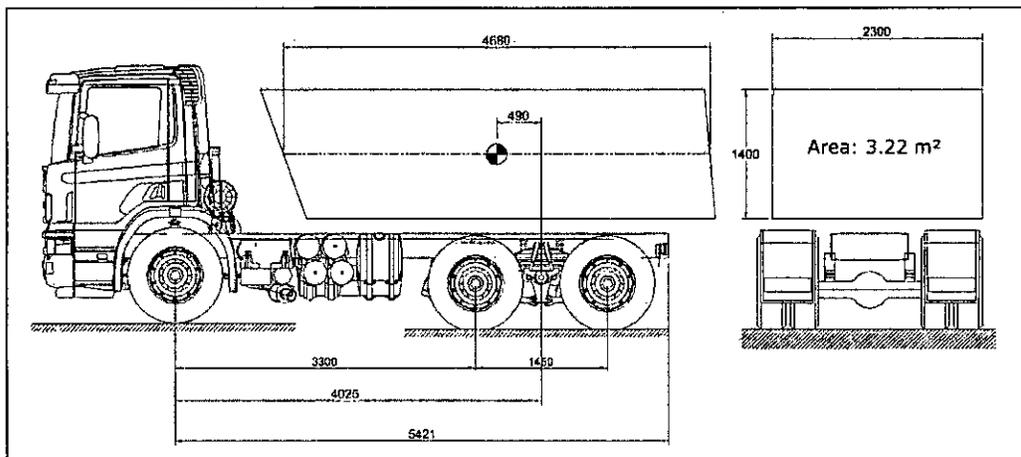
Nota: para la facilidad de análisis en las siguientes figuras la tolva se representará con la sección lateral en forma de paralelogramo.

#### 4.5.16. Análisis de adecuación de tolva semiroquera N°1 sobre un chasis

##### Scania P420 6x4.

Este análisis comprende al estado inicial que se encontró de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>, a la cual denominaremos tolva N°1, ensamblado sobre Chasis Scania P420 6x4.

FIG. N° 22  
DISTANCIAS A LA LÍNEA DEL EJE CENTRAL DE LA TOLVA N°1



Fuente: del autor.

Presentó las siguientes características:

TABLA. N° 8  
ESPECIFICACIONES DE TOLVA N°1

Datos de Tolva Semiroquera		
Volumen	15.00	m <sup>3</sup>
Densidad carga	1500	Kg/m <sup>3</sup>
Largo medio	4680	mm
Peso Equipo	5150	Kg
Peso carga	22500	Kg

Fuente: del autor.

TABLA. N° 9  
ESPECIFICACIONES DE TOLVA N°1 Y CHASIS SCANIA P420 6x4

Distribución de cargas de Scania P420 6x4			
	Eje delantero	Eje Trasero	Total
Carrocería (kg)	573	4127	4700
Carga (kg)	2743	19757	22500
Camión (kg)	5040	4300	9340
Peso total (kg)	8356	28184	36890
Cap. Técnica (kg)	9000	32000	41000
Diferencia (kg)	-644	-3816	-4110

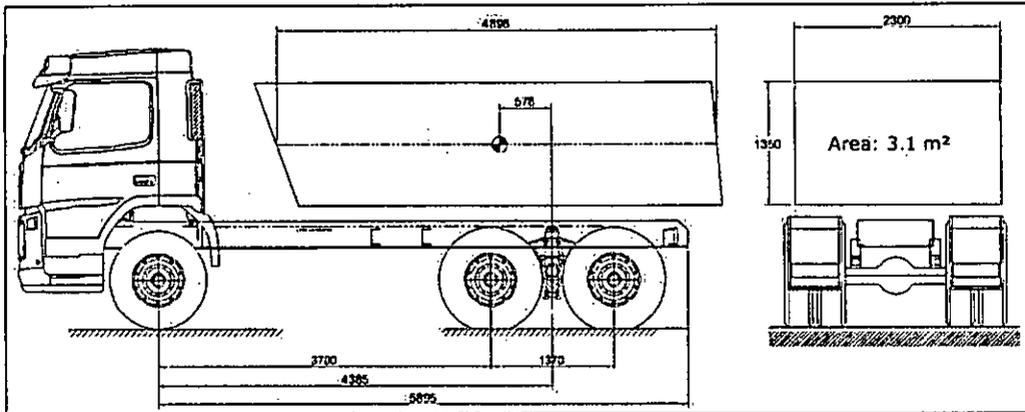
Fuente: del autor.

#### 4.5.17. Análisis de adecuación de tolva semiroquera N°2 sobre un chasis

##### Volvo Fmx 440 6x4.

Este análisis comprende al estado inicial que se recibió de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>, a la cual denominaremos tolva N°2, ensamblado sobre Chasis Volvo Fmx 440 6x4.

FIG. N° 23  
DISTANCIAS A LA LÍNEA DEL EJE CENTRAL DE LA TOLVA N°2



Fuente: del autor.

Presentó las siguientes características:

TABLA. N° 10  
ESPECIFICACIONES DE TOLVA N°2

Datos de Tolva Semiroquera		
Volumen	15	m <sup>3</sup>
Densidad carga	1500	Kg/m <sup>3</sup>
Largo medio	4680	mm
Peso Equipo	5250	Kg
Peso carga	22500	Kg

Fuente: del autor.

TABLA. N° 11  
ESPECIFICACIONES DE TOLVA N°2 Y CHASIS VOLVO FMX 440 6x4

Distribución de cargas de Volvo Fmx 440 6x4			
	Eje delantero	Eje Trasero	Total
Carrocería (kg)	751	4649	5400
Carga (kg)	3130	19370	22500
Camión (kg)	4890	4220	9110
Peso total (kg)	8771	28239	37010
Cap. técnica(kg)	9000	32000	41000
Diferencia (kg)	-229	-3761	-3990

Fuente: del autor.

Cuadro resumen de dimensiones de la tolva semiroquera N°1 y N°2 para ambos chasis:

TABLA. N° 12  
DIMENSIONES DE TOLVA N°1 Y N°2

	Scania P420 6x4 Tolva N°1	Volvo Fmx 440 6x4 Tolva N°2
Ancho interior (mm)	2300	2300
Alto interior (mm)	1400	1350
Longitud media (mm)	4680	4896
Peso de estructura (kg)	5150	5350

Fuente: del autor.

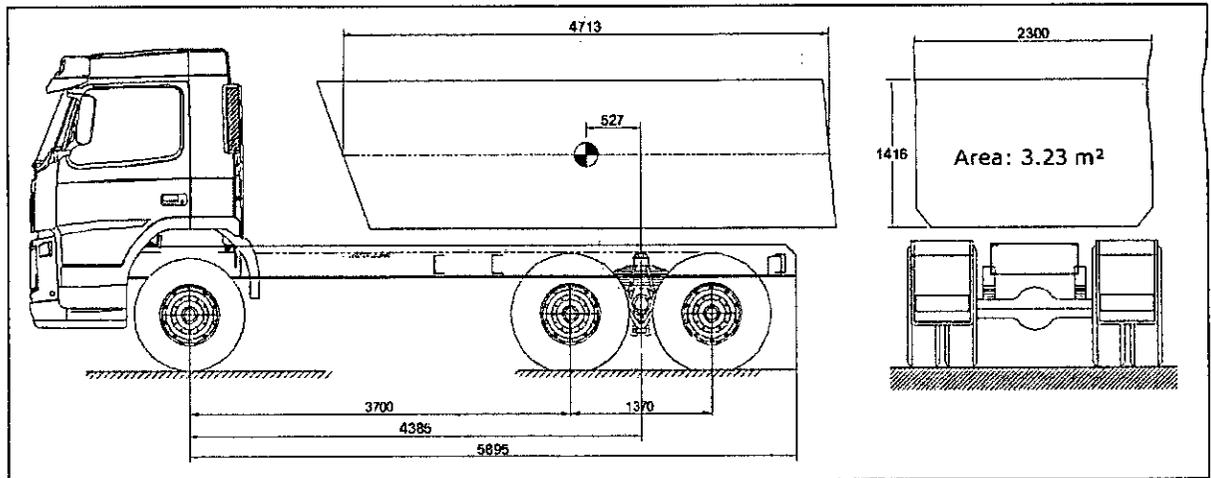
#### **4.5.18. Adecuación Óptima de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> para un chasis Volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4.**

##### **Consideraciones:**

Para la adecuación de la tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>, se realizó diferentes iteraciones siguiendo el algoritmo establecido líneas arriba (pág. 54) logrando la sección y longitud media óptima, como se aprecia en la siguiente figura:

- Para el Chasis Volvo Fmx 440 6x4.

FIG. N° 24  
UBICACIÓN DE MONTAJE DE TOLVA ESTANDAR EN CHASIS VOLVO FMX 440 6x4



Fuente: del autor.

Presenta las siguientes características:

TABLA. N° 13  
ESPECIFICACIONES DE TOLVA ESTANDAR

Datos de Tolva Semiroquera		
Volumen	15	m <sup>3</sup>
Densidad carga	1800	Kg/m <sup>3</sup>
Largo medio	4713	mm
Peso Equipo	5400	Kg
Peso carga	27000	Kg

Fuente: del autor.

TABLA. N° 14  
 ESPECIFICACIONES DE TOLVA Y CHASIS VOLVO

Distribución de cargas de Volvo Fmx 440 6x4			
	Eje delantero	Eje Trasero	Total
Carrocería (kg)	639	4761	5400
Carga (kg)	3193	23807	27000
Camión (kg)	4890	4220	9110
Peso total (kg)	8721	32789	41510
Cap. técnica(kg)	9000	32000	41000
Diferencia (kg)	-279	789	510

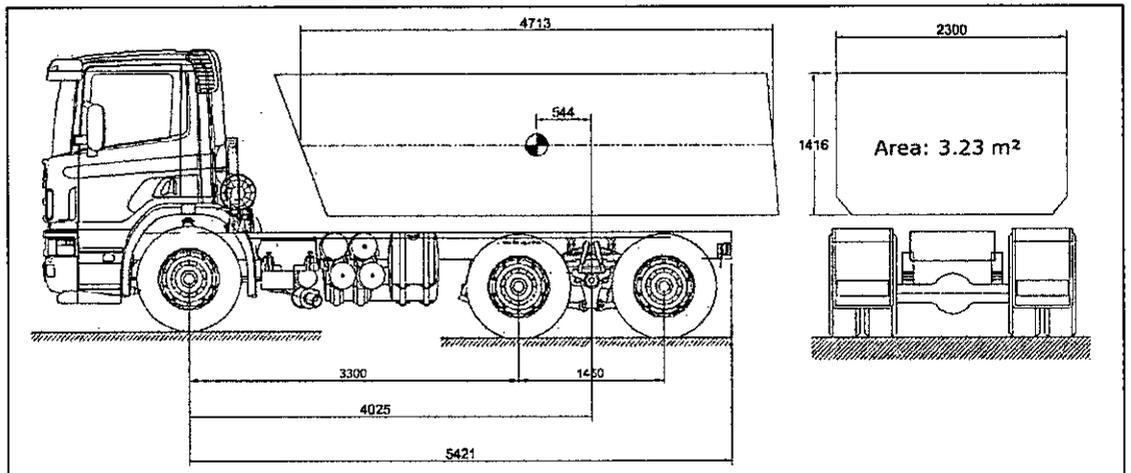
Fuente: del autor.

El centro de gravedad de la carga y carrocería debe encontrarse a **527 mm** respecto al eje posterior.

La sobrecarga existente de 789 kg en el eje posterior se encuentra en el rango máximo permitido según DS-58-2003-MTC.

- **Para el chasis Scania P420 6x4.**

FIG. N° 25  
 UBICACIÓN DE MONTAJE DE TOLVA ESTANDAR EN CHASIS SCANIA P420 6x4



Fuente: del autor.

Presenta las siguientes características:

TABLA. N° 15  
ESPECIFICACIONES DE TOLVA ESTANDAR

Datos de Tolva Semiroquera		
Volumen	15.00	m <sup>3</sup>
Densidad carga	1800	Kg/m <sup>3</sup>
Largo medio	4680	mm
Peso Equipo	5400	Kg
Peso carga	27000	Kg

Fuente: del autor.

TABLA. N° 16  
ESPECIFICACIONES DE TOLVA ESTANDAR Y CHASIS SCANIA  
Distribución de cargas de Scania P420 6x4

	Eje delantero	Eje Trasero	Total
Carrocería (kg)	616	4434	5050
Carga (kg)	3292	23708	27000
Camión (kg)	5040	4300	9340
Peso total (kg)	8948	32442	41740
Cap. Técnica (kg)	9000	32000	41000
Diferencia (kg)	-52	442	740

Fuente: del autor.

El centro de gravedad de la carga y carrocería debe encontrarse a **544 mm** respecto al eje posterior.

La sobrecarga existente de 442 kg en el eje posterior, se encuentra en el rango máximo permitido según DS-58-2003-MTC.

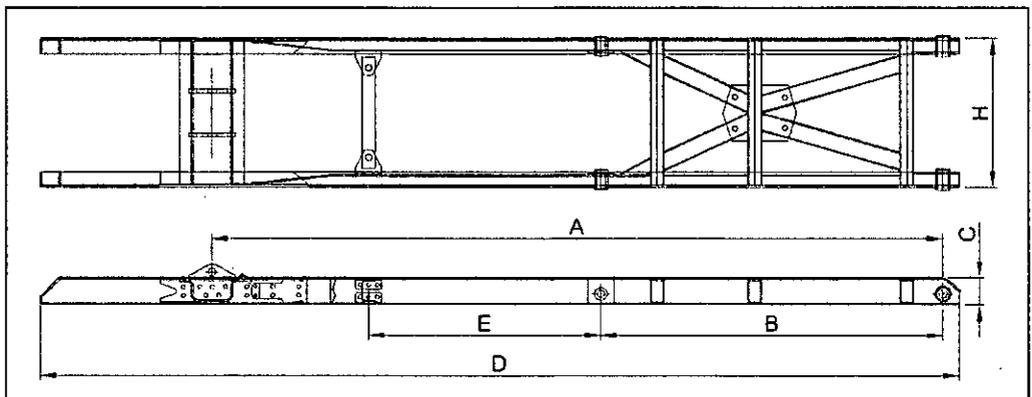
**4.5.19. Adecuación del sub bastidor según una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> para un chasis Volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4.**

Una vez ya definido la tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> para los chasis Volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4, ya es factible adecuar un bastidor de un punto de vista dimensional.

Se debe tener en cuenta que no es posible adecuar un mismo sub bastidor para ambos chasis ya que la distancia entre almas del bastidor es diferente, y por tal el montaje sería inadecuado.

A continuación se detallan las medidas adecuadas para ambos sub bastidores:

FIG. N° 26  
UBICACIÓN DE DIMENSIONES PARAMETRIZADAS DE UN SUB BASTIDOR



Fuente: del autor.

A: Distancia entre centros desde la base inferior del pistón de levante hasta el centro del eje de giro de la tolva.

B: Distancia desde el centro del eje de giro de la tolva hasta el centro del eje de la tijera estabilizadora.

C: Altura del canal del sub bastidor para toda la longitud del canal.

D: Longitud máxima del canal del sub bastidor.

E: Distancia desde el centro del eje de la tijera estabilizadora hasta el centro del puente flexible de los canales longitudinales del sub bastidor.

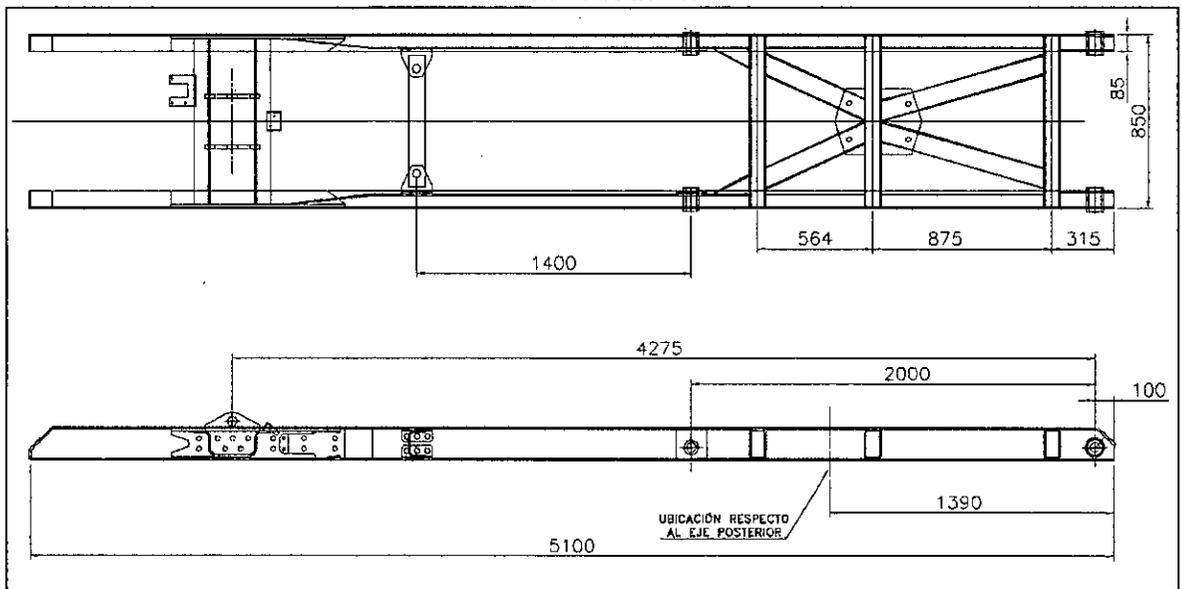
H: Distancia máxima entre los canales que es equivalente al ancho *máximo* del bastidor del camión.

Las siguientes dimensiones A, B, C, E, H son parametrizadas para la fabricación de sub bastidores de un chasis Volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4, mientras la dimensión D, depende del espacio libre para el carrozado y el cual varía según la marca del chasis, de igual manera la dimensión H está vinculada al ancho del chasis de cada marca el cual no son iguales.

De lo establecido se obtuvieron las siguientes dimensiones de los sub bastidores:

- **Para un chasis Volvo Fmx 440 6x4.**

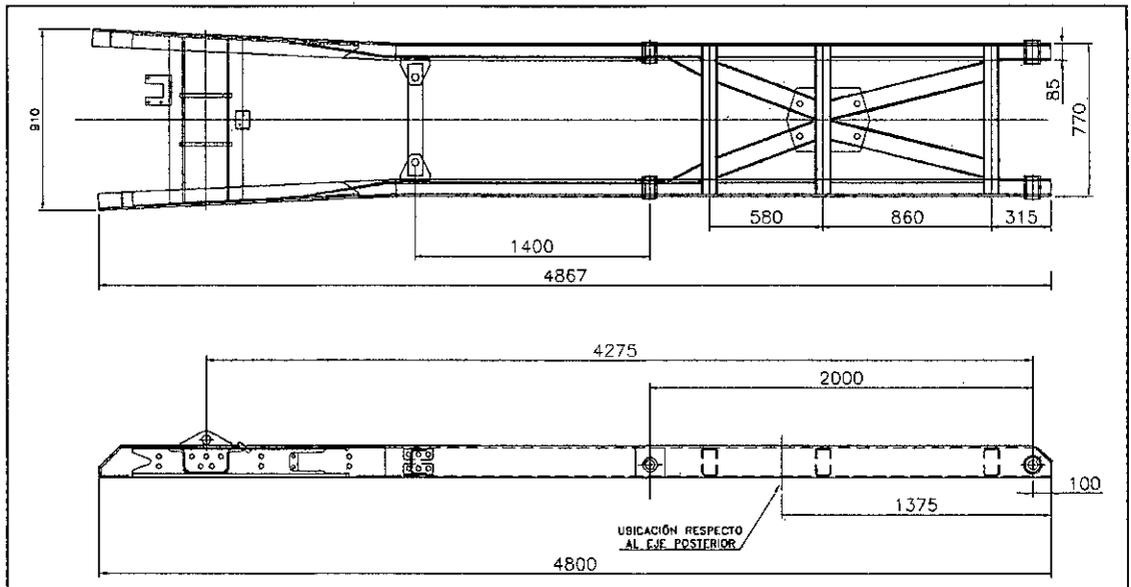
FIG. N° 27  
UBICACIÓN DE DIMENSIONES PARAMETRIZADAS DE UN SUB BASTIDOR PARA  
CHASIS VOLVO FMX 440 6x4



Fuente: del autor.

- Para un chasis Scania P420 6x4.

FIG. N° 28  
UBICACIÓN DE DIMENSIONES PARAMETRIZADAS DE UN SUB BASTIDOR PARA  
CHASIS SCANIA P420 6x4

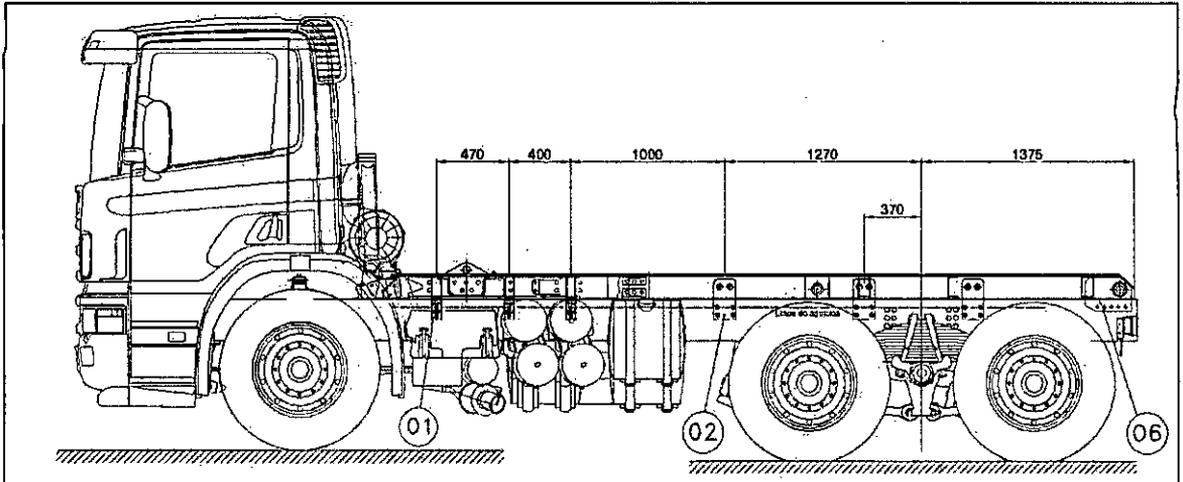


Fuente: del autor.

#### 4.5.20. Adecuación de autopartes de fijación y montaje de tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> y sub bastidor para un chasis Volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4.

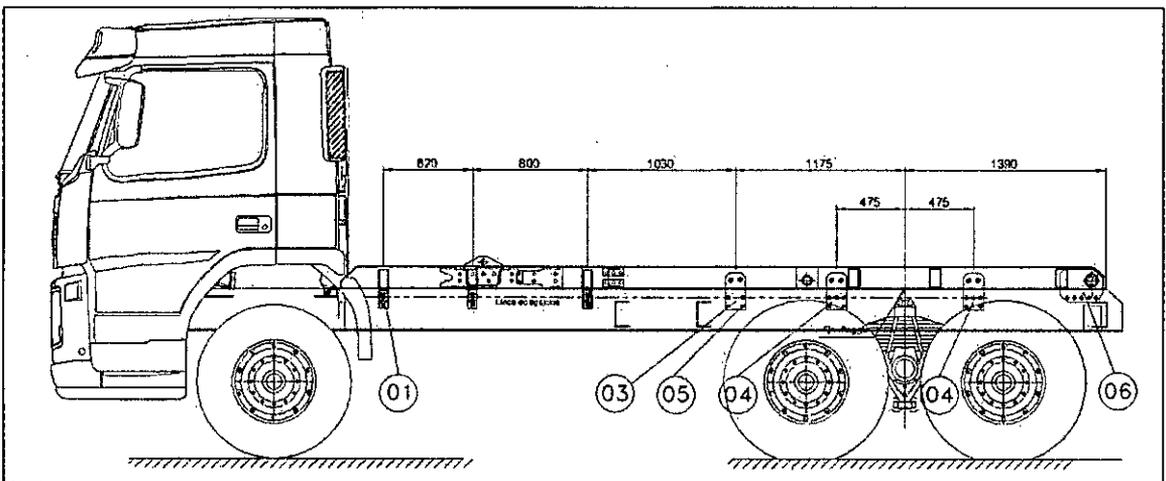
Según volvo en su manual de carrozado, indica los diferentes tipos de fijaciones del sub bastidor y estos se adecuaron para ambos chasis, a continuación se describe las autopartes de fijación del sub bastidor:

FIG. N° 29  
UBICACIÓN DE AUTOPARTES DE FIJACION DEL SUB BASTIDOR EN CHASIS  
SCANIA



Fuente: del autor.

FIG. N° 30  
UBICACIÓN DE AUTOPARTES DE FIJACION DEL SUB BASTIDOR EN CHASIS  
VOLVO



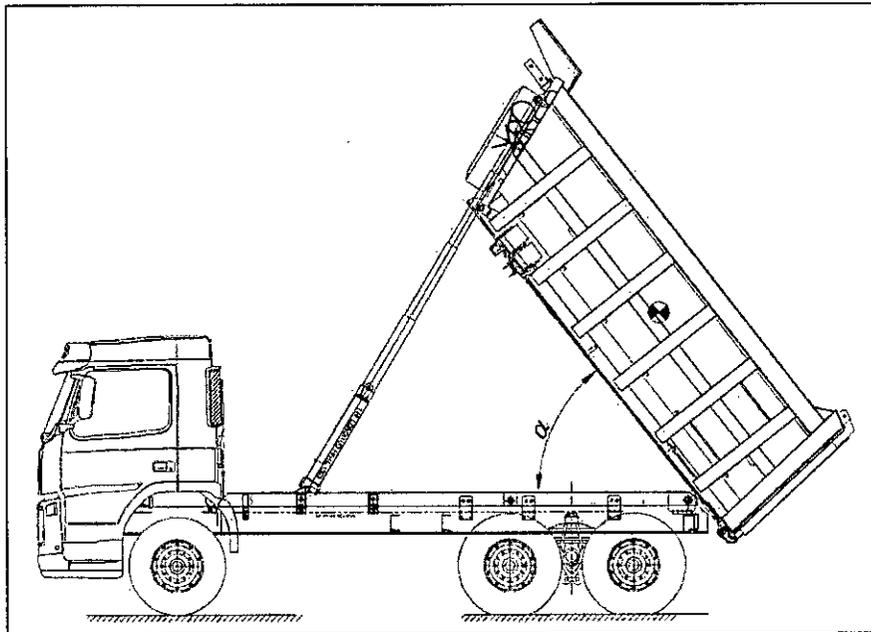
Fuente: del autor.

TABLA. N° 17  
LISTADO DE AUTOPARTES DE FIJACIÓN DE SUB BASTIDOR

Ítem	Cantidad	Descripción
01	4	Amarre flexible doble
02	4	Placas de fijación
03	2	Placas de fijación
04	8	hex. Ø3/4" x 5"UNC, 50mm de long roscada, c/ 2 arandelas y tuerca de seguridad
05	48	hex. Ø9/16" x 2 1/2"UNC, c/ 2 arandelas y tuerca de seguridad.
06	2	Placa zapata de pivoteo

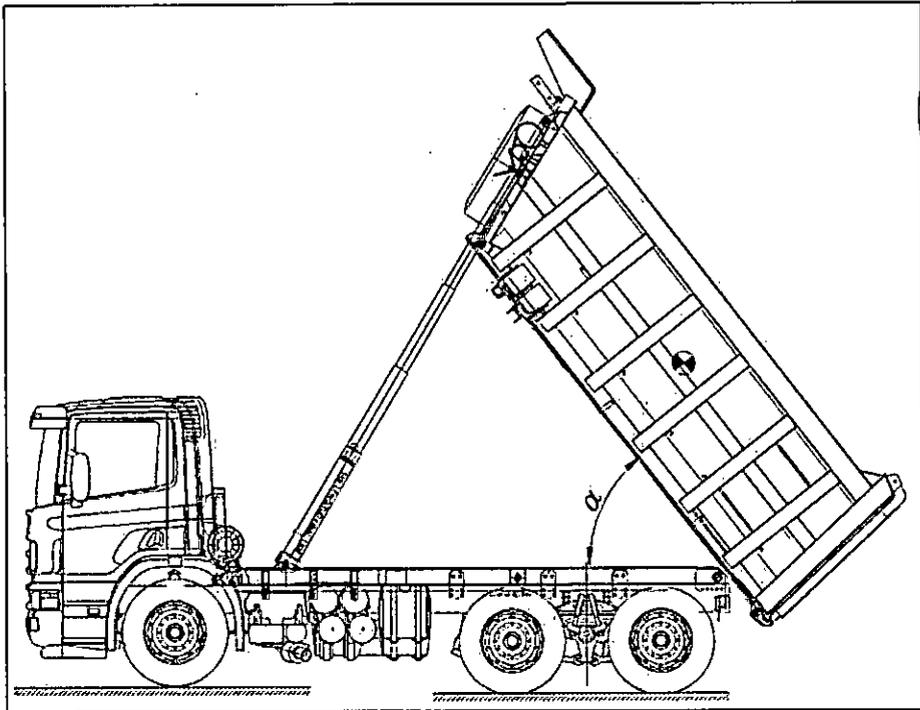
Fuente: del autor.

FIG. N° 31  
TOLVA ESTANDAR PIVOTEADA SOBŘE CHASIS VOLVO FMX 440 6x4



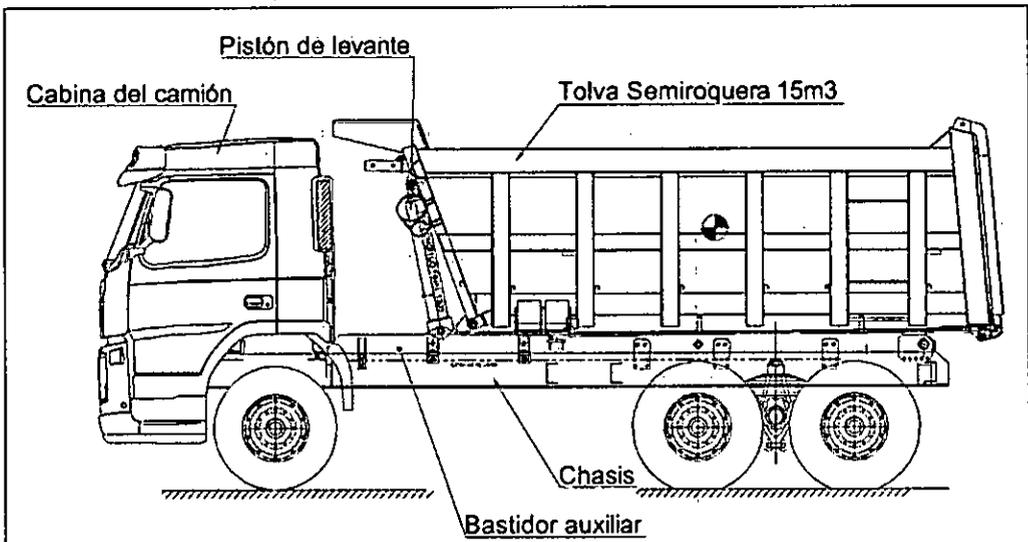
Fuente: del autor.

FIG. Nº 32  
TOLVA ESTANDAR PIVOTEADA SOBRE CHASIS SCANIA P420 6x4



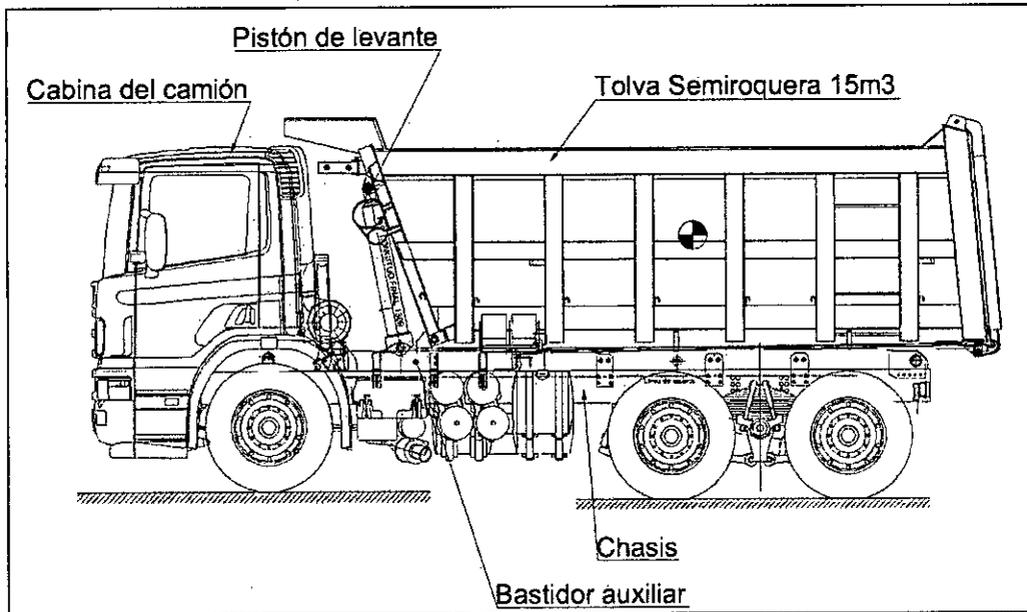
Fuente: del autor.

FIG. Nº 33  
TOLVA SEMIROQUERA ESTANDAR SOBRE CHASIS VOLVO FMX 440 6x4



Fuente: del autor.

FIG. N° 34  
TOLVA SEMIROQUERA ESTANDAR SOBRE CHASIS SCANIA P420 6x4



Fuente: del autor.

## 4.6 Fases del proyecto

### 4.6.1 Fase 1

La fase 1 corresponde a la elaboración del proyecto hasta la presentación y aprobación del proyecto.

- **Elaboración del proyecto**, tuvo las siguientes características:
  - Planteamiento de los objetivos a alcanzar, se definió la meta a alcanzar.
  - Estudio de factibilidad, se revisó si existía información de planos y diseños pasados y planos de reparaciones de tolvas.
  - Planeamiento de recursos para la elaboración del proyecto, se realizó un requerimiento de personal, se realizó una distribución de

prioridades del trabajo diario ya que en simultáneo se debía de desarrollar otros proyectos según las ordenes compra de la empresa.

Elaboración de cronograma de entrega según objetivos planteados, se desarrolló un cronograma de entrega para la gerencia y así controlar el avance.

Elaboración de la inversión del proyecto, se describió los gastos que se generaría durante la elaboración del proyecto, como la compra de equipos de cómputo, compra de EPP, u otros gastos, sólo se consideró los gastos hasta la entrega final del proyecto.

Elaboración de pautas del dossier del proyecto, aquí se fijó todas las pautas del dossier para el desarrollo del proyecto es decir lo ya mencionado como características elaboración del proyecto.

- **Presentación y aprobación del proyecto**

Entrega del dossier del proyecto para la revisión y aprobación de la gerencia general.

#### **4.6.2 Fase 2**

La Fase 2 corresponde a la elaboración de instrumentos de investigación hasta la recolección de información

- **Elaboración de instrumentos de investigación**, se estableció los siguientes instrumentos:

Fichas de medición física del chasis ver FIG N°16.

Observación del proceso de fabricación de tolvas en la zona de planta, verificar la secuencia de armado y soldeo.

Entrevista a los armadores de tolvas, se realizó reuniones para conocer todas las observaciones e inquietudes que se presentaba durante el armado y montaje de la tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>.

Observación de montaje, se observó todo el proceso de montaje y los requerimientos para el montaje.

Observación de acabados de la tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>.

- **Recolección final de información**

Se recopiló toda la data de planos de fabricación y reparaciones de tolvas semiroquera hasta una antigüedad de 5 años.

Revisión de las fichas del chasis de los modelos Volvo Fmx440 6x4 y Scania P420 6x4, con esto se obtuvo la capacidad de carga y la correcta selección del camión para el tipo de trabajo.

Se recopiló las normas legales establecidas para el carrozado sobre un camión, se obtuvo los pesos máximos admisibles para el libre tránsito de un vehículo y las medidas máximas permitidas.

#### **4.6.3 Fase 3**

La Fase 3 corresponde al procesamiento, tabulación de información para luego analizar e interpretar los datos.

- **Procesamiento y tabulación de información**

Se clasificó toda la información, desde medidas pesos dimensiones capacidades del chasis, capacidad de producción de tolvas, tiempos de armado de una tolva, hasta dimensionamiento de tolvas fabricadas, frecuencia de reparaciones y restricciones de montaje de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>.

- **Análisis e interpretación de datos**

Se inicia el bosquejo de la tolva, las medidas fueron basadas en medidas promedios, considerando el ancho máximo legal permitido según el DS MTC 058-2003 y la altura no deberían sobrepasar la cabina del camión sin considerar el frontal de la tolva.

Ubicación de la carga considerando ideal la distribución de cargas para el chasis Volvo Fmx 440 6x4:

TABLA. N° 18  
CUADRO DE PESOS DEL CHASIS VOLVO FMX 440 6x4

	Eje delantero	Eje Trasero	Total
Peso de Carrocería y Carga	4110	27780	31890
Peso de Chasis	4890	4220	9110
Cap. técnica	9000	32000	41000

Fuente: del autor.

El centro de gravedad de la carga y carrocería debe encontrarse a 565 mm respecto al eje posterior.

Ubicación de la carga considerando ideal la distribución de cargas para el chasis Scania P420 6x4:

TABLA. N° 19  
CUADRO DE PESOS DEL CHASIS SCANIA P420 6x4

	Eje delantero	Eje Trasero	Total
Peso de Carrocería y Carga	3960	27700	31660
Peso de Chasis	5040	4300	9340
Cap. técnica	9000	32000	41000

Fuente: del autor.

El centro de gravedad de la carga y carrocería debe encontrarse a 503 mm respecto al eje posterior.

Bosquejos de tolva con las dimensiones del chasis considerando la reubicación debido a la interferencia del frontal con la cabina.

Bosquejo del sub bastidor, se consideró el ancho máximo entre almas del bastidor ver tabla N° 1, se consideró la ubicación del eje posterior y el voladizo posterior de cada chasis del Volvo Fmx440 6x4 y Scania P420 6x4.

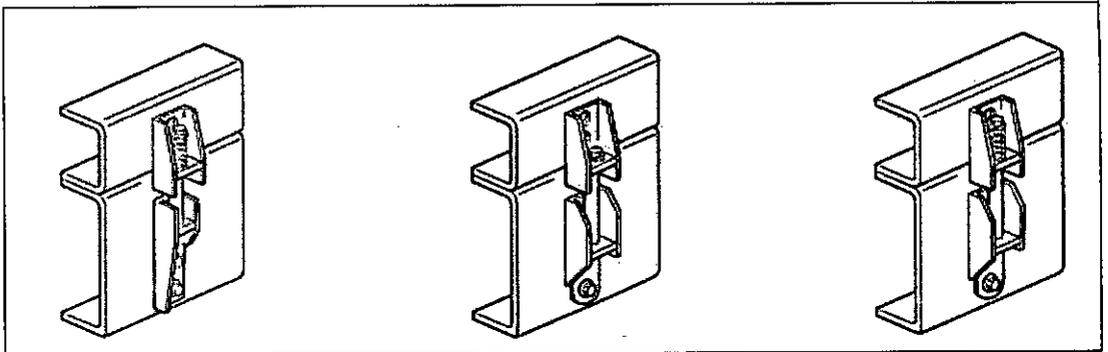
Se estandariza las autopartes de fijación del sub bastidor, considerando las recomendaciones del fabricante Volvo y Scania, (ver FIG. N° 34) las fijaciones y las placas de fijación se fijan al chasis con tornillos M14. Las fijaciones o placas de fijación se atornillan o sueldan al sub bastidor.

**Nota:**

Si consideramos la ubicación de la tolva a la distancia ideal en la simulación de volteo y montaje ocurre una interferencia del frontal de la tolva con la parte superior de la cabina del camión en ambos casos,

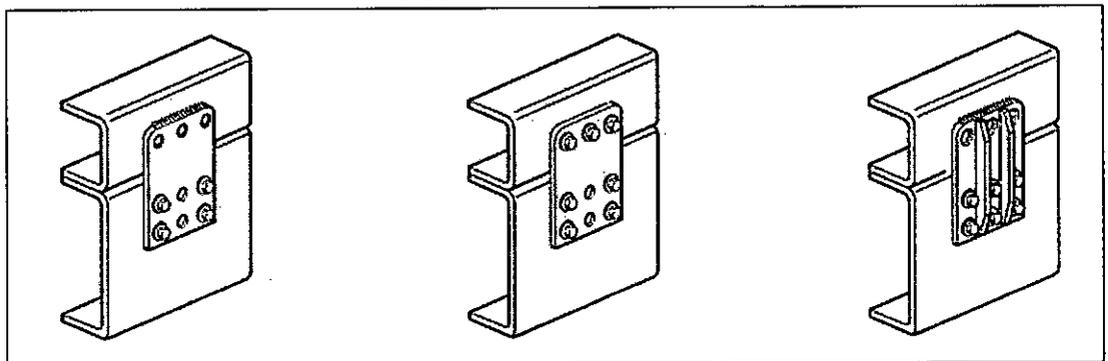
es por ello la necesidad de retroceder la tolva para evitar interferencia de la tolva con la cabina del camión.

FIG. N° 35  
FIJACIÓN FRONTAL DEL SUB BASTIDOR PARA UN CHASIS VOLVO FMX 440 6X4  
O SCANIA P420 6X4



Fuente: Volvo Trucks Corporation

FIG. N° 36  
FIJACIÓN POSTERIOR DEL SUB BASTIDOR PARA UN CHASIS VOLVO FMX 440  
6x4 O SCANIA P420 6X4



Fuente: Volvo Trucks Corporation

#### 4.6.4 Fase 4

En la Fase 4 se completó del dossier del proyecto, para luego presentar y solicitar la aprobación de la gerencia general.

- **Redacción del proyecto**, se elaboró un:  
Dossier del proyecto, el cual contenía planos de ensamble, planos de despiece para la fabricación de la tolva y planos de montaje de la tolva

semiroquera de 15 m<sup>3</sup>, se elaboró cuadros de despiece con cantidad y material de piezas, se realizó las cotizaciones de las placas de acero y cotización de autopartes de montaje del sub bastidor.

- **Presentación y aprobación del proyecto**

Después de completado el dossier del proyecto se hizo formalmente la entrega del proyecto a la gerencia general para su aprobación.

#### **4.6.5 Fase 5**

La fase 5 es la etapa final del proyecto con la orden de fabricación y montaje de la tolva estándar, y es por ello que fue necesario la supervisión durante la fabricación y montaje de una tolva semiroquera de 15m<sup>3</sup> para un chasis Volvo Fmx 440 6x4 y Scania P420 6x4.

- **Supervisión del proyecto**

Se concretó la fabricación de la tolva semiroquera y del sub bastidor, se realizó la supervisión in situ desde el área de corte y doblado de piezas de hasta el área de pinturas y acabados, se verificó el armado de las partes de la tolva semiroquera.

Se realizó la supervisión del montaje del sub bastidor y tolva semiroquera de 15m<sup>3</sup>, constatando las medidas de montaje que se consideró en la adecuación de la tolva.

Se realizó las revisiones de planos en el dossier del proyecto con las modificaciones que se presentó durante la fabricación, armado y montaje del sub bastidor y tolva semiroquera de 15m<sup>3</sup>.

TABLA. N° 20  
CUADRO DE FASES DEL PROYECTO

# Fase	Descripción	Tiempo de duración
Fase 1	Elaboración del proyecto	22 días
	Presentación y aprobación del proyecto	5 días
Fase 2	Elaboración de instrumentos de investigación	5 días
	Recolección final de información	12 días
Fase 3	Procesamiento y tabulación de información	8 días
	Análisis e interpretación de datos	23 días
Fase 4	Redacción del proyecto	80 días
	Presentación y aprobación del proyecto	20 días
Fase 5	Supervisión del proyecto	36 días

Fuente: del autor

## V. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICO

### 5.1 Evaluación Económica

Al desarrollar el proyecto se requirió que formase parte de las inversiones de la empresa, ya que a futuro esto generaría mayor dinamismo a la producción de una tolva semiroquera.

#### 5.1.1 Costes Directos

Costes de Fabricación y montaje de tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>.

TABLA N° 21  
COSTES DE FABRICACIÓN

<b>Fabricación</b>	
Fabricación de Tolva	9600
Fabricación de sub bastidor	2500
Fabricación placas, amarres flexibles y escarpines	1500
Fabricación de cajuelas porta faros	240
Fabricación de Machina de fabricación de sub bastidor	1500
Costo de corte placa Hardox	620
<b>Sub total S/.</b>	<b>15960</b>

Fuente: del autor

TABLA N° 22  
COSTES DE MONTAJE

<b>Montaje</b>	
Montaje de sub bastidor	1100
Montaje de Tolva	700
Montaje de Brazo + Tijera	620
Montaje del Sistema Hidráulico	1240
Montaje escarpines	300
<b>Sub total S/.</b>	<b>3960</b>

Fuente: del autor

TABLA N° 23  
COSTES DE SERVICIOS

<b>Servicios</b>	
Servicio de Pintado General + Limpieza	2500
Servicio de Pintado Accesorios	300
Servicio de Instalaciones Eléctricas	630
Corte y Doblez	5500
Flete	700
Montacargas	700
<b>Sub total S/.</b>	<b>10330</b>

Fuente: del autor

TABLA N° 24  
COSTES DE AUTOPARTES

<b>Autopartes</b>	
BASE INFERIOR DE PISTON	680
BASE SUPERIOR DE PISTON	700
BISAGRA DE COMPUERTA	1100
ZAPATA	2200
TIJERA ESTABILIZADORA	2900
BRAZO DE MANTENIMIENTO	900
MECANISMO DE CIERRE	2250
<b>Sub total S/.</b>	<b>10730</b>

Fuente: del autor

TABLA N° 25  
COSTES DE ACCESORIOS

<b>Accesorios:</b>	
Sistema Eléctrico	700
Escarpines y logos	746
<b>Sub total S/.</b>	<b>723</b>

Fuente: del autor

TABLA N° 26  
COSTES DE SISTEMA HIDRAULICO

<b>SISTEMA HIDRAULICO</b>	
CILINDRO HIDRAULICO DE 4 CUERPOS	9600
TANQUE 90L. NACIONAL CON ACCESORIOS HYVA	3300
HIDROLINA	2300
VALVULA DISTRIDUIDORA	2100
VALVULA FIN DE CURSO	620
Comando Neumático	580
CONTADOR DE CICLOS DIGITAL	460
OTROS (Mangueras, conectores)	3000
<b>Sub total S/.</b>	<b>21960</b>

Fuente: del autor

### 5.1.2 Costos Indirectos

TABLA N° 27  
COSTES DE OFICINA TECNICA

<b>Oficina técnica</b>	
Máquina PC, Impresora A3, otros	8500
Herramientas de medición longitudinal	365
Elementos de protección personal	650
Remuneraciones de personal técnico y profesional	24700
<b>Sub total S/.</b>	<b>9515</b>

Fuente: del autor

El coste total para la elaboración del proyecto de la adecuación de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> para un chasis Volvo Fmx440 6x4 o Scania P420 6x4 es de S/. 73 178 soles.

### 5.2 Evaluación Técnico

La elaboración del proyecto se requirió personal calificado para las diferentes etapas y fases del proyecto.

**Para la fabricación:**

Se requirió de personal calificado desde soldadores armadores y soldadores homologados en 2G, todo el material en acero usado en la fabricación tuvo sus certificados de calidad, los insumos químicos usados fueron provistos por el mismo fabricante y no por distribuidores, se contó con asistencia de supervisión para la soldadura de placas Hardox (placas anti desgaste), en la mayoría de casos se realizó el procedimiento de soldadura "WPS", en la fabricación del sub bastidor se consideró las recomendaciones de cada manual de carrozado del fabricante de chasis, a fin evitar algún reclamo por parte del fabricante de chasis.

**Para el análisis y procesamiento de información:**

Se contó con personal calificado para las diferentes fases del proyecto, se requirió de personal técnico dibujante para la toma de medidas y trasladarlo a un software de dibujo, se coordinó con personal de experiencia en armado de tolvas y estructuras similares para la elaboración de un plan de armado en secuencia de la tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>.

**Para el montaje:**

Todo el montaje se realizó basado en las normas legales establecidas en como es el DS 058-2003-MTC, y en paralelo se envió el cuadro de distribución de cargas a los representantes de las marcas de cada camión para su conocimiento y a la espera de alguna observación.

**TABLA N° 23  
COSTES DE SERVICIOS**

<b>Servicios</b>	
Servicio de Pintado General + Limpieza	2500
Servicio de Pintado Accesorios	300
Servicio de Instalaciones Eléctricas	630
Corte y Doblez	5500
Flete	700
Montacargas	700
<b>Sub total S/.</b>	<b>10330</b>

Fuente: del autor

**TABLA N° 24  
COSTES DE AUTOPARTES**

<b>Autopartes</b>	
BASE INFERIOR DE PISTON	680
BASE SUPERIOR DE PISTON	700
BISAGRA DE COMPUERTA	1100
ZAPATA	2200
TIJERA ESTABILIZADORA	2900
BRAZO DE MANTENIMIENTO	900
MECANISMO DE CIERRE	2250
<b>Sub total S/.</b>	<b>10730</b>

Fuente: del autor

**TABLA N° 25  
COSTES DE ACCESORIOS**

<b>Accesorios:</b>	
Sistema Eléctrico	700
Escarpines y logos	746
<b>Sub total S/.</b>	<b>723</b>

Fuente: del autor

**TABLA N° 26**  
**COSTES DE SISTEMA HIDRAULICO**

<b>SISTEMA HIDRAULICO</b>	
CILINDRO HIDRAULICO DE 4 CUERPOS	9600
TANQUE 90L. NACIONAL CON ACCESORIOS HYVA	3300
HIDROLINA	2300
VALVULA DISTRIDUIDORA	2100
VALVULA FIN DE CURSO	620
Comando Neumático	580
CONTADOR DE CICLOS DIGITAL	460
OTROS (Mangueras, conectores)	3000
<b>Sub total S/.</b>	<b>21960</b>

Fuente: del autor

### 5.1.2 Costos Indirectos

**TABLA N° 27**  
**COSTES DE OFICINA TECNICA**

<b>Oficina técnica</b>	
Máquina PC, Impresora A3, otros	8500
Herramientas de medición longitudinal	365
Elementos de protección personal	650
Remuneraciones de personal técnico y profesional	24700
<b>Sub total S/.</b>	<b>9515</b>

Fuente: del autor

El coste total para la elaboración del proyecto de la adecuación de una tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup> para un chasis Volvo Fmx440 6x4 o Scania P420 6x4 es de S/. 73 178 soles.

### 5.2 Evaluación Técnico

La elaboración del proyecto se requirió personal calificado para las diferentes etapas y fases del proyecto.

**Para la fabricación:**

Se requirió de personal calificado desde soldadores armadores y soldadores homologados en 2G, todo el material en acero usado en la fabricación tuvo sus certificados de calidad, los insumos químicos usados fueron provistos por el mismo fabricante y no por distribuidores, se contó con asistencia de supervisión para la soldadura de placas Hardox (placas anti desgaste), en la mayoría de casos se realizó el procedimiento de soldadura "WPS", en la fabricación del sub bastidor se consideró las recomendaciones de cada manual de carrozado del fabricante de chasis, a fin evitar algún reclamo por parte del fabricante de chasis.

**Para el análisis y procesamiento de información:**

Se contó con personal calificado para las diferentes fases del proyecto, se requirió de personal técnico dibujante para la toma de medidas y trasladarlo a un software de dibujo, se coordinó con personal de experiencia en armado de tolvas y estructuras similares para la elaboración de un plan de armado en secuencia de la tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>.

**Para el montaje:**

Todo el montaje se realizó basado en las normas legales establecidas en como es el DS 058-2003-MTC, y en paralelo se envió el cuadro de distribución de cargas a los representantes de las marcas de cada camión para su conocimiento y a la espera de alguna observación.

## VIII. ANEXOS Y PLANOS

### Anexo 1

#### Tiempos de fabricación para la entrega de un volquete

TABLA N° 28  
TIEMPOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UNA TOLVA SEMIROQUERA DE 15 m<sup>3</sup> NO ADECUADA

	Descripción	Tiempo	
Elaboración de planos	Elaboración de planos de ensamble y despiece	4 días	4 días
Fabricación	Habilitado de corte y doblado de piezas	2 días	10 días
	Fabricación del frontal	1 día	
	Fabricación del lateral	1 día	
	Fabricación del piso	1 día	
	Fabricación de la compuerta	1 día	
	Fabricación del sub bastidor	2 días	
	Ensamble de partes de la tolva	2 días	
Montaje	Montaje del sub bastidor	1 día	2 días
	Montaje de la tolva semiroquera de 15 m <sup>3</sup>	1 día	
Acabados	Pintado base de tolva	1 día	4 días
	Instalación eléctrica	1 día	
	Instalación Hidráulica	1 día	
	Pintado final de tolva ensamblada	1 día	
<b>Tiempo total de fabricación, montaje y acabados</b>			<b>20 días</b>

Fuente: del autor

TABLA N° 29  
TIEMPOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UNA TOLVA SEMIROQUERA DE 15 m<sup>3</sup> ADECUADA PARA EL MONTAJE SOBRE UN CHASIS VOLVO FMX 440 6X4 Y SCANIA P420 6X4

	Descripción	Tiempo	
Montaje	Montaje del sub bastidor	1 día	2 días
	Montaje de la tolva semiroquera de 15 m <sup>3</sup>	1 día	
Acabados	Pintado base de tolva	1 día	4 días
	Instalación eléctrica	1 día	
	Instalación Hidráulica	1 día	
	Pintado final de tolva ensamblada	1 día	
<b>Tiempo total de fabricación, montaje y acabados</b>			<b>6 días</b>

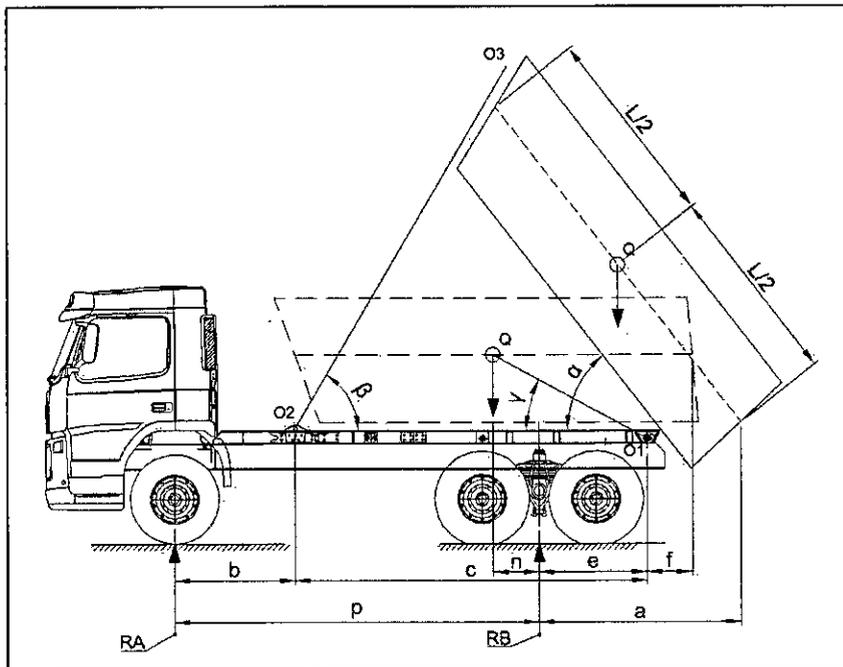
Fuente: del autor

## Anexo 2

### Parámetros de montaje de una tolva semiroquera

Las dimensiones de los parámetros utilizados en los cálculos que se adjuntan y que definen la geometría del vehículo carrozado de acuerdo a la figura, son las siguientes:

FIG. N° 37  
ESQUEMA DE TOLVA PIVOTEADA



Fuente: del autor

Donde:

$L$ : Longitud media de la tolva en mm.

$a$ : Voladizo posterior en mm.

$p$ : Distancia entre ejes en mm.

$m$ : Distancia eje delantero al comienzo de la caja de carga.

$O_1$ : Punto de articulación de la caja.

$O_2$ : Punto del soporte del cilindro elevador

O3: Punto de empuje del cilindro elevador sobre la caja de carga

$\alpha$ : Ángulo de giro de la caja de carga con respecto al bastidor

$\gamma$ : Ángulo con respecto al bastidor de la unión de O1 carga (punto G) con el c.d.g.

$\beta$ : Ángulo de inclinación del cilindro elevador con respecto al bastidor

c: Distancia entre los puntos O1 y O2.

f: Distancia entre el eje de articulación de la caja de carga y el extremo de ésta.

e: Distancia entre el eje trasero y el punto de articulación O2 de la caja.

b: Distancia entre el eje delantero y el punto de soporte del cilindro elevador O.

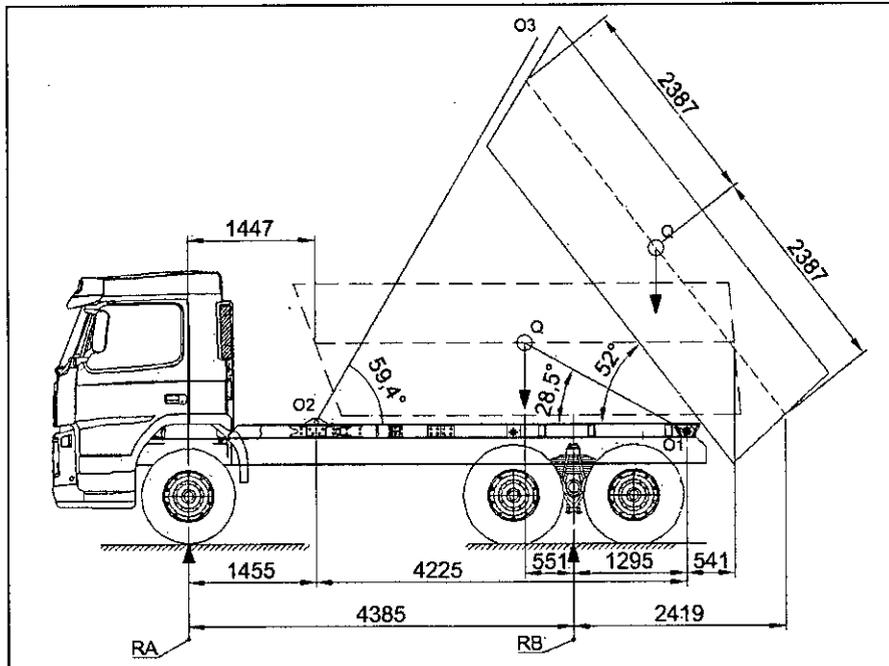
R1: Fuerza sobre el eje de articulación de la caja de carga.

R2: Fuerza sobre la caja de carga debido al empuje del cilindro elevador.

R3: Componente perpendicular al bastidor de la fuerza de empuje del cilindro elevador.

Q: Peso del carrozado más la carga útil ( $Q_1+Q_2$ ) en Kg.

FIG. N° 38  
 ESQUEMA CON DIMENSIONES DE LA TOLVA Y EL BASTIDOR AUXILIAR



Fuente: del autor

Para el carrozado, objeto del presente proyecto, los valores de las medidas son los siguientes:

$a = 1836 \text{ mm.}$	$p = 4385 \text{ mm.}$	$L = 4774 \text{ mm.}$	$m = 1447 \text{ mm.}$
$c = 4225 \text{ mm.}$	$e = 1295 \text{ mm.}$	$f = 541 \text{ mm.}$	$b = 1455 \text{ mm.}$
$n = 551 \text{ mm}$	$\alpha = 52^\circ$	$\beta = 59.4^\circ$	$\gamma = 28.5^\circ$

### Anexo 3

#### Calculo de esfuerzos en chasis sin el montaje de un sub bastidor.

En posición de inicio de vuelco de la mercancía,  $\alpha = 0^\circ$

En el comienzo de elevación de la caja de carga ( $\alpha = 0^\circ$ ), el bastidor comienza a estar sometido a las cargas puntuales  $R_1$  y  $R_3$ .

El valor de estas reacciones en el comienzo de la elevación de la carga viene dadas por las siguientes expresiones:

$$R_1 = C \times \frac{[C - (\frac{L}{2} - a)]}{C}$$

$$R_3 = C \times \frac{(\frac{L}{2} - a)}{C}$$

Reemplazando valores:

$$R_1 = 16136.62 \text{ Kg}$$

$$R_3 = 12526.58 \text{ Kg}$$

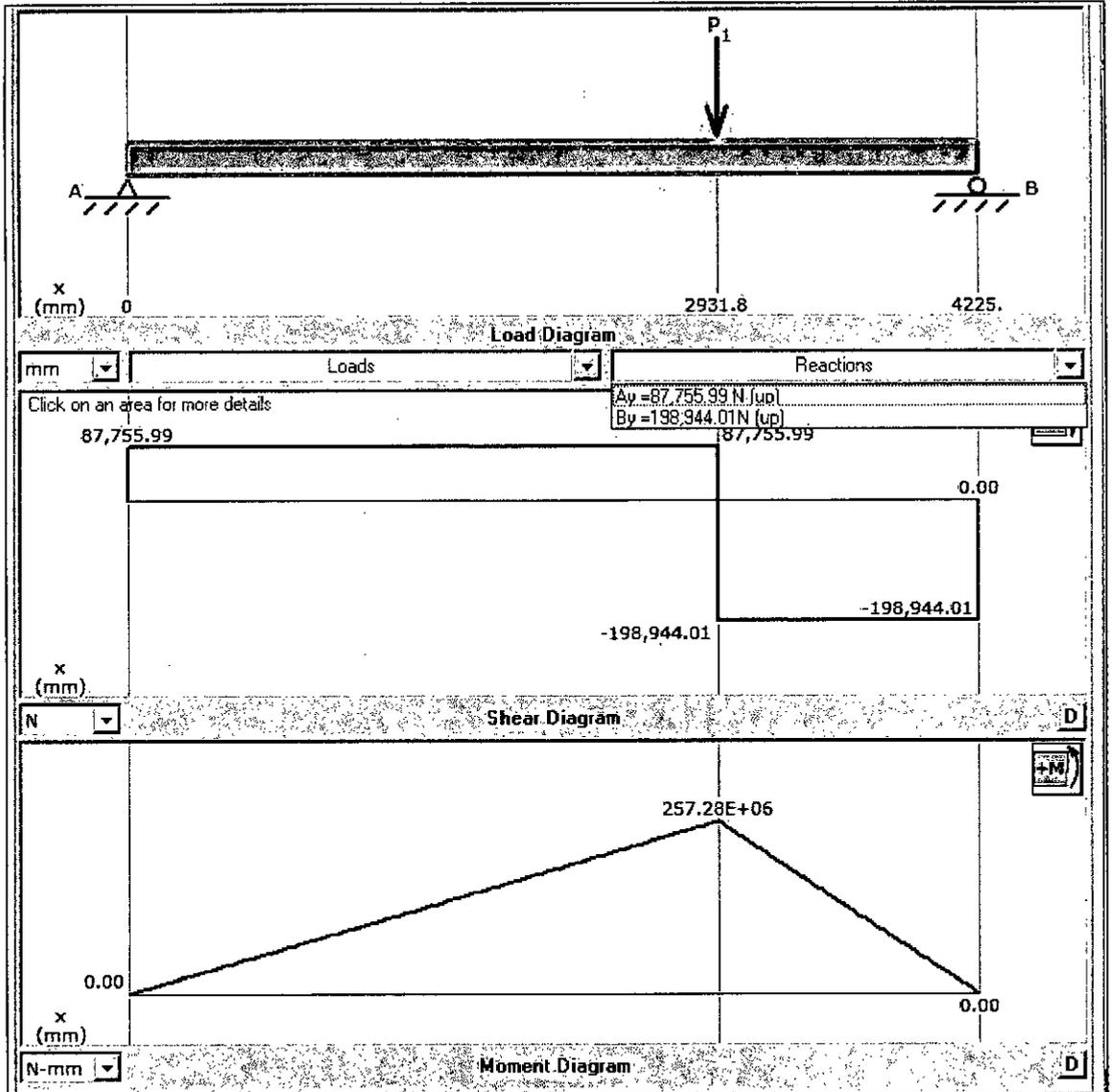
Nota:

Para los cálculos de los valores de la reacciones se utilizó el software común MDSolid.

En posición de vuelco de la mercancía para  $\alpha = \alpha(\text{MÁX}) = 48^\circ$

Para la posición de trabajo de máxima inclinación de la caja de carga, las reacciones que se ejercen sobre el bastidor valen en este caso:

FIG. N° 39  
 GRÁFICA DE MOMENTOS SOBRE EL SUB BASTIDOR



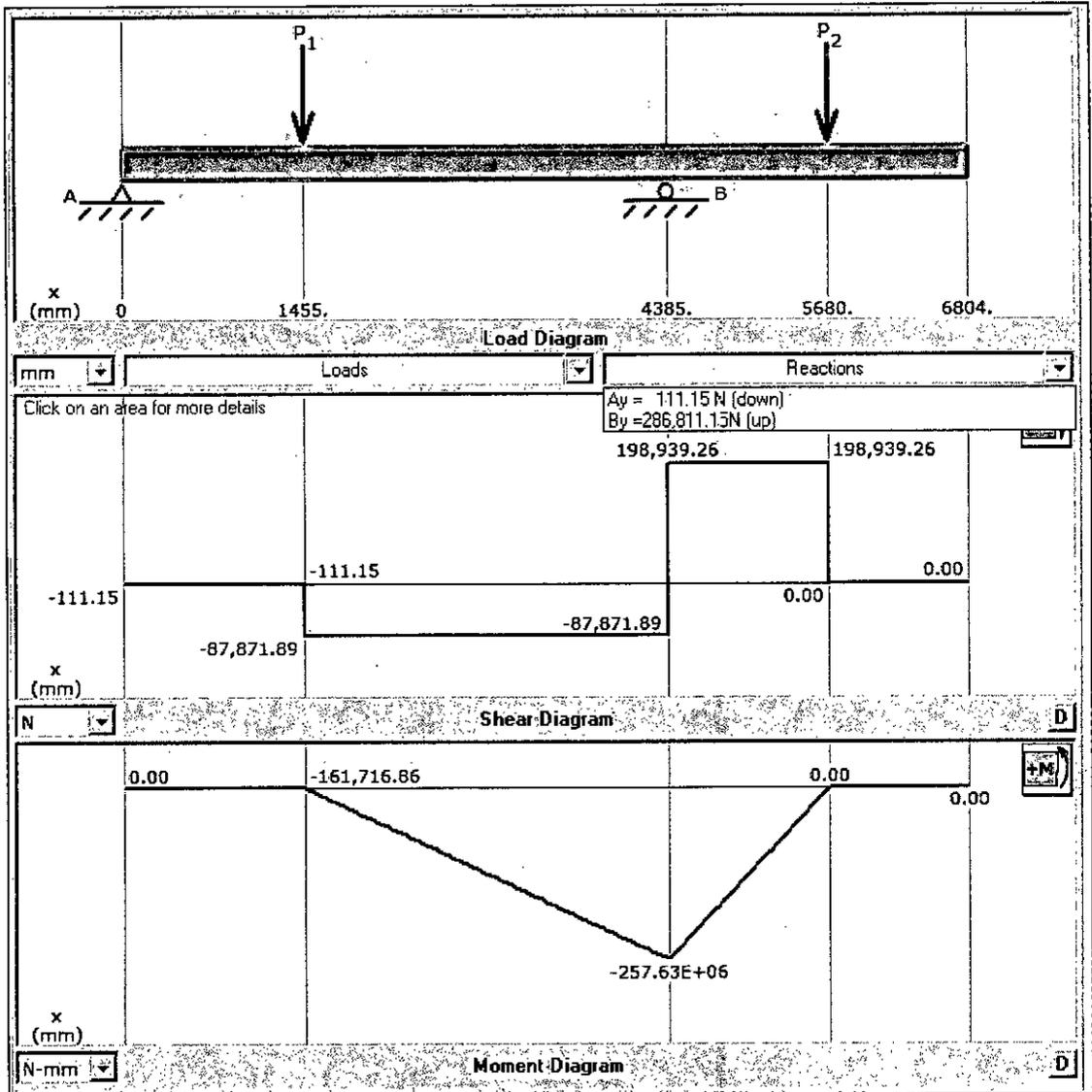
Fuente: del autor

$R_1 = 19893.926 \text{ kg}$ .

$R_3 = 8776.074 \text{ kg}$ .

Para esta ocasión las reacciones sobre los ejes delantero y trasero del vehículo valen:

FIG. N° 40  
 GRAFICA DE MOMENTOS SOBRE EL CHASIS



Fuente: del autor

$$R_{A100\%} = -11.115 \text{ kg.}$$

$$R_{B100\%} = 28681.115 \text{ kg}$$

Para este resultado se consideró que toda la tolva esta pivoteada con toda la carga de los 15 m<sup>3</sup> el cual se daría en un caso fortuito y en condiciones que ningún fabricante de camión y de carrocería (tolva) garantiza, sin embargo el tipo de

trabajo de estos camiones nada está condicionado ya que realizan un trabajo de importancia en proyectos de minería y construcción en condiciones críticas.

#### **Análisis de la zona crítica**

Después de analizar las fuerzas que actúan sobre el bastidor y el chasis del camión, se concluye que la zona crítica esta la zona de pivoteo en el momento que la tolva tiene su inclinación máxima y con toda la carga dentro de la tolva.

#### **Anexo 4**

##### **Momento resistente del chasis del camión**

El bastidor original está formado por dos largueros de perfil en U continuo.

Ambos largueros están unidos entre sí por travesaños fijados con cartolas.

El bastidor dispone también de barra anti empotramiento.

Es muy complicado precisar con exactitud las propiedades mecánicas del material del chasis ya que los fabricantes son muy reservados en su información con respecto a materiales de fabricación.

El material predispuesto para el chasis del camión es el modelo comercial domex 700, ya que tiene propiedades estructurales mucho mejores que el acero comercial ASTM A36 o el ASTM A572, entonces como consecuencia el bastidor auxiliar también debe tener como mínimo las mismas propiedades mecánicas que el material del chasis del camión.

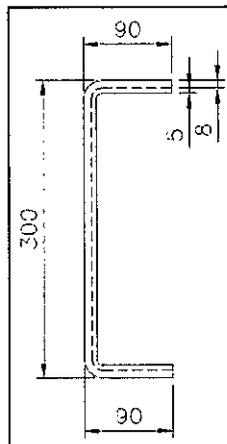
Para el análisis de los esfuerzos y su comportamiento a las cargas sobre el chasis y el bastidor auxiliar, se usó el software de diseño Autocad, el cual tiene una

herramienta para la visualización de las propiedades geométricas y momentos de inercia principales de la sección.

Para el análisis de los modelos se muestra algunas de las fórmulas para los cálculos pertinentes, con los datos mostrados en la figura de los modelos:

Perfil del chasis del Volvo Fmx 440.

FIG. N° 41  
PERFIL DEL BASTIDOR DEL CAMIÓN VOLVO FMX 440 6x4



Fuente: del autor

Dimensiones:

$h_1$ : altura

$b_1$ : ancho del ala

$e_1$ : espesor

Área de la sección:

$$A_1 = 2 \cdot e_1 \cdot b_1 + e_1 (h_1 - 2e_1)$$

Reemplazando valores:

$$S_1 = 2 \times 13 \times 90 + 13 \times (300 - 2 \times 13) = 5902 \text{ mm}^2$$

Suma de momentos (área de cada rectángulo por la distancia de su centro de gravedad al eje x de referencia tomado en la base del bastidor):

$$M_x = b_1 \cdot \frac{h_1^2}{2} + b_1 (h_1 - 2 \cdot \frac{h_1}{2}) (\frac{h_1}{2}) + b_1 \cdot \frac{h_1}{2} \cdot (h_1 - \frac{h_1}{2})$$

Reemplazando valores:

$$M_x = 13 \times 90 \times \frac{13}{2} + 13(300 - 2 \times 13) (\frac{300}{2}) + 13 \times 90 \times (300 - \frac{13}{2})$$

$$= 885300 \text{ mm}^3$$

Calculo de Ymax:

$$Y_1 = \frac{M_x}{A} = \frac{885300}{5902} = 150 \text{ mm}$$

$$Y_2 = h_1 - Y_1 = 300 - 150 = 150 \text{ mm}$$

$$Y_{\text{max}} = \max(Y_1, Y_2) = 150 \text{ mm}$$

Calculo del momento de inercia:

$$I_{cg} = \frac{1}{12} b_1 \cdot h_1^3 - \frac{1}{12} (b_1 - b_2) \cdot (h_1 - 2 \cdot \frac{h_1}{2})^3$$

$$I_{cg} = \frac{1}{12} 90 \cdot 300^3 - \frac{1}{12} (90 - 13) \times (300 - 2 \times 13)^3 = 70503879.33 \text{ mm}^4$$

$$t = | \frac{h_1}{2} - \frac{h_1}{2} | = 150 - \frac{300}{2} = 0$$

$$I_x = I_{cg} + t^2$$

$$I_x = I_{cg} + t^2$$

$$I_x = I_{cg} + t^2$$

$$I_x = 458597.63 + 5902 \times 0 = 70503879.33 \text{ mm}^4$$

Momento resistente  $W_1$ :

$$W_1 = \frac{I_x}{Y_{\text{max}}} = \frac{70503879.33}{150}$$

3

$$w_1 = \frac{y_{\text{max}}}{150} \rightarrow W_1 = \frac{705406.29}{150} = 4702708.6 \text{ mm}$$

El momento máximo al que se somete el chasis y bastidor, el cual se produce

para el vehículo parado con la tolva a 48°:

$$M_{fmax} = 257.28 \times 106 \text{ N.mm} = 26234.84 \times 10^3$$

Cálculo de la tensión máxima del chasis y bastidor por cada larguero:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{2W_1} = \frac{26234.84 \times 10^3}{2 \times 470025.86} = 27.90 \text{ N/mm}^2$$

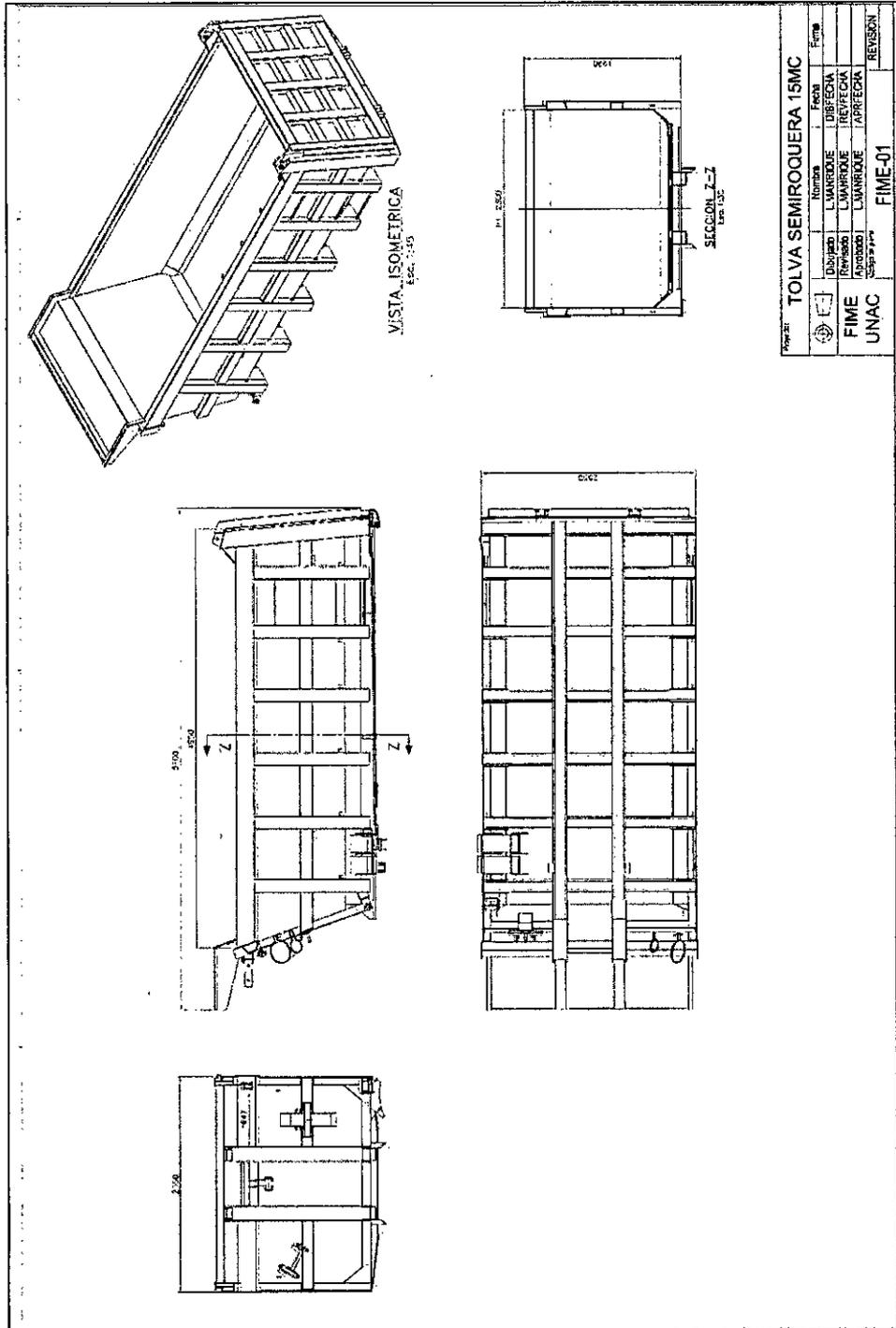
Coefficiente de seguridad C.S, para  $\sigma_e = 70 \text{ kg/mm}^2$ :

$$C.S. = \frac{\sigma_e}{\sigma_{max}} = \frac{70}{27.90} = 2.5$$

Como el coeficiente de seguridad del bastidor es menor a 3, se requiere añadir un sub bastidor auxiliar hasta que el conjunto bastidor y sub bastidor, supere como mínimo un coeficiente de seguridad de 3.

# Plano 1

Plano de ensamble de la tolva semiroquera de 15 m<sup>3</sup>.



TOLVA SEMIROQUERA 15MC			
Nombre	Fecha	Forma	
Diseño	L. MARQUE	DIBUECHO	
Revisado	L. MARQUE	REVUECHA	
Aprobado	L. MARQUE	APRECHA	
REVISION			
FIME-01			
UNAC			