

**DISEÑO DE ELEVADOR MOVIL PARA VEHICULOS LIVIANOS
Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO A ESCALA**

**JAVIER MAURICIO PLATA REMOLINA
LUIS EDUARDO GARCÍA SÁNCHEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2.004

**DISEÑO DE ELEVADOR MOVIL PARA VEHICULOS LIVIANOS
Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO A ESCALA**

**JAVIER MAURICIO PLATA REMOLINA
LUIS EDUARDO GARCÍA SÁNCHEZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
ALFREDO PARADA CORRALES
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2.004**

DEDICATORIA

A Dios, por ser luz a pesar de mi distancia

A mis padres, por su amor y lucha desinteresada

A mis hermanos, por su infinita paciencia

A May, inspiración y vida

AGRADECIMIENTOS

A Alfredo Parada Corrales, ingeniero mecánico, director del proyecto por ser maestro, motivador y guía.

A mis padres y familiares.

A todos mis queridos amigos.

LUIS EDUARDO GARCIA

DEDICATORIA

A Dios, por ser la fuerza y guía de mi vida

A mi Padre (QEPD) por darme su apoyo y amor en vida e inspiración desde el cielo

A mi Madre por su dedicación y empeño por hacer de mi lo mejor

A mi esposa e Hijo, con todo mi amor, por darme razones de seguir adelante

A mis hermanos por ser el respaldo de mi vida

A la vida por ser un reto cada día

AGRADECIMIENTOS

A Alfredo Parada Corrales, ingeniero mecánico, director del proyecto y amigo, por su respaldo, por sus palabras llenas de sabiduría, confianza y colaboración oportuna.

A mis padres, hermanos, esposa e hijo y familiares por que siempre creyeron en mi.

A todos mis amigos que de alguna forma me colaboraron en el proceso del proyecto.

JAVIER MAURICIO PLATA

CONTENIDO

	pág.	
1	ELEVADORES PARA VEHÍCULOS	3
1.1	DEFINICIÓN	3
1.1.1	Génesis de los Elevadores de Vehículos	4
1.2	TIPOS DE ELEVADORES	4
1.2.1	Fosos de Servicio	5
1.2.2	Sistemas Empotrados Bajo el Piso	6
1.2.3	Sistemas Sobre Piso	7
1.3	ELEVADORES MONOCOLUMNA	16
1.3.1	Generalidades	16
1.3.2	Elevadores Monocolumna para Vehículos Liviano	17
1.4	CONSIDERACIONES TECNICAS Y DE SEGURIDAD RELACIONADAS CON LA ELEVACIÓN DE VEHICULOS	20
1.4.1	Capacidad de Carga del Elevador	20
1.4.2	Conocimiento del Vehículo a Elevar	21
1.4.3	Adaptadores para Enganche del Chasis del Vehículo	23
2	NORMATIVIDAD Y REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD	26
2.1	INSTITUTO AMERICANO DE ELEVADORES PARA AUTOMOTORES ALI	29
2.2	ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD APLICABLE	31
2.2.1	Alcance	31
2.2.2	Objeto	32
2.2.3	Aplicación	32
2.2.4	Fecha de Aplicación	32
2.2.5	Interpretación	32
2.2.6	Normas de Referencia	32
2.2.7	Definiciones	34

2.2.8	Construcción	38
3.	PREDISEÑO DEL ELEVADOR MÓVIL PARA VEHÍCULOS LIVIANOS	47
	CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y TÉCNICAS BÁSICAS PARA EL ELEVADOR DE VEHÍCULOS LIVIANOS	47
	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES DEL ELEVADOR	47
	Estructura	47
	Sistema de potencia	48
	Sistema de control	48
	Elementos de seguridad	49
	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS	49
4.	INVESTIGACION EXPLORATORIA - ELEVADORES PARA AUTOMOVILES EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA	60
5.	DISEÑO FINAL DE ELEVADOR MÓVIL PARA VEHÍCULOS LIVIANOS	62
5.1	DEFINICIÓN DE LA FORMA CONSTRUCTIVA	62
5.2	DIMENSIONAMIENTO DEL ELEVADOR	62
5.2.1	Dimensiones de los Vehículos a Elevar	63
5.2.2	Altura Máxima de Elevación	65
5.2.3	Estabilidad del Conjunto Vehículo-Elevador	65
5.2.4	Dimensión típica de las rutas de transito del elevador en los talleres de servicio	65
5.3	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	66
5.3.1	Análisis estático para la estabilidad del elevador	69
5.4	CAPACIDAD DE CARGA DEL ELEVADOR	75
5.4.1	Análisis de la Carga de Diseño para los Brazos del Elevador	75
5.4.2	Capacidad de Carga Máxima para los Brazos del Elevador	78
5.5	MODELADO DEL ELEVADOR	79
5.6	ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL ELEVADOR	80

5.6.1	Simulación Conjunto Carro de Elevación	82
5.6.2	Simulación Conjunto Columna – Base de Soporte	89
5.7	ANALISIS ESTATICO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES	95
	Brazos Del Elevador	96
	DCL General para Cualquier Brazo (Delantero ó Trasero)	99
5.8	CÁLCULOS DE SOLDADURA	107
5.5	DISEÑO DEL TORNILLO	109
5.5.1	Geometría del Tornillo de Potencia	110
5.5.2	Evaluación del Torque de Subida	111
5.5.3	Evaluación de Esfuerzos en el Tornillo y la Tuerca	112
5.5.4	Evaluación de Esfuerzos en las Tuercas de carga y de Seguridad	113
5.6	CALCULO DE LAS BANDAS DE TRANSMISION	116
5.7	SISTEMA ELECTRICO DEL ELEVADOR	120
5.7.1	Descripción de las Actividades de Control	121
5.7.2	Componente del Sistema Eléctrico	122
5.7.3	Esquemas Eléctricos de Potencia y de Control	122
5.8	SISTEMA DE RUEDAS RETRACTILES	124
	6. CONSTRUCCION A ESCALA DE UN MODELO DE ELEVADOR MOVIL PARA VEHICULOS LIVIANOS	127

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Elevador Hidráulico Rotativo	4
Figura 2 Fosos de servicio (carcamos)	5
Figura 3 Sistemas de Elevación Empotrados bajo el piso	6
Figura 4 Elevador de dos columnas con brazos simétricos	10
Figura 5 Elevador de dos columnas con brazos asimétricos	10
Figura 6 Sistema De Elevación Sobre Piso	11
Figura 7 Elevador Sobre Piso Hidráulico	11
Figura 8 Clasificación General De Los Sistemas De Elevación Sobre Piso	12
Figura 9 Elevador Fijo, doble tijera, hidráulico.	14
Figura 10 Elevador Fijo, tijera simple, hidráulico.	14
Figura 11 Elevador Fijo, tijera simple, hidráulico.	14
Figura 12 Elevador Fijo de paralelogramo, hidráulico.	14
Figura 13 Elevador fijo, 2 columnas, electromecánico.	15
Figura 14 Elevador fijo, cuatro columnas, hidráulico.	15
Figura 15 Elevador Móvil, tijera simple, hidráulico.	15
Figura 16 Elevador móvil, monocolumna, hidráulico.	15
Figura 17 Elevador de columnas móviles	17
Figura 18 Elevadores monocolumna fijos para vehículos livianos	19
Figura 19 a- Seguridad contra desgaste de la tuerca motriz, b- Bandeja para herramientas	19
Figura 20 Identificación de los Puntos de Elevación Recomendados por los Fabricantes	22
Figura 21 Etiqueta de Identificación de los Puntos de Elevación	22
Figura 22 Centro de Gravedad del Vehículo	23
Figura 23 Adaptadores Tipo Clip con Bloqueo	24
Figura 24 Adaptadores Auxiliares para Vehículos 4 x 4 y Camionetas	25

Figura 25 Alternativas Constructivas para el Elevador de Vehículos Livianos	50
Figura 26 Diseño Preliminar Propuesto (Isometría 1)	58
Figura 27 Diseño Preliminar Propuesto (Isometría 2)	59
Figura 28 Encuestas Realizadas	61
Figura 29 Elevador Monocolumna Tomado como Base para el Dimensionamiento	64
Figura 30 Áreas de Sustentación Ofrecidas por el Elevador	66
Figura 31 Vista Superior Estabilidad del Conjunto Vehículo - Elevador	69
Figura 32 Vistas Auxiliares - Esquema de Fuerzas para Volcadura Inminente del Elevador	73
Figura 33. Esquema de Fuerzas para Volcadura Inminente del Elevador	74
Figura 34 Distribución Típica de la Masa en los Vehículos Livianos	76
Figura 35 DCL de un Brazo del Elevador	77
Figura 36 DCL de un Brazo del Elevador con Rediseño del Apoyo	78
Figura 37 Modelado 3D del Elevador utilizando Solid Edge	80
Figura 38 Vista 3D del Conjunto Carro de Elevación	81
Figura 39 Vista 3D del Conjunto Columna Base de Soporte	81
Figura 40 Conjunto Carro-elevador	96
Figura 41 DCL y Parámetros Dimensionales Para un Brazo	97
Figura 42 Parámetros Dimensionales Conjunto Carro Elevador	99
Figura 43 DCL Extensión del Brazo	100
Figura 44 DCL Brazo	100
Figura 45 DCL Punto E	101
Figura 46 DCL Punto H	101
Figura 47 DCL Carro Elevador	104
Figura 48 DCL Patas del elevador	105
Figura 49. Esquema de Torques y Esfuerzos de Tensión en el Tornillo	115
Figura 50 Diagrama para Selección de Bandas en V	118
Figura 51 Esquema de Control para el Elevador	123

Figura 52 Esquema de Potencia para el Elevador	124
Figura 53 Carretilla para Estibas, Detalle 1	125
Figura 54 Carretilla para Estibas, Detalle 2	125
Figura 55 Carretilla para Estibas, Detalle 3	126
Figura 56 Dimensiones Características en los Tornillos de Potencia	139
Figura 57 Secciones de Bandas en V	143
Figura 58 Selección del Tipo de Banda (a)	144
Figura 59 Selección del Tipo de Banda (b)	145
Figura 60 Geometría y Elementos de Análisis en Soldaduras	146
Figura 61 Tipos de Soldadura (según geometría de los bordes a ensamblar)	149

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Características De Algunos Elevadores Sobre Piso	13
Tabla 2 Reglamentos y Documentos Internacionales sobre Seguridad de Elevadores	27
Tabla 3 Requerimientos Constructivos Generales ANSI/ALI ALCTV-1998	39
Tabla 4 Requerimientos Constructivos Específicos ANSI/ALI ALCTV-1998	42
Tabla 5 Evaluación de las Características del Prediseño de Elevador Móvil	52
Tabla 6 Análisis Estabilidad del Elevador	73
Tabla 7 Condiciones de Contorno para el Conjunto Carro de Elevación	83
Tabla 8 Propiedades Definidas para el Estudio por Elementos Finitos	84
Tabla 9 Resultados de las Simulaciones Conjunto Carro elevador	85
Tabla 10 Condiciones de Contorno para el Conjunto Columna-Base de Soporte	90
Tabla 11 Propiedades Definidas para el Estudio por Elementos Finitos	90
Tabla 12 Resultados de las Simulaciones Conjunto Columna Base de Soporte	91
Tabla 13 Resumen de los Cálculos de Soldadura Realizados para las Juntas Soldadas Criticas	108
Tabla 14. Geometría Básica del Tornillo	110
Tabla 15. Geometría Complementaria del Tornillo	111
Tabla 16. Esfuerzos Máximos Admisibles para los Materiales Seleccionados	112
Tabla 17. Esfuerzos en el Tornillo	113
Tabla 18. Esfuerzos en la Tuerca de Carga	114
Tabla 19 Esfuerzos en la Tuerca de Seguridad	114
Tabla 20 Componentes del Sistema Eléctrico	122
Tabla 21 Roscas Utilizadas en los Tornillos de Potencia	134

Tabla 22 Dimensiones Básicas de Roscas Acme y Acme Truncadas	136
Tabla 23. Torques requeridos en TP	138
Tabla 24. Coeficientes de Fricción μ_s y μ_c	140
Tabla 25 Esfuerzos en Tornillos de Potencia	140
Tabla 26 Presiones de Diseño por Aplastamiento para Tornillos	142
Tabla 27 Tensiones por Esfuerzo De Corte Permisibles y Esfuerzos en Soldaduras	148
Tabla 28 Tamaños Mínimos de Soldadura para Placas de Gran Espesor	150
Tabla 29 Propiedades de los Materiales	155

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A CONCEPTOS DE DISEÑO MECÁNICO Y ESTRUCTURAL	133
ANEXO B PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO DEL ELEVADOR	155
ANEXO C PUNTOS DE ELEVACIÓN DE ALGUNOS VEHICULOS COMERCIALIZADOS EN COLOMBIA	156
ANEXO D COMPONENTES ESTANDAR PRINCIPALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO DEL ELEVADOR	162
ANEXO E PLANOS DEL ELEVADOR	164

RESUMEN

TÍTULO:

**DISEÑO DE ELEVADOR MOVIL PARA VEHICULOS LIVIANOS Y
CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO A ESCALA***

AUTORES:

Javier Mauricio Plata Remolina

Luis Eduardo García Sánchez

PALABRAS CLAVES:

Elevador de Vehículos, servicio automotriz, elevador móvil

DESCRIPCIÓN:

El objetivo del proyecto es diseñar un Elevador móvil para vehículos livianos, versátil, seguro y económico para las empresas que prestan servicios de mantenimiento al sector automotor nacional.

El elevador se diseño con base en modelos de elevadores monocolumna fijos, existentes en el mercado internacional pero de poca comercialización en Colombia. Se identificaron los servicios de revisión y mantenimiento más comunes requeridos por los vehículos livianos que transitan en nuestro país con el objeto de brindar al diseño la mayor versatilidad posible.

El diseño de elevador monocolumna móvil obtenido, incluye adicionalmente elementos constructivos y funcionales orientados al cumplimiento de los

* Trabajo de Grado

requisitos estipulados por la norma ANSI/ALI ALCTV-1998 "Safety Requirements for Automotive Lifts Construction, Testing and Validation".

En la ejecución del diseño se conjugaron todos los elementos propios de un proyecto de ingeniería tales como costo, manufactura, elementos de seguridad, etc, realizando cálculos y selección de componentes estándares a partir de análisis estáticos, de resistencia de materiales y de diseño de maquinas e incluyendo el uso de herramientas computacionales tales como Solid Edge y Cosmos Design Star para el modelamiento y la simulación de elementos críticos como la estructura de soporte del elevador.

El diseño así obtenido es un elevador móvil para vehículos livianos de gran versatilidad, puesto que puede ser desplazado y reubicado para elevar vehículos hasta de 2500 kg, permitiendo inspecciones y pequeñas reparaciones por la parte inferior del vehículo. El diseño es sencillo, puede ser fabricado por medio de procesos de manufactura comunes y fue concebido con materiales y componentes estándares obtenibles en nuestro país, lo cual redundo en un menor costo de adquisición para los usuarios y en una mayor relación costo beneficio.

Finalmente, se construyó un modelo simplificado a escala 3:1, con el objeto de mostrar en forma didáctica las características funcionales y operacionales del elevador real, de manera tal que sirva de apoyo en la futura búsqueda de inversionistas para la construcción de un prototipo del elevador móvil diseñado.

SUMMARY

TITLE:

DESIGN OF MOBILE LIFT FOR LIGHT VEHICLES AND CONSTRUCTION OF SCALE MODEL

AUTHORS:

Javier Mauricio Plata Remolina

Luis Eduardo Garcia Sanchez

KEY WORDS:

Automotive Lift, automotive service, mobile automotive lift

DESCRIPTION:

The objective of this project was the design of mobile lifts for light vehicle, easily, safe, and cheaper for de business to lent services maintenance of automotor national sector.

The automotive lift was design with base in model of monocolumna fixed lift, existent in the international market but of a few trading in Colombia. Identify the service of maintenance and revision more common required for the light vehicles that crossing in our country with the object of offer a design the most bigly easily possible.

The design of mono column lift fixed obtained, include additional elements constructive and functional that propose the compliment of the requirement for the standards ANSI/ALCTV – 1998” Safety Requirements for the automotive lifts Construction, Testing and Validation”.

In the execution of design was conspired all the own elements of a engineering project like a cost, manufacture, security elements etc. Realized calculus and selection of common components since static analysis, material

resistance and machine design until the use of computational tool like Solid Edge and Cosmos Star for the modelation and simulation of critics elements like as the structure of support of lift.

The design obtained is a mobile lift for light vehicles of big easily, because can be mobilize for lift vehicles until 2500 kg, to lend inspection an little repair for the lower part of vehicle. The design is very easy can be made for middle of manufacture common process and was conceded with materials and standard components obtained in our country because deserve in a less cost of purchase for the user and a more relation cost-profit.

Finally, was constructed a simplify scale model 3:1 with the object to show the functional and operational characteristic of real lift, of manner that useful of support in the search future of immersionist for the construction of a prototype of design mobile lift.

INTRODUCCIÓN

En las principales ciudades del país se ha presentado un gran crecimiento del parque automotor durante la última década. Este crecimiento y el agitado ritmo de vida que mantienen los habitantes de las ciudades, origina la necesidad de obtener rápidos servicios de mantenimiento general para sus vehículos, en sitios cercanos a los lugares que normalmente frecuentan, lo que conlleva a la creación o mejoramiento de talleres de servicios en puntos de la ciudad con alto tráfico. El montaje de estos talleres representa un gran reto de distribución de planta pues generalmente el precio del metro cuadrado de suelo, en estas zonas, es muy alto, lo que hace indispensable la optimización en el uso del área de trabajo implementando equipos versátiles. Uno de los equipos con que se cuenta dentro del taller son los elevadores para vehículos livianos. Estos elevadores generalmente son obsoletos, robustos y no pueden ser fácilmente reubicados dentro o fuera del taller. Presentando una mala utilización del área de trabajo e ineficiencia cuando se trata de prestar servicios de revisiones y reparaciones generales en corto tiempo.

Por estas razones, se realizó la presente tesis titulada “DISEÑO DE ELEVADOR MOVIL PARA VEHICULOS LIVIANOS Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO A ESCALA” consistente en el diseño un sistema de elevación para automóviles que brinde la versatilidad requerida por las empresas del sector automotor, para afrontar los retos de prestar sus servicios en tiempos cada día más reducidos, optimizar su área de trabajo efectiva y realizar inspecciones y evaluaciones de vehículos en el instante en que los clientes lo requieran, a unos costos razonables con la situación económica de las mismas.

El presente documento consta de 6 capítulos y 4 anexos, que describen claramente el proceso de diseño.

En el Capítulo 1 se presentan las generalidades acerca de los elevadores para vehículos, su génesis, clasificación y aplicación, haciendo especial énfasis a los elevadores sobre piso de columna. Adicionalmente se describen las consideraciones técnicas y de seguridad básicas relacionadas con la elevación de vehículos.

El capítulo 2 es dedicado a los análisis de los requerimientos técnicos y de seguridad exigidos por la normativa aplicable y vigente para elevadores de vehículos livianos.

En el capítulo 3 se definen las características funcionales y técnicas básicas para el elevador de vehículos livianos, se describen sus componentes principales y se evalúan las alternativas constructivas para concretar el prediseño del elevador.

En el capítulo 4 se presentan los resultados y conclusiones obtenidas de la investigación exploratoria concurrente realizada en los talleres de servicio mecánico.

En el capítulo 5 se realiza el diseño final del elevador incluyendo todos los elementos funcionales, técnicos y de seguridad obtenidos hasta el momento para el Elevador Móvil de Vehículos Livianos. En este capítulo se detallan los cálculos y el dimensionamiento realizado para el elevador.

En el Capítulo 6 se presenta en forma general la construcción del modelo a escala propuesto como uno de los objetivos del proyecto.

Y en los Anexos se brinda toda la información de soporte pertinente al diseño y cálculo del elevador móvil.

1 ELEVADORES PARA VEHÍCULOS

En el sector de mantenimiento automotor, para acceder a la parte inferior de un vehículo, se utilizan diversos elementos o dispositivos, dependiendo principalmente del tipo de servicio a prestar como son:

- Lubricación
- Montaje y cambio de llantas
- Reparaciones de suspensión
- Tubos de escape
- Frenos
- Y otros más específicos como caja y transmisión.

Los dispositivos utilizados para tal fin son muy variados y van desde simples fosos subterráneos hasta elevadores móviles, presentando cada uno de ellos características funcionales y técnicas que los hacen más adecuados para solo algunos de estos servicios.

1.1 DEFINICIÓN

Un elevador para automóviles es un dispositivo o mecanismo que permite elevar y acceder a la parte baja del vehículo. Para ello se utilizan básicamente 3 sistemas de potencia: electromecánico, hidráulico ó neumático. La sujeción del vehículo puede realizarse desde el chasis o las ruedas y su capacidad de elevación va desde unos cuantos centímetros a los 2 m, en los modelos más comunes.

1.1.1 Génesis de los Elevadores de Vehículos

En 1920, luego de observar el principio de funcionamiento de la silla de un barbero, un mecánico llamado Meter Lunati, halló la inspiración y decidió utilizar el mismo principio hidráulico para construir un elevador de automóviles. Con la construcción de este primer elevador hidráulico, se creó una compañía llamada Rotary Lifts, la cual, hoy en día, aun ofrece una amplia gama de elevadores para la industria automotriz.

El primer elevador incluyó una innovación cual era la de permitir girar el automóvil cuando se hallaba elevado, pues aunque los automóviles ya incluían en sus marchas, la reversa, los conductores de la época tenían dificultades para maniobrar los vehículos en áreas pequeñas. Esta innovación permitía ingresar de frente el vehículo al elevador y retirarlo en la misma forma.

Figura 1 Elevador Hidráulico Rotativo



1.2 TIPOS DE ELEVADORES

Existen básicamente 3 formas de elevar y/o acceder a la parte baja de un vehículo:

- Los fosos de servicio (carcamos)
- Los sistemas empotrados bajo el piso
- Los sistemas sobre piso

1.2.1 Fosos de Servicio

Los fosos de servicio no son un sistema de elevación propiamente dicho, pero permiten acceder a la parte baja del vehículo. Requieren de una excavación de 1.5 a 2.2 m, y su mantenimiento es mínimo, con vidas útiles hasta de 20 ó 30 años. Sin embargo, debe tenerse cierto cuidado durante su construcción previendo desagües en caso de encontrarse agua durante la excavación o en épocas de lluvias. Por otro lado se debe disponer de por lo menos dos vías de escape o acceso al foso, ya que la combinación de combustible y chispas representa un riesgo potencial para el operario.

Dentro de este tipo de sistemas se pueden contar también las rampas a nivel de tierra hechas en concreto, las cuales no requieren excavación para su construcción pero presentan básicamente las mismas limitaciones de los fosos subterráneos.

Figura 2 Fosos de servicio (carcamos)

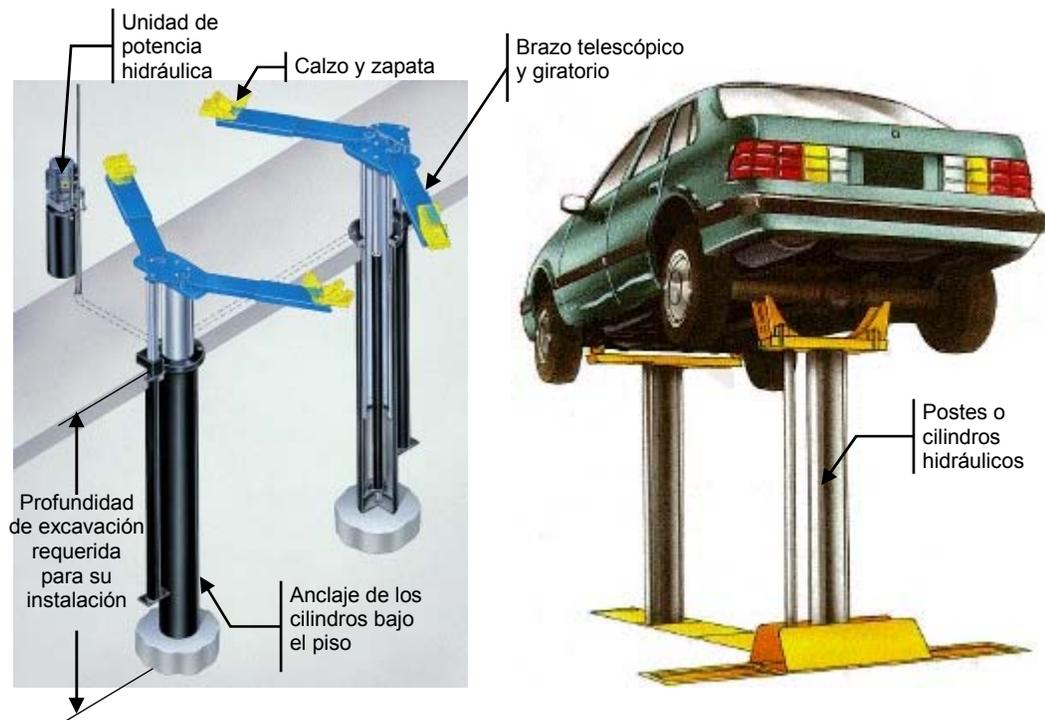


1.2.2 Sistemas Empotrados Bajo el Piso

Este tipo de sistemas fue muy popular durante años, especialmente durante los 80's, poseen uno, dos o tres postes que elevan el vehículo por sus ruedas o chasis. La potencia para la elevación es suministrada por un sistema hidráulico o la combinación hidráulico y neumático.

Al igual que los fosos de servicio, estos sistemas requieren de un área excavada de 1.2 m de ancho por 1.8 a 2.2 m de profundidad. Lo cual, sumado al sistema de potencia puede resultar en un alto costo del equipo, si tenemos en cuenta la poca flexibilidad para su traslado y reinstalación.

Figura 3 Sistemas de Elevación Empotrados bajo el piso



Este tipo de sistemas es muy susceptible a daños por corrosión debido a la humedad del suelo y su mantenimiento puede resultar costoso y consumir mucho tiempo debido al difícil acceso al sistema hidráulico y al pistón. Por otro lado los

cilindros o columnas pueden obstruir en gran medida el acceso a ciertas áreas bajo el vehículo. En Estados Unidos se encuentran reglamentados por la EPA, para prevenir los derrames de aceites y otros líquidos que pudieran contaminar fuentes de agua aledañas.

1.2.3 Sistemas Sobre Piso

Estos sistemas han ganado mucha popularidad en la última década, logrando superar las limitaciones de otros sistemas por medio del refinamiento constante de sus diseños. Actualmente pueden representar la opción más práctica y económica en la mayoría de las situaciones. No requieren de excavación para su instalación, pues pueden ser instalados sobre una plancha de concreto de 10 cm de espesor en mortero de 4000 psi. La mayoría de ellos consta de columnas o postes que se ubican a cada lado del vehículo liberando toda el área de trabajo bajo el mismo. En caso de que una reparación se demore, podría mantenerse elevado el vehículo para liberar el área de trabajo y ubicar otro vehículo para su reparación (cosa poco común en nuestro medio debido a la escasa confiabilidad que se posee en estos elevadores).

Algunos cambios en estos sistemas han eliminados ciertos problemas. Por ejemplo, en un principio se ubicaban los postes gemelos cerca del centro geométrico del vehículo (elevadores de dos columnas de brazos simétricos, Figura 4), esto incomodaba o evitaba la apertura de las puertas, impidiendo que el vehículo fuera encendido si no se retiraba del elevador. La introducción de los brazos asimétricos (Figura 5) resolvió el problema, permitiendo ubicar los postes fuera del centro del geométrico del vehículo.

Los elevadores sobre piso de postes gemelos tanto hidráulicos como electromecánicos deben sincronizar el movimiento de elevación de los carros que

se desplazan en cada columna, por medio de mangueras, cables o cadenas, que se comunican a nivel del piso ó del techo, incomodando el acceso del vehículo al elevador ó limitando la altura máxima de elevación.

Los sistemas de elevación sobre piso requieren ciertos elementos de seguridad para la protección del operario, del vehículo y del elevador. Entre los más comunes se cuentan las contratueras de seguridad, bloqueos mecánicos, sensores de presencia, etc.

1.2.3.4 Clasificación de los Elevadores Sobre-piso

Existe gran diversidad de elevadores sobre piso entre los cuales se hallan los articulados y los de columnas que se describen a continuación:

❖ Elevadores Articulados

Los elevadores articulados son utilizados para elevar vehículos a baja o mediana altura y sus aplicaciones principales se presentan en servicios de cambio de llantas, alineación, mantenimiento de frenos, latonería y pintura, etc.

Estos elevadores utilizan básicamente dos formas en sus elementos estructurales: El Paralelogramo y la Tijera, y pueden ser movidos por medio de unidades de potencia electro-hidráulica o neumática.

Los modelos de elevadores articulados más comunes son:

- Elevador de paralelogramo para baja elevación (Low-rise) (Figura 15)
- Elevador de paralelogramo con plataforma (Figura 11 y 12)
- Elevador de tijera doble o simple (Figura 9 y Figura 10)

❖ **Elevadores de Columna**

Tal vez son uno de los modelos de elevadores más comunes en nuestro medio por su gran sencillez y aplicabilidad.

Existen básicamente 3 modelos que son:

- Elevadores de cuatro columnas (Figura 14): Estos Elevadores poseen una plataforma que consiste de dos Carrileras sobre las cuales se monta el vehículo. Su aplicación principal se halla en el cambio de aceite, la alineación y la reparación de exhostos y cajas de transmisión.
- Elevadores de dos columnas (Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 y Figura 13): Estos elevadores son los elevadores que poseen la mejor relación costo beneficio pues poseen un bajo costo de adquisición y poseen gran variedad de aplicaciones tales como: Reparaciones mecánicas generales, cambio de aceite y llantas, etc.
- Adicionalmente existe un reciente diseño de elevadores monocolumna que por su gran versatilidad han ido ganando terreno en los talleres de servicio a nivel internacional. Este modelo de elevadores será tratado de manera particular en un numeral posterior.

En la Figura 8 se presenta la clasificación general de los sistemas de elevación sobre piso, generada a partir de la revisión bibliográfica realizada por los autores del presente proyecto, pues no existe una clasificación clara y completa de parte de los entes normalizadores, para los elevadores de vehículos.

En la Tabla 1 se presentan algunos modelos de elevadores sobre piso con sus características generales, tales como sistema de potencia, disposición de elementos estructurales, dimensiones, etc, y en la Figura 9 a la Figura 16 se presentan fotografías de algunos de los elevadores descritos en la Tabla 1.

Figura 4 Elevador de dos columnas con brazos simétricos

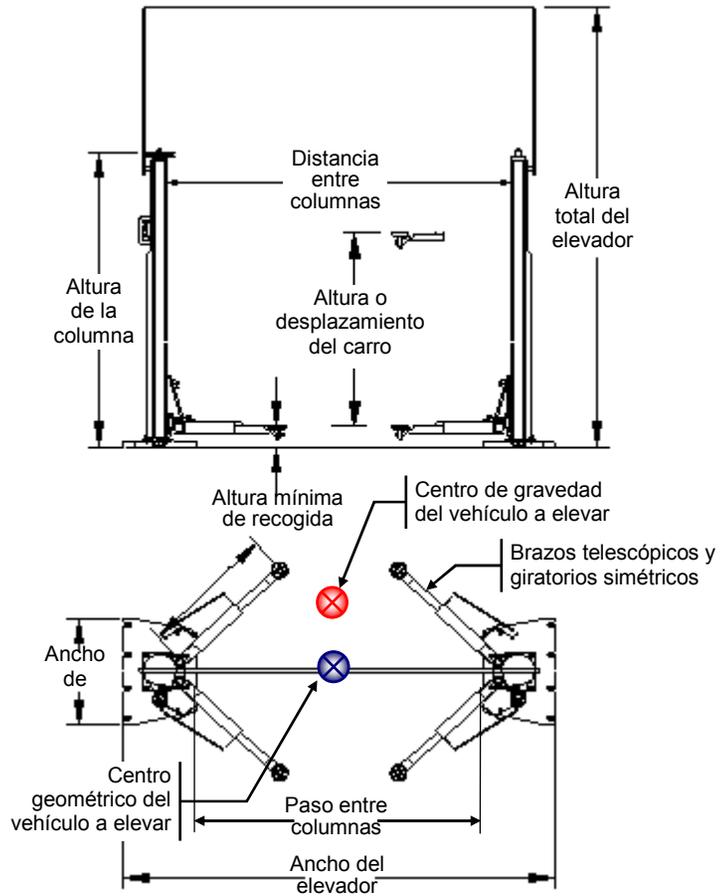


Figura 5 Elevador de dos columnas con brazos asimétricos

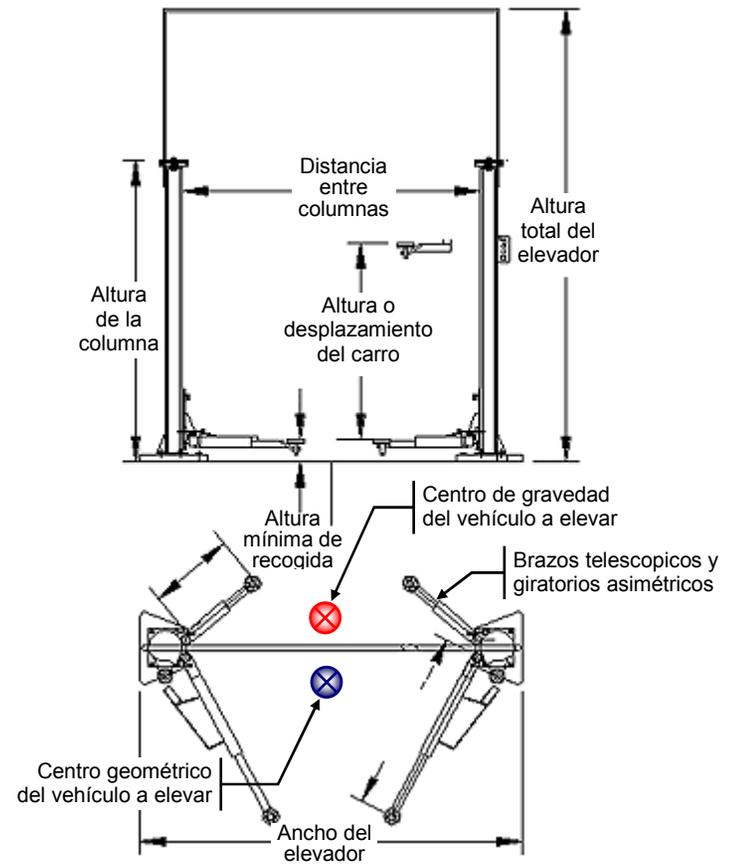


Figura 6 Sistema De Elevación Sobre Piso

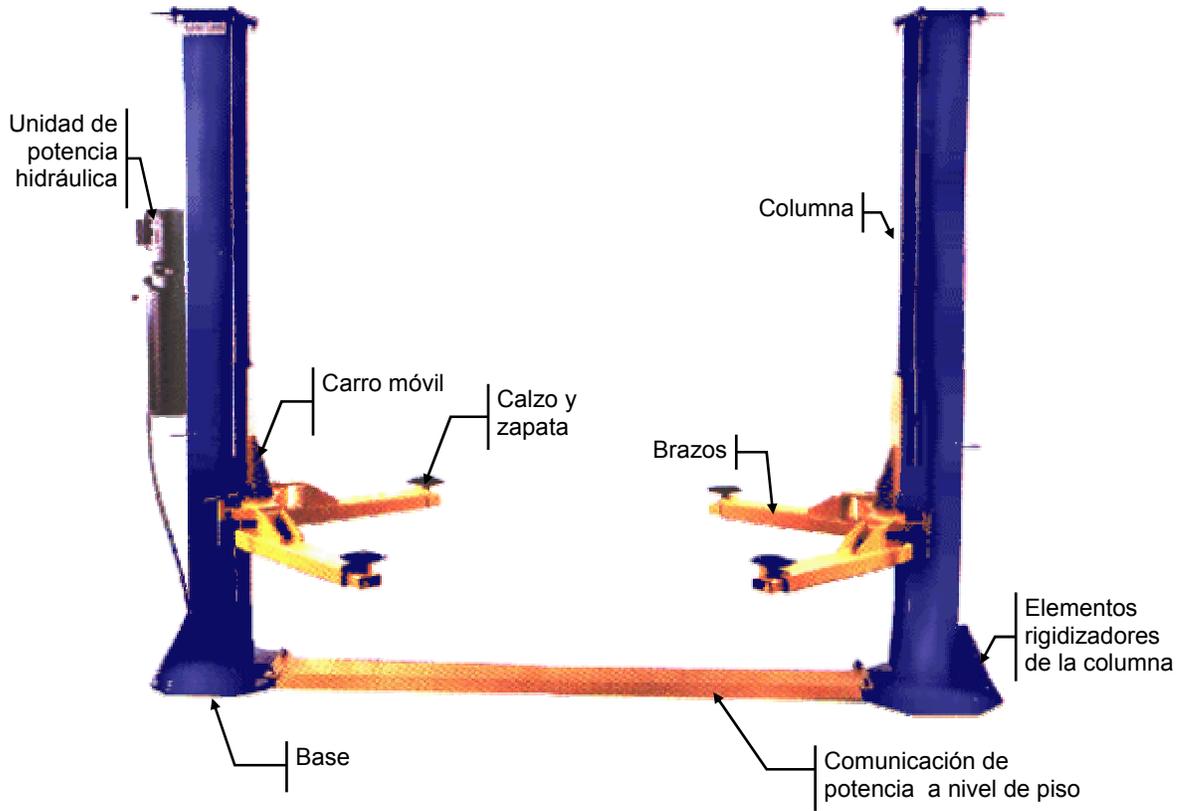


Figura 7 Elevador Sobre Piso Hidráulico



Figura 8 Clasificación General De Los Sistemas De Elevación Sobre Piso

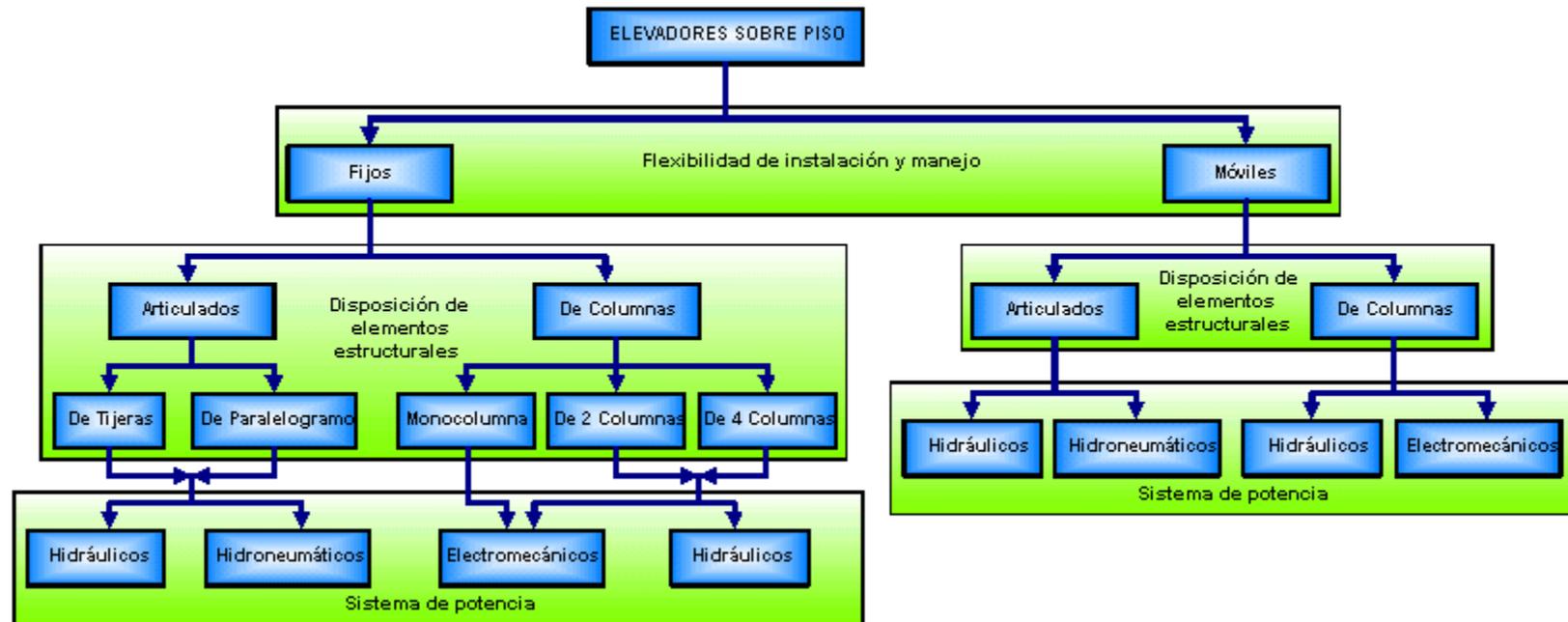


Tabla 1 Características De Algunos Elevadores Sobre Piso

Figura	Flexibilidad De Instalación Y Manejo	Disposición De Elementos Estructurales	Sistema De Potencia	Capac. De Carga (kg)	Elev. Máxima (m)	Altura Mínima (cms)	Tiempo De Elev. (seg)	Potencia (Hp)	Paso entre Columnas ó Plataformas (cms)	Paso Long. o de Rampa (cms)	Dimensiones Gen. Máx.			Marca	Modelo
											Ancho (cms)	Alto (cms)	Largo (cms)		
9	Fijo	Articulado De Tijeras Doble	Hidráulico	3180	1.78	20	40	—	82	368	193	198	368	Mohawk	TSL-7SM
10	Fijo	Articulado De Tijeras Simple	Hidráulico	3000	1.9	18	40	3.35		400	210	190	440	MAHA	Service-Lift
11	Fijo	Articulado de Tijeras Simple	Hidráulico	4200	1.95	28	45	7			210	195	400	MAHA	DUO
12	Fijo	Articulado De Paralelogramo	Hidráulico	15000	1.77		45		78				850	NUSS BAUM	Truklift
13	Fijo	De 2 Columnas	Electromecánico	2500	1.70	15	58	5	218			270		TECNO ING	TI-2500
14	Fijo	De 4 Columnas	Hidráulico	3200	1.9		30			440	297	230	529	NUSS BAUM	4.32 H
15	Móvil	Articulado de Tijeras Simple	Hidráulico	2500	0.9	9.8	9				177			NUSS BAUM	Sprinter Express
16	Móvil	De Una Columna	Hidráulico	2700	1.9	15	45					250		Bend-Pak	ML-6

Figura 9 Elevador Fijo, doble tijera, hidráulico.



Figura 11 Elevador Fijo, tijera simple, hidráulico.



Figura 10 Elevador Fijo, tijera simple, hidráulico.



Figura 12 Elevador Fijo de paralelogramo, hidráulico.



Figura 13 Elevador fijo, 2 columnas, electromecánico.



Figura 16 Elevador móvil, monocolumna, hidráulico.

Figura 14 Elevador fijo, cuatro columnas, hidráulico.



Figura 15 Elevador Móvil, tijera simple, hidráulico.

1.3 ELEVADORES MONOCOLUMNA

Debido al objeto principal del presente proyecto y que los elevadores monocolumna representan una de las alternativas de diseño más versátiles, se presentará en mayor detalle sus aspectos constructivos y funcionales.

1.3.1 Generalidades

Los Elevadores de columnas móviles (Figura 17) son un tipo especial de elevadores sobre piso, fueron diseñados para trabajar en grupos de 4, 6 u 8 columnas con el objeto de elevar camiones de carga de 2 y 3 ejes, grandes buses de pasajeros, etc. Utilizan como sistema de potencia unidades electro hidráulicas (bomba y cilindro hidráulico) o electromecánicas (tornillo de potencia). Como cada columna posee una estructura y unidad de potencia independiente, la sincronización de las mismas se realiza por medios electrónicos asegurando el desplazamiento horizontal (en un mismo plano paralelo al piso) de los carros de elevación y por ende del vehículo a elevar. El sistema de control se ubica en una consola central sobre una de las columnas o en un armario independiente desde donde el operador puede maniobrar el elevador y permanecer fuera del área bajo el vehículo, manteniendo una completa visión de la instalación.

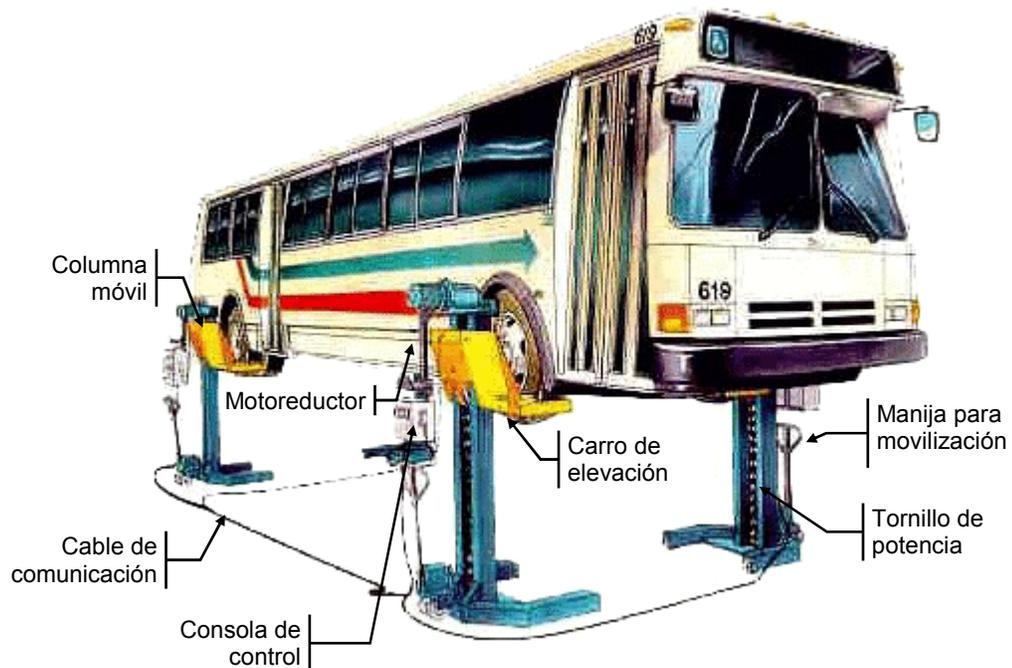
Las columnas son móviles para facilitar las operaciones de traslado y los carros de elevación sustentan el vehículo por sus ruedas o en algunos casos por el chasis. La capacidad de estos elevadores normalmente es superior a 8 toneladas por columna, en cuyo caso tendrían una capacidad de carga total de 32 Ton con 4 columnas, 48 Ton con 6 columnas y 64 Ton para 8 columnas.

Este tipo de elevadores presenta grandes ventajas debido a la versatilidad que proveen sus columnas móviles, permitiendo despejar el área de trabajo cuando el elevador no se encuentra en uso. Su principal desventaja son las operaciones adicionales que debe realizar el técnico o mecánico de taller previo a la elevación de un automotor, pues las columnas deben ser desplazadas y ubicadas

correctamente junto al automotor, y los cables de alimentación y control deben conectarse a la consola de control.

Este diseño de elevador deriva en aplicaciones monocolumna fijas para vehículos livianos con capacidades de hasta 2500 kg.

Figura 17 Elevador de columnas móviles



1.3.2 Elevadores Monocolumna para Vehículos Liviano

A nivel comercial solo se hallaron 2 modelos de elevadores monocolumna fijos para vehículos livianos, los cuales se presentan en la Figura 18 y su ubicación en la clasificación general se aprecia en la Figura 8. Los fabricantes de estos elevadores proporcionan muy pocos detalles técnicos y funcionales, por lo cual el trabajo relacionado con la ingeniería de detalle del elevador objeto del presente proyecto es dispendiosa.

Entre las características técnicas identificadas para estos elevadores se tienen:

- Capacidad de carga: 2.000 kg
- Potencia: 3 Kw (4 hp)
- Voltaje: 400-230 V
- Tiempo de elevación: 45 seg.
- Peso neto: 600 Kg.

Sistemas de seguridad:

- Contra desgaste de la tuerca motriz (Figura 19a)
- Protección de pies con bandeja
- Sistema automático de bloqueo de brazos
- Finales de carrera mecánicos

Otras ventajas de diseño y funcionales:

- Mayor apertura de la puerta del vehículo
- Mayor altura de elevación
- Rampas de acceso
- Interruptor general
- Bandejas auxiliares para piezas y herramientas (Figura 19b)
- Control a 24V
- Taco protección de puertas
- Tornillo de 45 mm colgado de rodamiento cónico
- Columnas de perfiles laminados en caliente

Figura 18 Elevadores monocolumna fijos para vehículos livianos



Figura 19 a- Seguridad contra desgaste de la tuerca motriz, b- Bandeja para herramientas



a



b

1.4 CONSIDERACIONES TECNICAS Y DE SEGURIDAD RELACIONADAS CON LA ELEVACIÓN DE VEHICULOS

- Un elevador de vehículos no es una Grúa o elevador común, este ha sido diseñado únicamente para elevar y soportar vehículos.
- Los elevadores para vehículos deben ser operados solo por personal entrenado. Los Técnicos de servicios o talleres calificados han sido o son entrenados para reparar vehículos antes de iniciar el ejercicio de su profesión. La misma relevancia ha de darse al entrenamiento de los técnicos en el uso adecuado de los elevadores de vehículos.
- Bajo ninguna circunstancia se debe intentar modificar un elevador, si este se encuentra dañado o no trabaja apropiadamente, debe ser reparado por personal calificado.
- Antes de ingresar el vehículo al área de trabajo del elevador se debe asegurar que se halle libre de:
 - Grasa y aceites
 - Herramientas
 - Lazos, cadenas o mangueras
 - Basura o cualquier otra suciedad
- Los clientes y propietarios de los vehículos a elevar no deben permanecer en el área de trabajo del elevador, pues no están familiarizadas con los riesgos asociados a la elevación de un vehículo.

1.4.1 Capacidad de Carga del Elevador

- Nunca se debe sobre cargar un elevador. La capacidad de carga de los elevadores se halla generalmente inscrita en una placa adherida al elevador. Si esta placa se ha extraviado o no es legible debido a su uso, debe consultarse al fabricante para conocer dicha capacidad de carga.
- El elevador debe ser descendido completamente antes de ingresar el vehículo al área de trabajo del elevador, asegurando así que los brazos giratorios, adaptadores y soportes se hallan fuera del camino del vehículo. Pasar el

vehículo sobre alguno de estos elementos puede producir un daño irreparable al elevador y al vehículo, así como accidentes de gran consideración.

1.4.2 Conocimiento del Vehículo a Elevar

El principal elemento a identificar en un vehículo que se requiera elevar sustentándolo por su chasis, son los puntos de elevación, los cuales permiten establecer la correcta ubicación del vehículo respecto al elevador.

Antes de elevar un vehículo se deben identificar los puntos de elevación recomendados por el fabricante. En la Figura 20 se presentan algunos puntos de elevación típicos, según el modelo del chasis del vehículo y en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta los puntos de elevación de algunos modelos de vehículos comercializados en Colombia.

A partir de 1994 los fabricantes de vehículos en EE.UU. iniciaron la colocación de etiquetas o placas de identificación que señalan los puntos de elevación recomendados para sustentar el vehículo durante su elevación. Estas Etiquetas de identificación fueron normalizadas bajo la norma SAE J2184, utilizando un triángulo como el símbolo de identificación de los puntos de elevación. En la Figura 21 se muestra un ejemplo de las etiqueta de identificación de los puntos de elevación.

Figura 20 Identificación de los Puntos de Elevación Recomendados por los Fabricantes

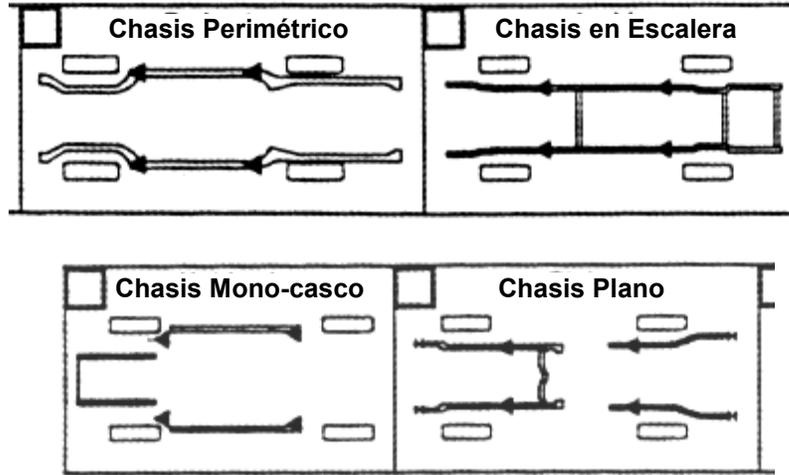
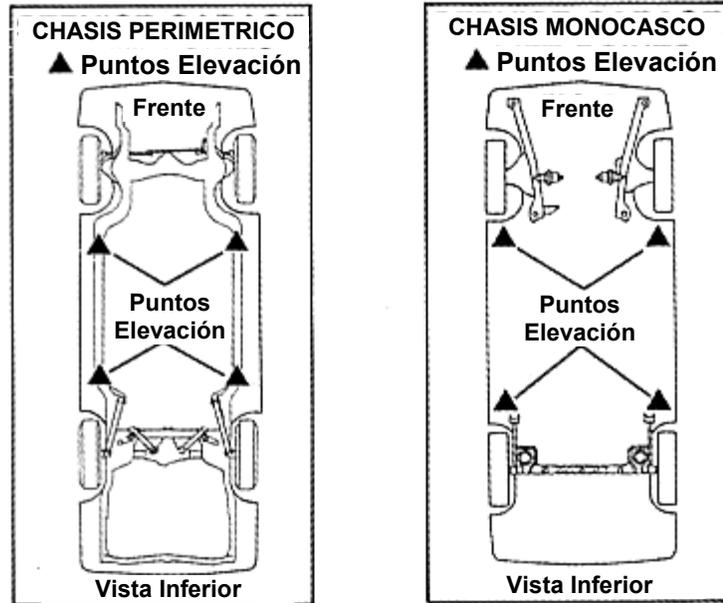


Figura 21 Etiqueta de Identificación de los Puntos de Elevación¹



¹ Society of Automotive Engineer, Inc. Typical Label Drawing, SAE J2184, 2000.

- **Centro de Gravedad del vehículo**

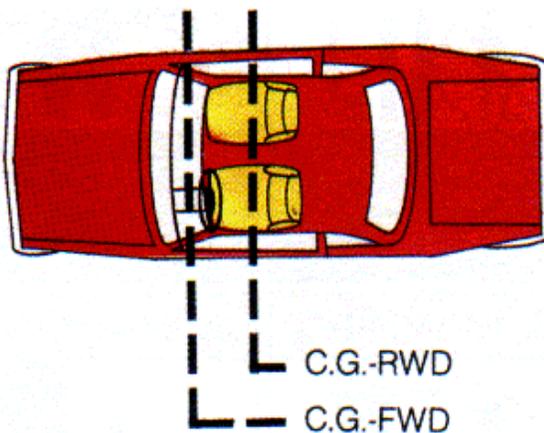
Antes de elevar un vehículo, se debe conocer donde se halla aproximadamente el centro de gravedad del vehículo. El centro de gravedad del vehículo en forma genérica es un punto ubicado entre el eje delantero y trasero alrededor del cual se halla equitativamente distribuido el peso del vehículo.

Cada vehículo posee un centro de gravedad diferente debido a:

- La distribución del peso
- La ubicación de las ruedas
- La ubicación de la transmisión
- Y otros factores tales como cargas adicionales

En la mayoría de los casos, el centro de gravedad de los vehículos con transmisión trasera (rear-wheel drive RWD) se halla bajo la silla del conductor y para los vehículos con transmisión delantera (front-wheel drive FWD) se halla ligeramente frente a la silla del conductor² (ver Figura 22).

Figura 22 Centro de Gravedad del Vehículo



1.4.3 Adaptadores para Enganche del Chasis del Vehículo

Los elevadores que enganchan o sujetan el vehículo por sus chasis, utilizan adaptadores tipo clip con bloqueo (Figura 23), o calzos de tornillo (Figura 24), los

² Automotive Lift Institute, Lifting It Right, Indialantic: ALI, 2001 p.10.

cuales se ubican en el extremo de los brazos giratorios. Estos adaptadores se ajustan en diversas posiciones, para asegurar la correcta sujeción del vehículo.

La mayoría de los elevadores de 2 columnas o monocolumnas son equipados con calzos de tornillo, los cuales pueden ajustarse hasta alcanzar el vehículo, pero se debe cuidar de no desnivelar el vehículo, ya que esto desestabilizaría al elevador y su carga.

Otro cuidado a tener en cuenta son las zapatas de material no metálico, las cuales deben permanecer limpias y en perfecto estado para asegurar una sujeción del vehículo sin deslizamiento.

Figura 23 Adaptadores Tipo Clip con Bloqueo

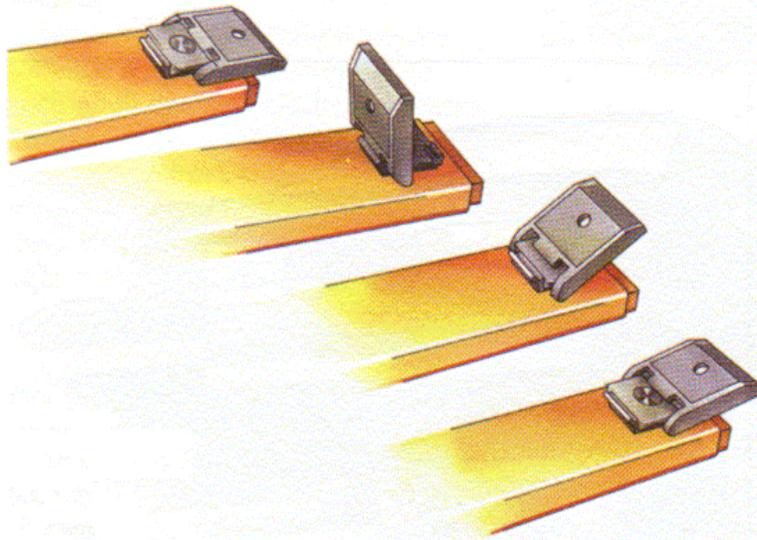
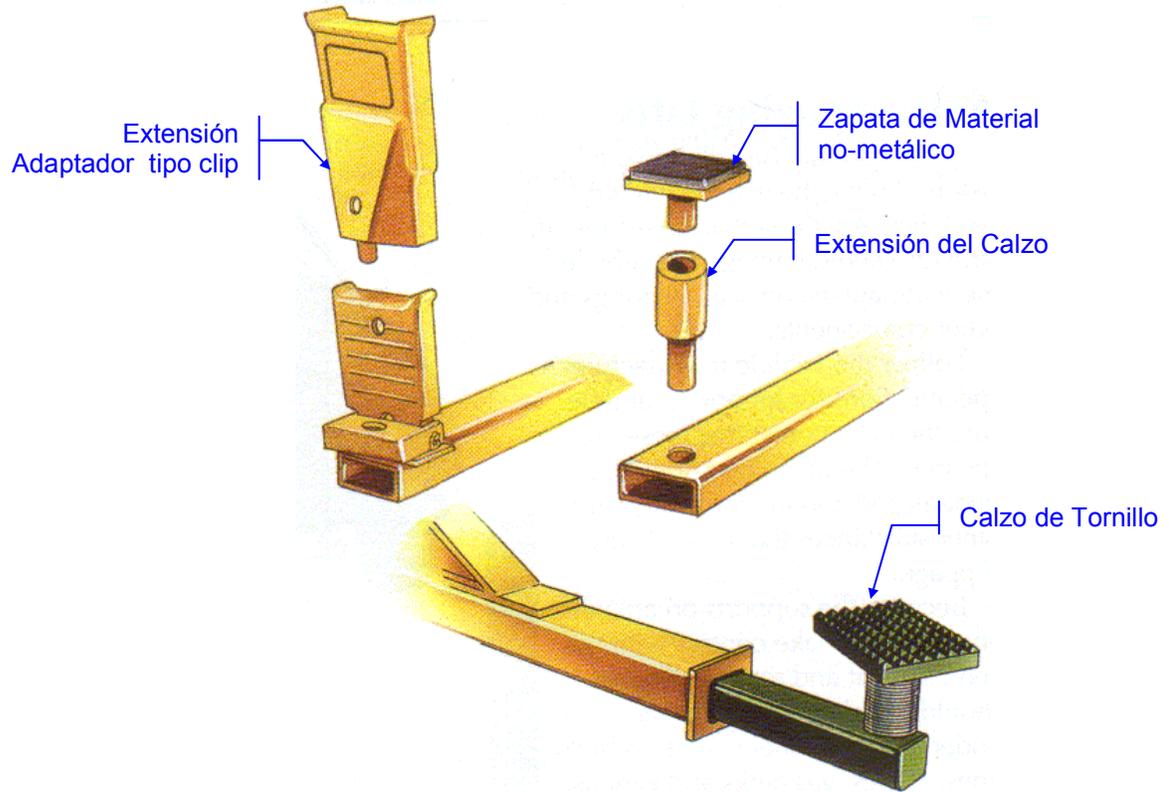


Figura 24 Adaptadores Auxiliares para Vehículos 4 x 4 y Camionetas



2 NORMATIVIDAD Y REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD

Luego de realizada una exhaustiva investigación respecto a la normativa y los requerimientos de seguridad vigentes para elevadores de automóviles, se encontró que:

- No existe normativa en Colombia para los elevadores de vehículos. La norma NTC cuyo objeto se acercaba en mayor medida a los elevadores, hace referencia a los gatos hidráulicos portátiles (NTC 1246) y los gatos mecánicos portátiles (NTC 1491), los cuales pueden escasamente elevar el vehículo unos cuantos centímetros.
- A nivel internacional se hallaron múltiples normativas que hacen referencia a aspectos de seguridad, pero la mayoría de ellas se remiten a dos normas que se describirán mas adelante. Estas normativas de seguridad provienen principalmente de estados de Norteamérica y Canadá tales como Manito, California, etc.

En la Tabla 2 se describen algunos reglamentos y documentos internacionales acerca de la seguridad en los elevadores para vehículos.

Tabla 2 Reglamentos y Documentos Internacionales sobre Seguridad de Elevadores

País	Código	Documento	Descripción
Canada (Manitota)	Work Place Safety and Healt Division	Guidelines For Automotive Lifts	Define y realiza una descripción general de los elevadores para vehículos automotores, requisitos de seguridad y condiciones de operación.
California	Code of Regulations Group 3. General Plant Equipment and Special Operations	Article 19. Automotive Lifts	Describe los aspectos de seguridad más relevantes al operar elevadores para vehículos
Mohawk Lifts (Fabricante de elevadores en EEUU)	Education in lifts	An education in two-post lifts	Describe los aspectos de diseño estructural y mecánico utilizados en sus elevadores, así como los requisitos de seguridad que tienen en cuenta durante su diseño
Wichita State University	Mid-America Manufacturing Technology Center	Test Report	Presenta un reporte con los requerimientos mínimos de seguridad para elevadores y describe los ensayos estructurales realizados a un modelo específico de elevador (4 columnas).

Los reglamentos y documentos descritos en la Tabla 2 se basan y hacen referencia directa al cumplimiento de ciertos numerales de las siguientes normas:

- ANSI B153.1, “Automotive Lift – Safety Requirements for the Construction, Care, and Use”.

Tal y como su nombre lo describe, esta norma tiene por objeto establecer los requerimientos de seguridad, mantenimiento y operación de elevadores para automotores. Fue implementada por ANSI (Instituto Norteamericano de Normalización) en 1974 con la gestión del American Lift Institute. Se actualizó en 1981 y por última vez en 1990, su vigencia continúa aun en algunos estados de la Unión Americana y Canadá. Esta norma fue reemplazada en el 2000.

- ANSI/ALI ALOIM-2000 STANDARD - "Safety Requirements for Operation, Inspection and Maintenance of Lifts".

Esta norma provee guías para los propietarios y empleados para la operación, inspección y mantenimiento de elevadores para vehículos ya instalados en el taller; proporcionando también los requerimientos para la calificación, entrenamiento, reporte y documentación de los operadores, inspectores y del personal de mantenimiento. La norma también provee formatos y listas de chequeo que pueden ser usadas por los propietarios o empleados con el fin de emplear el cumplimiento de la norma.

- ANSI/ALI ALIS-2001 STANDARD "Safety Requirements for Installation and Service of Lifts"

Esta norma provee guías para el instalador o el técnico de servicio, que incluye la instalación y servicio de elevadores de vehículos; proporcionando consideraciones de servicio, calificación, entrenamiento, informes y documentación para los instaladores o técnicos de servicio.

La norma también provee ejemplos de formatos para que el instalador o técnico de servicio evalúe el cumplimiento de los requisitos.

- ANSI/ALI ALCTV-1998 STANDARD "Safety Requirements for Automotive Lifts Construction, Testing and Validation"

Esta norma cubre los requerimientos de seguridad para la construcción, ensayo y validación para elevadores manuales y mecánicos, tanto como estacionarios (fijos) y móviles. Los elevadores que son móviles o están diseñados para inclinar o ladear su estructura, o aquellos que no son propiamente un elevador de vehículos, no son cubiertos por el alcance de esta norma.

2.1 INSTITUTO AMERICANO DE ELEVADORES PARA AUTOMOTORES ALI

Fue creado en 1945 luego de la segunda guerra mundial, como una agremiación de fabricantes que propendía por la consecución de materiales de buena calidad para la construcción de los pistones, cilindros y estructura de los elevadores, ya que en la postguerra el acero era de mala calidad y su producción y control se encontraba mayoritariamente en manos del gobierno. Luego empezó la preocupación por la seguridad de los operadores de elevadores, dando lugar al primer artículo nacionalmente conocido, llamado Automotive Lifts (CS142) y reconocido por la National Bureau of Standards (NBS).

En 1947, luego de 2 años de reuniones del comité de ALI con la NBS se tomó la norma CS142 que cubría los factores de diseño y los requisitos de materiales para elevadores bajo tierra, que fue el único tipo de elevador producido en USA hasta mediados de 1970. Esta norma fue abolida oficialmente por la NBS en 1975 y reemplazada por la ANSI B153.1-1974.

Durante la crisis del petróleo en 1975, las ventas de elevadores cayeron de 42,000 unidades en 1969 a aproximadamente 15,000 unidades en 1975. Varios fabricantes quebraron y solo 7 de ellos sobrevivieron dando continuidad a los programas de ALI y se estimó que el 98% de todos los elevadores vendidos en USA fueron producidos por estas compañías.

Durante los 70s un nuevo concepto de elevadores, los sobrepiso, se empezaron a posicionar en el mercado americano representado aproximadamente el 10% de las ventas de elevadores. Muchos de estos elevadores vinieron del extranjero, algunos eran fabricados por miembros de ALI y algunas otras empresas que no eran miembros.

Hacia 1980 la economía mejoró y en 1984 ALI tenía 16 compañías como miembros que vendían más de 38,000 unidades, que representaban el 95% de las ventas en Norteamérica. Entretanto, la construcción del chasis de los vehículos

estaba cambiando, los automóviles construidos hasta aquí poseían un bastidor que servía de estructura al chasis pero en los nuevos automóviles se estaba adoptando el bastidor monocasco. ALI realizó estudios durante años recopilando información acerca de las adaptaciones requeridas en los elevadores para ofrecer seguridad a los operadores de los mismos. Estos estudios incluían la descripción de los puntos de apoyo para elevar los automotores.

A mediados de los 80s ALI desarrolló el manual Lifting it Right (Correcta elevación) y para 1998 se adoptó la norma ANSI/ALI ALCTV-1998, Requisitos de Seguridad para la Construcción, Ensayo y Aprobación de Elevadores para Automotores, que fue acogida nacionalmente y de manera voluntaria como normativa para la industria de los elevadores, el 1 de octubre de 1998. La actual norma ANSI exige requerimientos de seguridad, e incluso una tarjeta de pautas y un Manual de Seguridad con cada nuevo elevador.

En 1990 ALI motivó a la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) para que proporcionara ayuda en el desarrollo de una recomendación. SAE recomendó como practica permanente la identificación por medio de etiquetas, de los puntos de apoyo para la elevación de los automotores. Esta recomendación fue llamada SAE RP-J2184, promulgada en 1992 y adoptada posteriormente por ANSI como norma americana con el objeto de ayudar a prevenir accidentes relacionados con elevadores de brazos. En 1997 ALI empezó la publicación anual de la guía " Vehicle Lifting Points/Quick Reference Guide " (Puntos de apoyo para la elevación de vehículos/guía rápida) en la cual se resumen los modelos de bastidores de los automóviles americanos y extranjeros fabricados durante los últimos 20 años.

En 1994, un Comité de ALI desarrolló la norma "Safety Requirements for the Operation, Inspection, and Maintenance of Automotive Lifts", adoptada inicialmente como una norma voluntaria, pero luego fue revisada y aprobada como norma ANSI en el 2000. Otra norma "Safety Requirements for the Installation and

Service of Automotive Lifts” fue aceptada voluntariamente por ANSI en octubre del 2001.

La norma ANSI/ALI ALCTV-1998 fue adoptada el 1 de abril de 2000 reemplazando la ANSI/ALI B153.1-1990. Con la adopción de ANSI/ALI ALCTV-1998, la demanda de esta norma por parte de los fabricantes tuvo un revés debido a la rigidez de sus requisitos y al requerimiento de la certificación por parte de un Laboratorio de Ensayos Nacionalmente Reconocido (NRTL).

Hoy en día ALI actúa como ente certificador de la industria de los elevadores para automotores, contando con el apoyo de los laboratorios “Intertek Testing Laboratories” que se encuentra reconocido como NRTL por la OSHA.

2.2 ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD APLICABLE

A continuación se presentará la traducción de los requerimientos constructivos generales y específicos de la norma ANSI/ALI ALCTV-1998 STANDARD "Safety Requirements for Automotive Lifts Construction, Testing and Validation", aplicables al diseño de elevador propuesto por los autores

2.2.1 Alcance

Esta norma cubre los requerimientos de seguridad para la construcción, ensayo y validación de elevadores para automotores de los siguientes tipos: Elevadores con potencia manual o mecánica, elevadores estacionarios y móviles. Los elevadores movibles o que están diseñados para inclinar su estructura, o los que no son propiamente “elevadores para servicio de vehículos automotores” se encuentran fuera del alcance de la presente norma.

Algunos ejemplos de los elevadores cubiertos por esta norma son descritos en el apéndice A.

2.2.2 Objeto

El objeto de esta norma es proveer una base común para el entendimiento entre fabricantes y usuarios de elevadores para automotores, así como la forma de evaluar los productos descritos en el alcance.

2.2.3 Aplicación

Los elevadores para automotores no deben ser etiquetados como producto conforme a la presente norma, a menos que el elevador cumpla con los requisitos aplicables de la norma.

2.2.4 Fecha de Aplicación

Esta norma americana (American National Standard), entrará en vigencia dieciocho (18) meses después de la aprobación oficial ANSI, debido a que esta norma cubre productos que requieren de tres evaluaciones y son muchos los fabricantes y productos cubiertos por esta norma.

ANSI/ALI B153.1-1990 continua siendo valida hasta que la presente norma entre en vigencia.

2.2.5 Interpretación

El Automotive Lift Institute brindará interpretación sobre cualquier requerimiento de esta norma. Las interpretaciones serán entregadas solo como respuesta a comunicaciones escritas, que sean enviadas al Automotive lift Institute, Inc., PO Box 33116, Indialantic, FL 32903-3116. Las peticiones deben realizarse enviando el asunto, la edición y las preguntas referentes a la norma.

2.2.6 Normas de Referencia

Esta sección lista las normas de referencia aplicables a la construcción, ensayo y validación de elevadores para vehículos.

2.2.6.1 Normas de Referencia Americana

- ❖ ANSI/ALI ALOIM-1994, Safety Requirements for the Operation, Inspection and Maintenance of Automotive Lifts.
- ❖ ANSI Z535.1-1 991, Safety Color Code for Marking Physical Hazards (see also Occupational Safety and Health Administration, US Code of Federal Regulations, Title 29, Section 1910.144).
- ❖ ANSI Z535.3-1 998, Criteria for Safety Symbols (see also Occupational Safety and Health Administration, US Code of Federal Regulations, Title 29, Section 1910.145).
- ❖ ANSI Z535.4-1 991, Product Safety signs and Labels (see also Occupational Safety and Health Administration, US Code of Federal Regulations, Title 29, Section 1910.145)
- ❖ ANSI Z244.1-1993, Safety Requirements for the Lockout/Tagout of Energy Sources <see also Occupational Safety and Health Administration, US Code of Federal Regulations, Title 29, Section 1910.147).
- ❖ ANSI/ASME B1.20.1-1 983 (R1 992), Pipe Threads, General Purpose (Inch).
- ❖ ANSI/ASME B29.8M-1993, Leaf Chain Clevises and Sheaves.
- ❖ ANSI/ASME B29.24M-1995, Roller Load Chains for Overhead Hoists.
- ❖ ANSI/ASME Boiler and Pressure Vessel Code (1995), Section VIII, Division 1.
- ❖ ANSI/ASME PALD-1 997 Portable Automotive Lifting Devices.
- ❖ ANSI/AWS D1.1-1998, Structural Welding—Steel.
- ❖ ANSI/NFPA 70-1 996, National Electrical Code.
- ❖ ANSI/SAE J514-JUL94, Hydraulic Tube Fittings.
- ❖ ANSI/SAE J517-JUN94, Hose, Hydraulic.
- ❖ ANSI/SAE J524-JUN91, Seamless, Low Carbon Steel Tubing Annealed for Bending and Flaring.
- ❖ ANSI/SAE J525-JUN91, Welded and Cold Drawn Low Carbon Steel Tubing Annealed for Bending and Flaring
- ❖ ANSI/SAE J2184-OCT92, Vehicle Lift Points for Service Garage Lifting
- ❖ ANSI/UL 201-1997, Standard for Safety for Garage Equipment

2.2.6.2 Otras Normas y Documentos de Referencia

- ❖ ALI/LP-Guide, Quick Reference Guide, Vehicle Lifting Points for Frame Engaging Lifts, (Domestic and Imported Cars and Light Trucks).
- ❖ ALI/SM93-1 Lifting It Right (safety manual).
- ❖ ALI/ST90 Safety Tips (card).
- ❖ ALI/WL101, ALI/WL200, ALI/WL300, ALI/WL400 and ALI/WL500 (uniform warning labels and placards).
- ❖ ASTM A53-94, Specifications for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated Welded and Seamless.
- ❖ ASTM A106-95, Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service.
- ❖ ASTM standards for materials where applicable.
- ❖ CSA Standard W59-M1989, Welded Steel Construction (Metal Arc Welding), (for Canadian built lifts).
- ❖ RR-W-410D (Apr. 25, 1984), Federal Specification, Wire Rope and Strand.
- ❖ US Code of Federal Regulations Title 29, Part 1910 and applicable subparts- Occupational Safety and Health Administration, General Industry Standards.
- ❖ Wire Rope Users Manual, Third Edition 1993.

2.2.7 Definiciones

Adaptadores (Adapters): Soportes móviles o estacionarios que van acoplados a la estructura del elevador y permiten acomodar el vehículo sin afectar la capacidad de carga del elevador.

Adaptadores Auxiliares (Auxiliary Adapters): Extensiones que son acopladas a la estructura del elevador o a los adaptadores, aunque el uso de estos para

adaptar el elevador a un vehículo, puede reducir la capacidad de carga del elevador. (Referirse al párrafo 1.1.7.34)

Restricción de Brazos (Arm Restraint): Mecanismo o dispositivo que mantiene la posición de giro de un brazo pivotado, después que el brazo y el adaptador han sido girados y acoplados apropiadamente a los puntos de elevación del vehículo.

Elevador para Automotores (Automotive Lift): El termino significa en esta norma “ Elevador para servicio de automotores” y es un dispositivo específicamente diseñado para elevar y soportar de manera estable un vehículo automotor sustentándolo por medio de elementos estructurales del vehículo tales como ruedas, chasis, bastidor, ejes o componentes de la suspensión.

Elevador para Automotores Impulsado Manualmente (Manually Driven Automotive lift): Un elevador para automotores es impulsado manualmente, si la potencia requerida para elevar el automotor, es provista por un esfuerzo manual.

Elevador para Automotores Impulsado Mecánicamente (Power Driven Automotive Lift): Un elevador para automotores es impulsado mecánicamente, si la potencia requerida para elevar el automotor, no es provista por un esfuerzo manual.

Balcon (Balcony): una pasarela o andamio con o sin escalera, que permite el acceso a un vehículo que se encuentra elevado.

Dúctil (Ductile): Metal capaz de mantener una elongación no menor al 5% antes de la fractura

Sujetadores (Devices): Tornillos, pines, pernos, remaches, chavetas, tuercas, etc. Los pines de los brazos pivotados y demás ejes no son considerados sujetadores.

Control no enclavable (Hold-To-Run Control): Un dispositivo de control que requiere que el operador mantenga sostenido el control para iniciar y mantener en operación los mecanismos del elevador. Este tipo de control retorna automáticamente a la posición apagado cuando el operador lo libera. Un ejemplo de ellos son los pulsadores sin enclavamiento.

Mecanismos de Control del Elevador (Lift Control Mechanism): Dispositivos utilizados para controlar la elevación descenso y parada del elevador.

Mecanismo para Sostenimiento de la Carga (Load Holding Device): Dispositivo que permite sostener la carga cuando el control no enclavable se encuentra en posición apagado

Velocidad de Bajada (Lowering Speed): velocidad promedio de descenso sobre todo el rango de elevación, con o sin la carga nominal.

Fabricante (Manufacturer): El termino, fabricante, incluye todo fabricante o ensamblador de equipo original, exceptuando las entidades dedicadas a la instalación del equipo.

Elevador Móvil para Automotores (Mobile Automotive Lift): Elevador que puede ser movilizado, solo cuando se encuentra descargado, y es capaz de funcionar sin ningún método de fijación permanente.

Elevador Movable para Automotores (Movable Automotive Lift): Elevador que puede ser movilizado manual o mecánicamente sobre ruedas, encontrándose cargado en su posición de máxima elevación.

Frágil (Non ductile): Metal incapaz de mantener una elongación no menor al 5% antes de la fractura.

Mecanismo Anti-rotación (Non-rotating Device): Dispositivo que previene la rotación excesiva de la carga elevada.

Punto de Toma: Punto donde es posible tomar una parte del cuerpo entre objetos móviles, o entre objetos móviles y fijos.

Fuente de Potencia: Mecanismo que al activarse provee la fuerza motriz para actuar sobre el dispositivo de elevación.

Comprador (purchaser): Individuo, corporación, compañía, entidad legal o negocio que desee para uso propio un elevador para automotores.

Capacidad de carga Nominal (Rated Load Purchaser): La máxima carga para la cual el sistema de elevación es diseñado.

Carga de Inercia (Shock Load): Una carga creada por la súbita aceleración o desaceleración.

Elevador Estacionario: Elevador cuya posición es fija.

Factor de Esfuerzo (Strength Factor): Es la relación entre el esfuerzo último del material, al esfuerzo de diseño para una capacidad de carga. $S_F = \sigma_U / \sigma_{dis}$

Estructura de Soporte: Estructura que soporta el vehículo y que va conectada al dispositivo de elevación.

2.2.8 Construcción

2.2.8.1 Requerimientos Generales

En la Tabla 3 se presenta la traducción de los Requerimientos Generales de la Norma ANSI/ALI ALCTV-1998, aplicables al prediseño de elevador móvil propuesto.

Tabla 3 Requerimientos Constructivos Generales ANSI/ALI ALCTV-1998

NUMERAL APLICABLE DE LA NORMA	APLICACIÓN ³
<p>8.1.1 Requerimientos para Esfuerzos</p> <p>Pruebas de Carga: La aplicación de cargas con el propósito de confirmar el adecuado diseño del elevador. En el apéndice B se presentan los diagramas de carga para las pruebas. El diseño del elevador debe también acomodarse a otras consideraciones de esfuerzo dictadas por la intención de uso del elevador, el ambiente en el cual operará, la incorporación de equipos y las características de operación del diseño particular.</p> <p>Materiales: Todo material usado en la construcción de elevadores debe ser de un tamaño y espesor apropiado para proveer un factor de esfuerzo no menor a 3 para metales dúctiles y 5 para materiales frágiles, a menos que se especifique lo contrario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • No se realizarán pruebas de carga para el modelo del elevador, pues estas deben realizarse directamente en un prototipo de tamaño real. De cualquier modo se presentará una descripción de la prueba de carga propuesta por los autores y basada en las pruebas tipo presentadas por la norma, ya que esta no contempla pruebas de carga aplicables al diseño de elevador propuesto por los autores. • Se tendrán en cuenta los factores de esfuerzos dispuestos por la norma para materiales dúctiles y frágiles. Por Ejemplo: Para el acero estructural ASTM A36 (material dúctil) que se utilizara en la estructura del elevador tenemos $\sigma_u=5610 \text{ kg/cm}^2$ por lo que el esfuerzo de diseño será: $\sigma_{dis} = \frac{\sigma_U}{S_F} = \frac{5610}{3} = 1870 \text{ _kg / cm}^2$
<p>8.1.1.1 Factores de Esfuerzo en los Componentes de Impulso</p> <p>Componentes por Impulso Mecánico</p> <p>Tornillos de Potencia: Los tornillos de potencia, deben tener un factor de esfuerzo no menor de 3, basado en la capacidad de carga nominal. La tuerca del tornillo de potencia debe tener un factor de esfuerzo no menor de 6, basado en la capacidad de carga nominal para tornillos de potencia sujetos a fricción por deslizamiento (tornillos de rosca) y no menor de 3 para tornillos de potencia sujetos a fricción por rodamiento (tornillos de bolas).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se aplicarán los factores de esfuerzos indicados por la norma: $S_{F\text{-Tornillo}} \geq 3$ $S_{F\text{-Tuerca}} \geq 6 \text{ para tornillos sujetos a fricción por deslizamiento}$

³ Hace referencia a las medidas adoptadas en el diseño del elevador con el fin de dar cumplimiento a los requisitos de la norma.

NUMERAL APLICABLE DE LA NORMA	APLICACIÓN ³
<p>8.1.1.2 Esfuerzo de los Componentes de Conexión o Sujeción</p> <p>Sujetadores: Los componentes de sujeción, expuestos a cargas de impacto deben tener un factor esfuerzo no menor a 8; aquellos que no están expuestos a cargas de impacto deben tener un factor de esfuerzo no menor a 4.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se aplicarán los factores de esfuerzo indicados por la norma: <ul style="list-style-type: none"> $S_{F-Sujetador} \geq 8$ para elementos sometidos a cargas de impacto $S_{F-Sujetador} \geq 4$ para elementos no sometidos a cargas de impacto.
<p>8.1.2 Requerimientos para los Componentes por Impulso Mecánico</p> <p>Tornillos de Potencia: El sistema debe ser diseñado para prever el desenganche de la estructura de soporte del mecanismo de elevación durante su uso normal.</p> <p>Cada tornillo debe tener una tuerca de carga y un dispositivo para prevenir la caída libre. El tornillo no debe ser capaz de elevar la carga en el evento que la tuerca de carga falle. La tuerca de carga no debe desenroscarse fuera del rango de elevación. La tuerca de seguridad (si es utilizada) no debe desenroscarse fuera del rango de elevación. En sistemas sujetos a fricción por deslizamiento, el tornillo debe tener una mayor resistencia a la fricción que la tuerca de carga.</p> <p>Los tornillos de bolas deben poseer un dispositivo para prevenir la libre rotación debido a la carga.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La norma llama a la viga principal del elevador: estructura de soporte y al carro de elevación: mecanismo de elevación • El carro de elevación (con su tuerca de carga y de seguridad) no podrá desengancharse del tornillo de elevación durante su funcionamiento normal, esto solo será posible mediante el desarme del elevador con herramientas apropiadas. • Se proveerá el carro de elevación con una tuerca de carga (en bronce) solidaria al mismo y una tuerca de seguridad (en acero) • Se proveerá un mecanismo electromecánico que detecte el falló de la tuerca de carga y permita bajar el elevador para liberar el automotor pero no elevarlo. • Como se utilizará un tornillo de potencia este se fabricará en acero y la tuerca de carga en bronce, asegurando para el tornillo una mayor resistencia a la fricción.
<p>8.1.3 Requerimientos para Componentes Eléctricos</p> <p>Equipo eléctrico y el cableado: Todo el equipo eléctrico, componentes, cables y conectores deben estar aprobados por la normativa aplicable de acuerdo a su aplicación particular.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizará el diseño del sistema eléctrico basado en literatura relacionada y en la experiencia de los autores del proyecto.

NUMERAL APLICABLE DE LA NORMA	APLICACIÓN ³
<p>8.1.4 Requerimientos para los Dispositivos de Control</p> <p>Mecanismo de Control del Elevador: debe automáticamente retornar a su posición Off (apagado) cuando es aliviado. Los controles deben ser ubicados para proveer accesibilidad al operador del elevador. Cuando se operan los controles el operador debe poseer completa visibilidad del elevador y de la carga. La dirección del movimiento debe ser indicada (↑-↓). Si los controles son agrupados para varios elevadores, entonces los controles de los elevadores deben ser claramente identificados.</p> <p>Movimiento de Bajada Inadvertido: Los elevadores deben ser provistos con un mecanismo automático para impedir el movimiento de bajada inadvertido. Los tornillos de potencia deben ser autobloqueantes. Cada dispositivo debe operar por encima de 24 Pulg a partir del piso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizarán pulsadores sin enclavamiento para el control del elevador y se indicará la dirección del movimiento (↑-↓) en el tablero de control. • El diseño del elevador permitirá completa visibilidad del mismo y del automotor cuando se operan los controles del elevador. • El tornillo de potencia se diseñará con un ángulo de hélice que garantice el autobloqueo del tornillo para prevenir una bajada inadvertida del automotor.
<p>8.1.5 Requerimientos para las Velocidades</p> <p>Velocidad de Bajada: El máximo promedio de las velocidades de bajada de un elevador para automotores debe ser 20 pies/min (6.096 m/min) cuando esta cargado a su capacidad nominal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Como se fijo el tiempo de elevación en 1 minuto, pero este podría reducirse a 45 seg (para una carrera de elevación de 1.65 m), se tiene una velocidad promedio de 2.2 m/s para elevar. La velocidad de bajada se incrementaría un 20% aproximadamente con respecto a la de subida debido a que la carga que soporta aumenta la velocidad de bajada del elevador; obteniéndose así una velocidad de bajada de 2.64 m/s, la cual es inferior a la indicada por la norma.

2.2.8.2 Requerimientos Específicos

En la Tabla 4 se presentan los requerimientos específicos de la Norma ANSI/ALI ALCTV-1998, aplicables al prediseño de elevador móvil propuesto.

Tabla 4 Requerimientos Constructivos Específicos ANSI/ALI ALCTV-1998

DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN ⁴
<p>8.2.1 Soldadura</p> <p>Los procedimientos de soldadura y el diseño de las juntas soldadas deben estar conforme a la sección aplicable del Código de soldadura para acero estructural ANSI/AWS D1.1-1998 (Structural Welding—Steel), o el CSA Standard W59-M1989, Welded Steel Construction (Metal Arc Welding).</p>	<p>Debido a lo complejo que puede resultar el buscar la conformidad de las juntas soldadas con un código como el ANSI/AWS D1.1, el cual incluye entre otros, requerimientos generales, requerimientos para el diseño de las juntas, calificación de procedimientos (WPS – Welding Procedure Specification), calificación de soldadores, fabricación, inspección, etc, solo se diseñaran las juntas por métodos reconocidos como el que considera los cordones como una línea y que considera la falla de las soldaduras a cortante.</p>
<p>8.2.2 Adaptadores (Ejes, bastidor, chasis y calzos)</p> <p>Adaptadores: Los adaptadores que encajan en algún asiento, deben ser provistos de un acople o enganche adecuado. Los adaptadores ajustables de tornillo deben incorporar un dispositivo para prevenir el desenrosque del mismo.</p> <p>Adaptadores Auxiliares: Si los adaptadores auxiliares reducen o podrían reducir la carga nominal declarada por el fabricante del elevador. Los adaptadores deberán ser marcados con su capacidad.</p> <p>Calzos: En los elevadores que utilizan calzos para enganchar el chasis o bastidor del vehículo a ser elevado, el dispositivo debe ser provisto de zapatas para evitar el daño en la superficie de contacto con el vehículo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Como se utilizarán calzos de tornillo con adaptadores, los brazos y calzos poseerán un dispositivo para prever la sujeción, enganche y desenrosque de los mismos. • Los adaptadores utilizados no disminuirán la capacidad de carga del elevador. • Se utilizarán zapatas de caucho en los calzos para evitar el deterioro de las superficies de apoyo del vehículo y mejorar la adherencia en los calzos y el vehículo.

⁴ Hace referencia a las medidas adoptadas en el diseño del elevador con el fin de dar cumplimiento a los requisitos de la norma.

DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN ⁴
<p>8.2.4 Posicionamiento del Vehículo</p> <p>Los elevadores deben ser provistos de instrucciones técnicas escritas o señalizaciones para asistir al operador en el apropiado posicionamiento del vehículo para su elevación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se brindaran pautas para la redacción de las instrucciones técnicas para el apropiado uso del elevador.
<p>8.2.5 Mecanismo Anti-rotación</p> <p>Los elevadores monocolumna deben ser equipados con un dispositivo anti-rotación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El elevador poseerá ruedas retráctiles, por lo que el apoyo del mismo durante la elevación de un vehículo se dará sobre toda su base, lo que evita la rotación o movimiento involuntario del elevador cuando esté se encuentre en uso.
<p>8.2.8 Brazos Giratorios</p> <p>Los elevadores que posean 2 estructuras de soporte con un vacío (distancia entre las estructuras de soporte) \geq a 51 Pulg requieren de un dispositivo de restricción para los brazos pivotados.</p> <p>Los elevadores que enganchan el vehículo por su chasis y que no poseen una estructura rígida o porción de esta bajo el vehículo cuando este se encuentra elevado, deben ser provistos con restricción para los brazos pivotantes, capaz de soportar una fuerza horizontal de 150 lbf aplicada en el extremo del brazo descargado y completamente extendido, sin que se presente deformación permanente.</p> <p>El dispositivo de restricción de los brazos debe actuar normalmente sobre todo el recorrido de elevación a partir de: 2 ½ pulg desde el punto más bajo del recorrido en elevadores con capacidad nominal de hasta 15000 lbf y 4 pulg para elevadores con capacidad de carga nominal mayor de 15000</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El elevador proveerá parte de su estructura de soporte bajo el vehículo. • Adicionalmente se propondrá el uso de torres auxiliares para el soporte del vehículo, cuando las reparaciones requieran el retiro de componentes que puedan variar drásticamente el centro de masa del vehículo y por ende desestabilicen el conjunto carro-elevador. • Los pines de los brazos pivotados se diseñarán con un medio para impedir su remoción involuntaria.

DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN ⁴
<p>lbf.</p> <p>Los pines de los brazos pivotados deben incorporar un medio para evitar la remoción intencionada del pin</p>	
<p>8.2.10 Limites de Viaje</p> <p>Cada elevador debe ser provisto con una forma de parada para prevenir que se eleve más allá del límite de elevación con que fue diseñado.</p> <p>En los elevadores de tornillos el motor debe ser apagado o desconectado en el límite inferior y superior de la trayectoria de elevación. De manera redundante se debe proveer un dispositivo mecánico que detenga el elevador en sus posiciones límites de elevación, sin que este pueda causar daño a los diferentes sistemas del elevador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se diseñará el elevador con switch límites para evitar su viaje más allá de los límites de elevación. • Se preverán dispositivos mecánicos para detener el elevador en sus posiciones límites de elevación, para esto serán usados resortes con altas constantes y sendos switch límites redundantes con el objeto de detener el elevador en caso de que alguno de los switch límites principales falle.
<p>8.2.11 Dispositivo para Sostenimiento de la Carga</p> <p>Todos los elevadores de automotores, excepto los de tornillo deben incorporar un dispositivo mecánico para prevenir el descenso del elevador en más de 6 pulg después de detener el movimiento.</p> <p>Tornillos de Potencia: El tornillo debe ser equipado con un dispositivo que soporte automáticamente la carga cuando la tuerca de carga falle. Un dispositivo debe actuar para prevenir que continúe el movimiento del elevador, o para evitar que sea elevado, pero permita ser descendido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizará una tuerca de seguridad para sostener la carga cuando la tuerca de carga falle y se implementará un dispositivo que permita descender el elevador con el automotor, pero no elevarlo. Este consistirá de una manivela de tipo manual que puede ser acoplada a la polea de transmisión con el objeto de descender manualmente el vehículo. • La detección de la falla en la tuerca de carga consistirá de un switch límite que detectará la caída de la misma sobre la tuerca de seguridad bloqueando la alimentación de corriente al motor.
<p>8.2.14 Elevadores Sobre Piso Móviles</p> <p>Los elevadores sobre piso móviles deben ser provistos con dispositivos para facilitar su</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El elevador poseerá ruedas retráctiles, por lo que el apoyo del mismo durante la elevación de un vehículo se dará sobre toda su base, lo que evita

DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN ⁴
<p>desplazamiento.</p> <p>Los elevadores sobre piso móviles deben incorporar un dispositivo para prevenir su movimiento mientras se encuentra cargado</p>	<p>la rotación o movimiento involuntario del elevador cuando esté se encuentre en uso. También incluirá palancas para facilitar el direccionamiento y desplazamiento del elevador.</p>
<p>8.2.15 Superficies</p> <p>El elevador debe ser diseñado de forma tal que no existan proyecciones y aristas cortantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Todas las aristas del elevador serán romas y no existirán proyecciones que puedan causar daño a los operarios del elevador.
<p>8.2.16 Inspecciones por Daño</p> <p>La inspección de cables, cadenas y tornillos de potencia debe poder realizarse sobre toda su longitud.</p> <p>El diseño del elevador debe permitir la inspección del dispositivo de sostenimiento de carga.</p> <p>El uso o desgaste de la tuerca de carga debe ser medible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El diseño del elevador permitirá la inspección completa del todo el sistema de elevación. • La medición del grado de desgaste de la tuerca de carga debe ser sometido en estudio para seleccionar un dispositivo que permita medirlo.
<p>8.2.17 Seguridad Eléctrica</p> <p>Todo elevador debe ser diseñado de acuerdo al código eléctrico ANSI/NFPA 70-1996.</p> <p>Todo elevador debe ser diseñado para cumplir con la norma ANSI/UL201-1997, Standar for Safety for Garage Equipment.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se investigará si el Código Eléctrico Colombiano aplica al diseño de elevador propuesto, para utilizarlo como guía en el diseño del sistema eléctrico de potencia y control. De otra forma se realizará el diseño del sistema eléctrico basado en literatura relacionada y en la experiencia de los autores del proyecto.
<p>8.2.18 Estabilidad de los Elevadores que Enganchan por las Ruedas</p> <p>El elevador debe retornar a su posición de estabilidad luego de inclinarlo 10° a partir de la vertical en cualquier dirección.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El diseño del elevador garantizará su estabilidad luego de inclinarlo 10° en cualquier dirección cuando se halla descargado.
<p>8.2.19 Sujetadores</p> <p>Los tornillos, pernos, pines y partes similares usadas en la construcción del elevador deben ser instalados con un dispositivo o medio para</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los sujetadores poseerán un medio para garantizar su apriete o ajuste inicial.

DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN ⁴
asegurar su tensión y ajuste.	
<p>8.2.20 Lubricación</p> <p>Todo rodamiento, dispositivo de bloqueo y parte móvil debe ser provista con un dispositivo de lubricación si se requiere. El método y frecuencia de lubricación debe ser descrito en las instrucciones técnicas del elevador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los dispositivos móviles del elevador no requerirán de un sistema de lubricación continuo, pero se brindarán pautas para que en las instrucciones técnicas se describa el tipo de lubricante, la frecuencia y el método para realizar la apropiada lubricación de los dispositivos.
<p>8.2.21 Equipos y Accesorios</p> <p>Si un modelo de elevador es diseñado para adecuarle accesorios, la capacidad de carga declarada no debe ser reducida por estos accesorios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los accesorios con los cuales se diseñará el elevador no disminuirán la capacidad de carga del mismo.
<p>8.2.23 Otras Consideraciones de Seguridad</p> <p>Los elevadores deben cumplir con Occupational Safety and Health Administration, US Code of Federal Regulations, Part 1910, Subpart G, Occupational Health and Environmental Control, Section 1910.95 Occupational Noise Exposure</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Debido a lo riguroso de este requisito no se buscara la conformidad del mismo. Sin embargo se tomaran consideraciones basadas en la experiencia y la lógica de los autores.

3. PREDISEÑO DEL ELEVADOR MÓVIL PARA VEHÍCULOS LIVIANOS

A continuación se recordarán las características técnicas y funcionales propuestas para el elevador objeto del presente proyecto:

CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y TÉCNICAS BÁSICAS PARA EL ELEVADOR DE VEHÍCULOS LIVIANOS

- Capacidad de carga: 2500 Kg.
- Tiempo de elevación: 60 segundos
- Altura máxima de elevación: 1.80 mt
- Punto más bajo de recogida (Altura de entrada): 15 cm.
- Carrera de elevación: 1.65 mt
- Potencia motor: de 2 a 5 hp
- Voltaje de control: 24 volt.
- Voltaje Principal: 110 a 220 volt.
- Alimentación de potencia eléctrica: monofásica o trifásica
- Número de columnas: Por definir según diseño final del elevador
- Mecanismo de elevación: Tornillo de potencia

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES DEL ELEVADOR

Estructura

Consta en su orden de: base, columna, carro móvil, viga(s) principal(es), brazos telescopios (posibilidad tentativa) y calzos. Todos estos componentes deben ser diseñados y construidos a partir de perfilera estructural y laminas de acero, utilizando como método de unión soldadura-AWG para proveer la mayor resistencia y rigidez a la estructura del elevador.

- La base constará de un sistema de ruedas retráctiles que le permitirán al elevador ser movilizado y afirmarse posteriormente en el suelo, evitándose deslizamientos.
- La columna podría ser construida con lámina doblada o perfiles estándar para obtener una sección transversal semiabierta y se soldaría o apernaría a la base agregando elementos rigidizadores para mejorar la estabilidad del elevador.
- El carro móvil podría ser hecho de lámina para que soporte los grandes esfuerzos a que este elemento se verá sometido. A él, irán soldados dos ejes en los cuales se montarán sobre 4 ruedas con rodamientos de bolas para desplazarse a lo largo de la columna.
- Entre las alternativas de la forma externa del carro móvil, que se desplaza por la columna están: con viga única horizontal y cuatro brazos telescopios o con dos vigas horizontales con sus respectivos calzos.

Sistema de potencia

Se proveerá el elevador de un motor eléctrico, preferiblemente trifásico, conectado por medio de un sistema reductor de velocidad al tornillo de potencia. Alternativamente se podría considerar el uso de un motor de corriente continua con baterías recargables para mejorar su versatilidad. El tornillo de potencia trabajará básicamente a tensión soportando el peso del vehículo.

Sistema de control

Debido a las pocas funciones que se requieren controlar y a la facilidad de manejo requerida por el operador, el elevador será controlado por medio de lógica cableada o posiblemente por un microcontrolador, utilizando metodología Grafcet y Gemma o la simple experiencia para definir el alcance real requerido por el sistema de control.

Elementos de seguridad

Estos podrán ser de tipo mecánico (como tuercas de seguridad), eléctricos o electrónicos (como sensores de presencia) dependiendo de los requerimientos y las limitaciones tecnológicas.

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS

Para la definición de las características constructivas del prediseño se tuvieron en cuenta las alternativas dadas en la Figura 25.

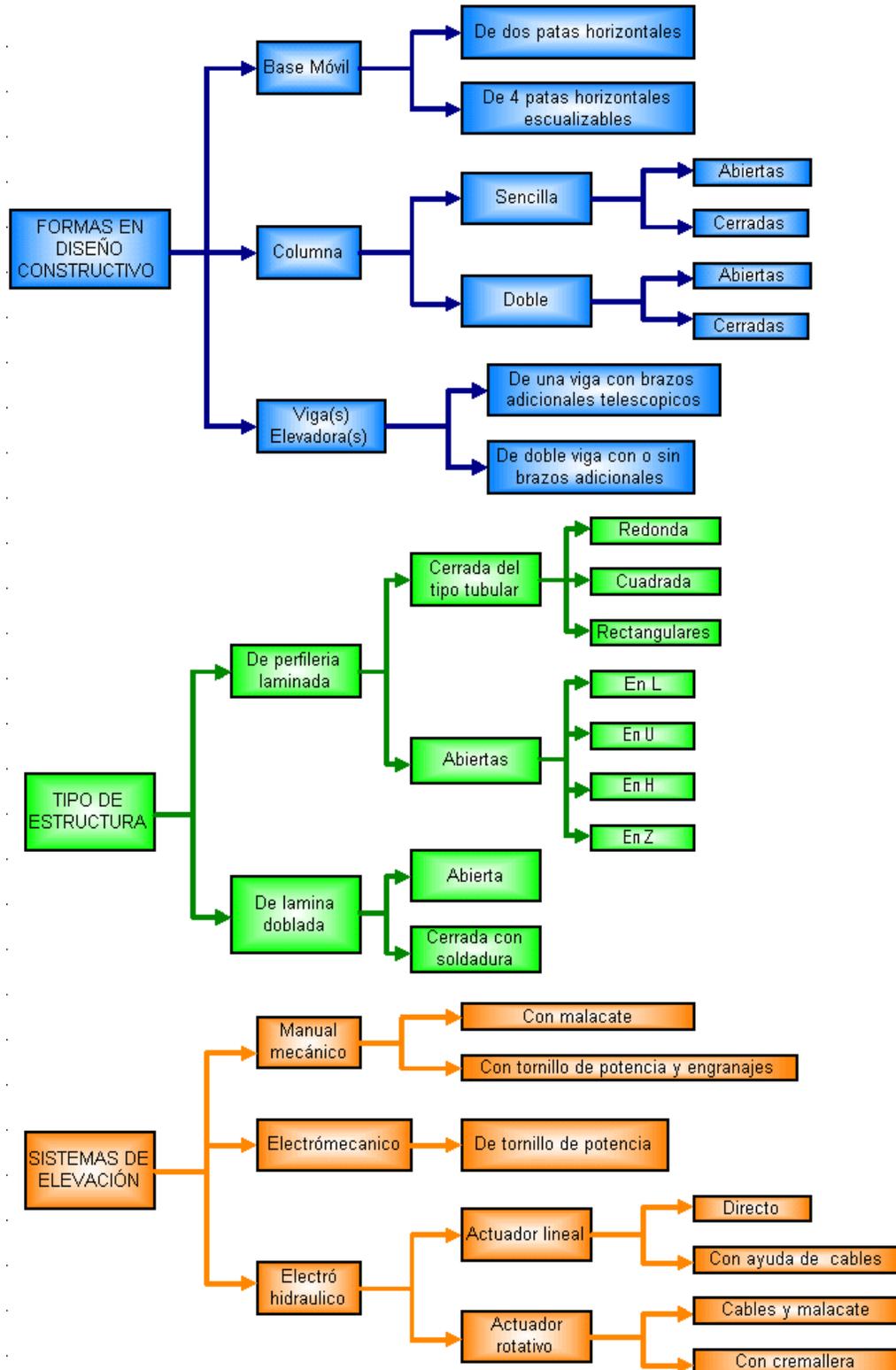
Debido a la escasa información técnica disponible acerca del tema de elevadores para automotores, la evaluación de las características del prediseño se realizará basada en la experiencia de los autores, la asesoría del director de proyecto y la información recopilada y analizada.

Para tal fin se organizaron los requerimientos base del elevador, los cuales dan cumplimiento a las necesidades planteadas en el proyecto y se pueden resumir en tres aspectos:

- Versatilidad, facilidad de operación y maniobra
- Seguridad de operación

Costos de adquisición, operación y mantenimiento

Figura 25 Alternativas Constructivas para el Elevador de Vehículos Livianos



En la Tabla 5 se presentan los aspectos a evaluar junto con las alternativas constructivas que servirán de base al prediseño del elevador.

Para cada aspecto constructivo y requerimiento a evaluar se presenta una valoración cualitativa y una valoración cuantitativa utilizando los valores de la siguiente tabla.

Criterios Cualitativos

Evaluación Cuantitativa del Diseño	Valor del Criterio
Insatisfactorio	0
Regular	1
Bueno	2
Muy Bueno	3
Excelente	4

Tabla 5 Evaluación de las Características del Prediseño de Elevador Móvil

Aspecto	Componente	Alternativas	Requisitos a evaluar						
			Operación	Seguridad	Costo	Tot			
Formas en diseño constructivo	Base móvil	De 2 patas	Su desplazamiento por las rutas de tránsito del taller es limitada debido a la gran distancia que debe existir entre ellas con el fin de conferirle estabilidad al elevador.	2	Su estabilidad depende principalmente de la distancia entre las patas de apoyo por lo que se debe brindar una distancia óptima considerando versatilidad de traslación y estabilidad con y sin carga.	2	La base consta básicamente de tres largueros unidos formando una C sobre el extremo de la cual descansa la Columna del elevador, su área de sustentación es de forma rectangular.	4	8
		De 4 patas (2 abatibles)	Sus patas abatibles le confieren gran accesibilidad por las rutas de tránsito del taller, aunque esto supone el plegar y desplegar las patas cada vez que se requiera trasladar el elevador en situaciones de espacio restringido.	3	Su estabilidad esta ligada a la distancia entre las patas frontales y entre las patas abatibles formando una área de sustentación de forma trapezoidal que le confiere una gran estabilidad.	3	La base consta de tres largueros unidos formando una C y dos mas abatibles que incrementa un poco su costo.	3	9
	Columna	Monocolumna	El poseer una sola columna le confiere al elevador: <ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de traslado pues solo debe movilizarse una columna para elevar el vehículo. • Completa accesibilidad al vehículo por la puerta del lado del conductor. • No requiere sistemas para la sincronización de movimiento entre columnas. 	4	Debido a que solo se posee una columna para soportar el peso del vehículo, los esfuerzos generados sobre los elementos estructurales son mayores. Su estabilidad es menor que si se utilizarán dos columnas.	3	Aunque los elementos estructurales para elevadores monocolumna son más robustos que para los de 2 columnas, su precio en forma global es menor pues solo se requiere una columna.	4	11

Aspecto	Compo	Alterna	Operación	Requisitos a evaluar					
				Seguridad	Costo	Tot			
Formas en diseño constructivo	Columna	2 Columnas	El poseer 2 columnas independientes supone: <ul style="list-style-type: none"> Mayor numero de operaciones de traslado y conexionado para poner en operación el elevador. O 2 columnas solidarias: <ul style="list-style-type: none"> Versatilidad casi nula en su traslado pues es equiparable a instalarle ruedas a un elevador de dos columnas fijo. 	2	La estabilidad del elevador es mayor que uno monocolumna y por ser un diseño común de elevador en los talleres, produce cierta tranquilidad respecto a la seguridad entre las personas relacionadas con el elevador (propietario, operador, propietario del vehículo a elevar, etc.).	3	Su costo es mayor comparado con un elevador monocolumna, debido a la mayor cantidad de material y de operaciones necesarias para su construcción, de otra parte el poseer 2 columnas supone la adicción del sistema para sincronizar el movimiento de las columnas.	2	7
			Viga Elevadora	1 Viga con brazos telescópicos	El poseer una sola viga permite mantener un mayor acceso a la parte inferior del vehículo lo que facilita las operaciones de revisión y reparación.	4	Al utilizar una sola viga, los brazos telescopicos deben ser más largos para alcanzar los puntos de apoyo del vehículo, por lo que posiblemente se requiera de un sistema de bloqueo rotacional para mejorar la estabilidad del vehículo respecto al elevador.	3	Su costo es equiparable que al utilizar 2 columnas
	2 Vigas con o si brazos telescópicos	Si se construye el elevador con 2 vigas el acceso a la parte inferior del vehículo se ve disminuido.			2	La estabilidad del vehículo respecto al elevador es mayor que al utilizar una sola viga, pues los brazos (si existe) son más cortos. De otro lado las dos vigas en caso de una falla inadvertida proveerían cierta seguridad ya que el vehículo caería y estabilizaría sobre estas, caso poco probable en elevadores con una sola viga.	4	Su costo es equiparable que al utilizar una sola viga	3

Aspecto	Compo	Alterna	Operación	Requisitos a evaluar		Tot	
				Seguridad	Costo		
Tipo de estructura	Perfilería laminada	Cerrada tubular	<p>La selección del tipo de estructura no tiene gran influencia en los requisitos operacionales del elevador.</p> <p>Debido al poco espesor que poseen los tubos cuadrados o rectangulares, su uso está limitado en los componentes estructurales del elevador pues estos requieren de factores de esfuerzos estipulados por norma. De otro lado la utilización de tubos redondos es más compleja debido al diseño de las juntas requeridas. En conclusión para los componentes estructurales del elevador es recomendable no utilizar perfilera laminada tubular, pues el nivel de seguridad se vería disminuido. Los perfiles abiertos C, I, W, platinas etc. son formas adecuadas para la construcción de la estructura del elevador pues sus espesores permiten obtener los factores de esfuerzo requeridos por norma, brindando un satisfactorio nivel de seguridad, pero el diseño de las juntas y el dimensionamiento de los componentes es limitado ya que estos solo se consiguen en dimensiones estándar. De otro lado el peso de la estructura del elevador es muy alto si se tiene en cuenta que este ha de ser móvil.</p> <p>Los elementos estructurales de sección cerrada fabricados con láminas dobladas son una alternativa muy flexible, pues permite dimensionar apropiadamente la sección transversal de los elementos estructurales así como el espesor de los mismos brindando una justa relación entre peso y seguridad para el elevador móvil.</p> <p>Los elementos estructurales de sección abierta no son recomendables, debido a que ciertos elementos deben soportar flexión y torsión, impidiendo que se obtenga un conveniente flujo de esfuerzos.</p>	3	0	3 6	
				Abierta	3	3	9
				Cerrada con soldadura	4	3	10
	Lamina doblada	Abierta		Abierta	1	2	6
					1	2	6
					1	2	6

Aspe- cto	Compo- -	Alterna- - tivas	Operación	Requisitos a evaluar					
				Seguridad	Costo	Tot			
Sistema de elevación	Manual mecánico	Con malacate	Este tipo de sistema de elevación es poco adecuado para su uso en elevadores de automotores, lo cual se puede constatar al consultar los catálogos de fabricantes a nivel mundial, quienes no lo incluyen en ninguno de sus sistemas de elevación.	0	Los malacates transmiten su potencia a través de cables por lo que requieren además del freno en el moto tambor, un sistema de bloqueo mecánico que sostenga la carga cuando el elevador se halla en posición de parada.	2	Debido a su uso extensivo para elevación de cargas puntuales en la industria de la construcción se pueden obtener costos razonables pero siempre superiores a un tornillo de potencia.	2	4
		Con tornillo de potencia y engranajes	El tornillo de potencia con engranajes es muy utilizado en los gatos de carretera, su alimentación de potencia es manual, por lo que se requiere cierto esfuerzo físico del usuario para elevar el automotor. Su aplicación esta limitada a gatos y elevadores de poca altura.	1	El sostenimiento de la carga se lleva acabo debido al efecto auto trabante del tornillo que evita el descenso de la carga.	3	El costo puede ser bajo, debido a la simplicidad del sistema, pero su aplicabilidad es limitada.	2	6
Sistema de elevación	Electromecánico	De tornillo de potencia	El tornillo de potencia por su simplicidad de construcción, mantenimiento y manejo es una de los sistemas mas adecuados para su uso en elevadores de columna.	4	La seguridad del elevador se sustenta en los factores de esfuerzo con que es diseñado el tornillo y la tuerca de carga. Adicionalmente la norma especifica el uso de una segunda tuerca (de seguridad) para sostener el automotor en caso de que falle la tuerca de carga. Estos elementos son complementados con sistemas para detectar la falla de la tuerca de carga, en los elevadores mas sofisticados.	3	Debido a la gran difusión de los tornillos en la transmisión de potencia su costo es bajo comparado con otros sistemas.	4	

Aspe- cto	Compo- -	Alterna- -	tivas	Operación	Requisitos a evaluar					
					Seguridad	Costo	Tot			
Electro Hidráulico				<p>Los actuadores lineales son una alternativa constructiva sencilla y eficiente por cuanto proveen desplazamiento directo a partir de un flujo de aceite, sin embargo la integridad de los sellos que mantienen la hermeticidad del actuador puede provocar complicaciones si no se posee un adecuado programa de mantenimiento.</p>	3	Requieren de un sistema de bloqueo mecánico que sostenga la carga cuando el elevador se halla en posición de parada.	2	Son una alternativa costosa debido al tipo de componentes hidráulicos que se requieren, bomba, válvulas direccionales, válvulas reguladoras de caudal, líneas de alta presión, tanque, etc.	2	7
				<p>Las alternativas para actuadores rotativos que eleven la carga directamente son limitadas pues ellos siempre requerirán de un componente adicional (cables, poleas, tornillos de potencia, etc.) que transforme el movimiento rotacional de una transmisión hidrostática en movimiento lineal para la elevación del automotor.</p>	2	Al igual que los sistemas hidráulicos con actuador lineal, los rotativos requieren de sistemas de bloqueo hidráulico y mecánico para sostener la carga.	2	Son la alternativa más costosa.	2	6

Luego de analizar los aspectos constructivos frente a los requerimientos del elevador se puede concluir que el elevador debe poseer las siguientes características para dar cumplimiento a las necesidades planteadas en el presente proyecto:

- Base móvil de 4 patas (con 2 abatibles).
- Monocolumna (de una sola columna).
- Una sola viga con brazos telescópicos.
- La estructura debe ser preferiblemente construida con lámina doblada y soldada, con secciones cerradas.
- El sistema de potencia a utilizar es el electromecánico de tornillo de potencia.

Estos aspectos constructivos o de diseño se adicionan a los descritos en el Numeral 0, definiendo así gran parte del prediseño del elevador.

Para ilustrar las características antes mencionadas, en la Figura 26 y Figura 27 se presentan 2 isometrías para el prediseño del elevador, en ellas se realizan algunos comentarios respecto a los elementos componentes y funcionales del mismo, este prediseño de elevador móvil fue presentado a técnicos, operarios y propietarios de los talleres de servicio del sector automotor de Bucaramanga que fueron visitados durante la realización de la investigación exploratoria concurrente expuesta como fase 3 del presente proyecto.

Figura 26 Diseño Preliminar Propuesto (Isometría 1)

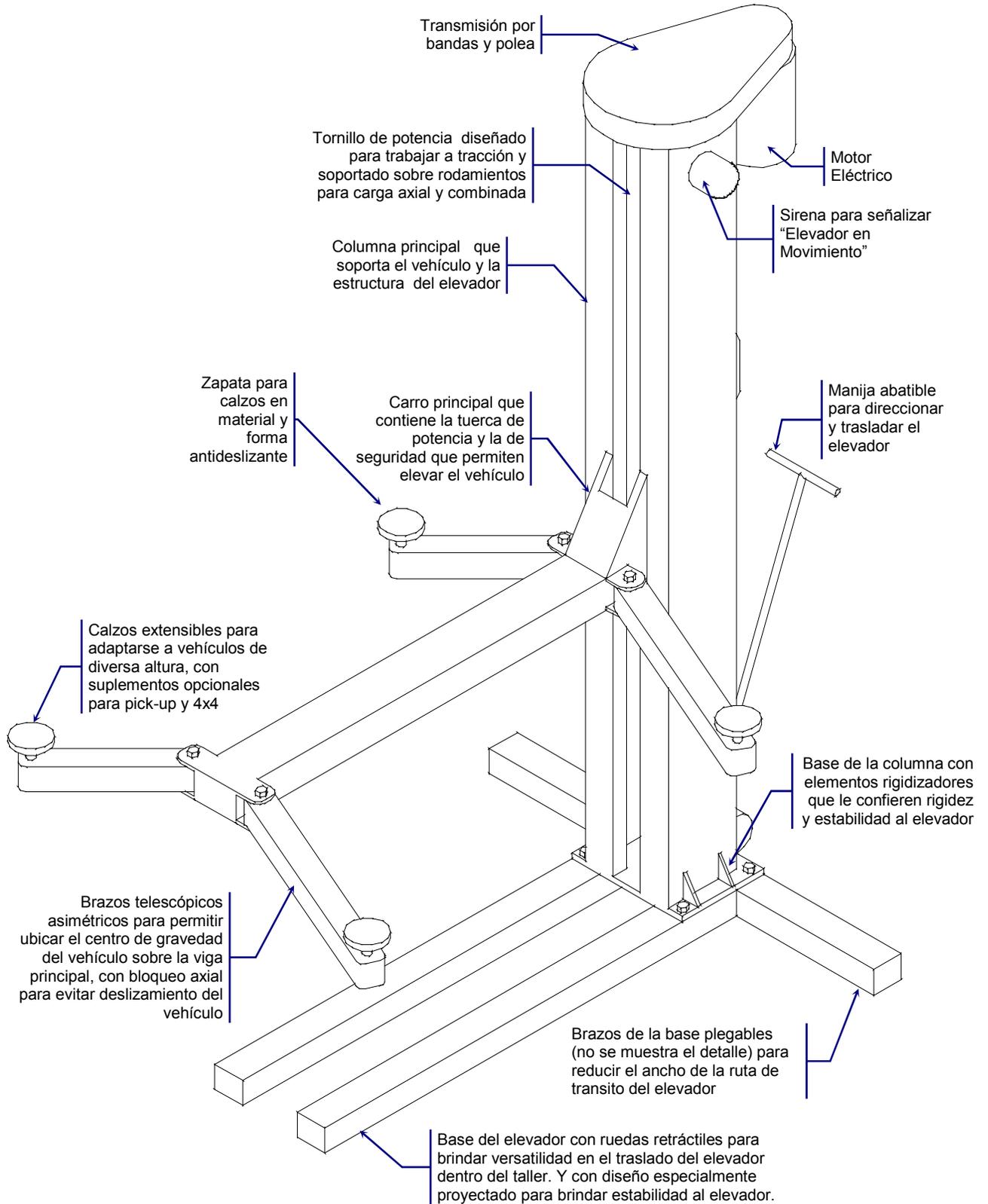
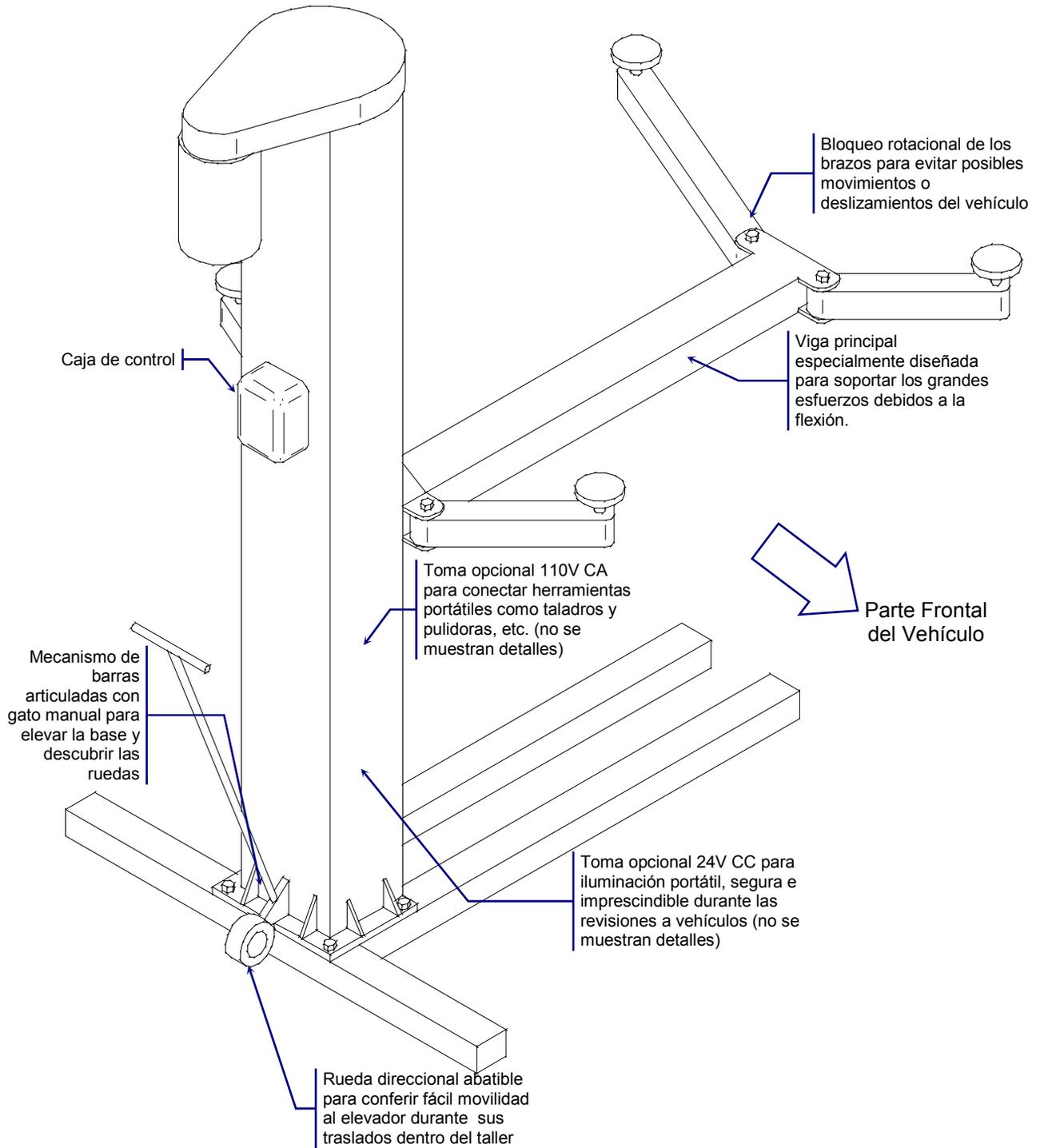


Figura 27 Diseño Preliminar Propuesto (Isometría 2)



4. INVESTIGACION EXPLORATORIA - ELEVADORES PARA AUTOMOVILES EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

Empresas Visitadas

Servíteca Garcillantas, Lubriautos Mercadefam, Skoautos, Diagnosticentro Vivero, Industrias el Silencio, Servíteca la Rosita, Servíteca Servicar, Yomautos.

Conclusiones de las Visitas Realizadas

- Los servicios comúnmente prestados por las empresas que utilizan elevadores son:
Cambio de aceite, alineación, sistemas de frenos, arreglo de suspensión, reparación de cajas de transmisión y exhostos.

- Los tipos de elevadores mas comunes son:
Fijo de dos columnas, electromecánico
Fijo de cuatro columnas, hidroneumático o electromecánico
Articulado de tijeras simple
Poste cilíndrico empotrado bajo el piso, hidráulico
Fijo doble tijeras, hidráulico

- El peso de los vehículos que normalmente elevan es de 1500-2000 kg.

- La mayoría de las empresas desconocen los sistemas de seguridad que debe poseer un elevador.

- La mayoría de las empresas no se sienten conformes con los elevadores que poseen por carencias de versatilidad y desempeño en los diferentes servicios que prestan.

- La mayoría de las empresas consideraron que un elevador móvil de una columna sería muy versátil, pues podría desplazarse a cualquier punto del taller, y permitiría un fácil acceso por la parte baja del vehículo.
- Consideraron importante que se le brinde capacitación al personal del taller en la operación segura de los elevadores.
- Por las ventajas que ofrecería un elevador móvil con respecto a los otros elevadores, las empresas invertirían en uno aunque representara un mayor costo inicial, pero con excelente relación costo beneficio debido a su versatilidad.

Figura 28 Encuestas Realizadas

**INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA CONCURRENTE
ELEVADORES UTILIZADOS EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS
AUTOMOTORES EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

Entrevistador: _____ Fecha: ___/___/___ Cuestionario N° _____
 Empresa: _____ Tipo de Empresa: _____
 Dirección: _____ Tel: _____
 Entrevistados: _____

Como estudiantes de último semestre de Ingeniería Mecánica de la UIS, agradecemos la colaboración que nos pueda prestar al respondernos las preguntas que se presentan a continuación, pues este cuestionario es una herramienta de vital importancia para el desarrollo de nuestro proyecto de grado, que se titula "DISEÑO DE UN ELEVADOR MOVIL PARA VEHICULOS LIVIANOS Y CONSTRUCCION DE UN MODELO A ESCALA", el director del proyecto es el Ing. Alfredo Parada Corales y los ejecutores los estudiantes Mauricio Plata y Luis Garcia. La información consignada durante la entrevista tiene como único objetivo la realización de un ejercicio académico, cual es la realización del proyecto de grado antes mencionado. Para cualquier información comunicarse con la escuela de Ingeniería Mecánica al teléfono 6392564 o al PBX 6344000 Ext. 2811.

1. ¿En cuáles de los servicios que ustedes prestan, utilizan o considera que deberían utilizar un elevador para realizarlos?
 a. _____ d. _____
 b. _____ e. _____
 c. _____ f. _____

2. Poseen elevadores para la prestación de sus servicios?
 SI _____ (continuar en la pregunta 3) No _____ (continuar en la pregunta 4 o 9)

3. Podría describir las características principales de sus elevadores

Exist	Facilidad De Instalación Y Manten	Disponibilidad De Elementos Reemplazables	Numero De Plataformas	Capacidad De Carga (kg)	Extension Horizontal (m)	Plataforma (kg)	Marca	Modelo

4. Cual es el peso máximo de los vehículos que normalmente debe o debería elevar?
 a. Menos de 2000 kgs _____
 b. De 2000 a 2500 kgs _____
 c. Mas de 2500 kgs _____
 d. NS/HR _____

**INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA CONCURRENTE
ELEVADORES UTILIZADOS EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS
AUTOMOTORES EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

5. Que elementos de seguridad posee e(los) elevador(es) que ustedes utilizan?
 a. _____ d. _____
 b. _____ e. _____
 c. _____ f. _____

6. Que cambios le realizaría a su elevador(es) para hacerlo más funcional y seguro?

7. Se ha presentado algún accidente durante el uso del elevador, de que se trata, porque se presentó?

8. Considera importante que se brinde capacitación al personal de taller en la operación segura de elevadores?
 SI _____ No _____
 Porque? _____

9. Conoce usted los elevadores móviles? Como se los imagina?

10. Considera que un elevador móvil le haría más rápido y eficaz su trabajo?
 SI _____ No _____
 Porque? _____

11. Como le parece este elevador (mostrar imágenes y características del Diseño del elevador)

12. Con un elevador móvil como el de la imagen, usted cree que ahorraría espacio y tiempo en el taller?
 SI _____ No _____
 Porque? _____

13. Después de observar las ventajas que le ofrecería un elevador móvil, usted invertiría en uno, cuanto estaría dispuesto a pagar?
 SI _____ No _____
 Porque? _____

5. DISEÑO FINAL DE ELEVADOR MÓVIL PARA VEHÍCULOS LIVIANOS

En este capítulo se presenta la refinación del diseño preliminar realizado para el elevador móvil de vehículos livianos, basados en los requerimientos definidos en la etapa previa, los cuales se listan a continuación:

- Capacidad de carga nominal: 2500 Kg.
- Tiempo de elevación: 45 segundos.
- Altura máxima de elevación: 1.80 mt.
- Punto más bajo de recogida (Altura de entrada): 15 cm.
- Carrera de elevación: 1.65 mt.
- Potencia motor: de 2 a 5 hp.
- Voltaje de control: 24 volt.
- Voltaje Principal: 110 a 220 Volt.
- Alimentación de potencia eléctrica: monofásica o trifásica.
- Número de columnas: 1 columna (Monocolumna).
- Mecanismo de elevación: Tornillo de potencia.
- Mecanismo de reducción: Transmisión por bandas y poleas.

5.1 DEFINICIÓN DE LA FORMA CONSTRUCTIVA

A partir del prediseño descrito en el numeral 3, se retomaron las formas constructivas y se refinaron teniendo en cuenta elementos tales como la facilidad y costo de manufactura, la funcionalidad y la seguridad que debe proveer la estructura del elevador.

5.2 DIMENSIONAMIENTO DEL ELEVADOR

El dimensionamiento del elevador es el proceso que permite establecer las dimensiones generales de los componentes estructurales. Estas dimensiones deben definirse en función de:

- ❖ Las dimensiones de los vehículos livianos a elevar.
- ❖ La altura máxima de elevación.
- ❖ La estabilidad del conjunto vehículo-elevador.
- ❖ La dimensión típica de las rutas de tránsito del elevador en los talleres de servicio.

5.2.1 Dimensiones de los Vehículos a Elevar

Una de las características definidas para el diseño del elevador es su capacidad de carga (2500 Kg.). Este requerimiento limita la dimensión de los vehículos que pueden ser elevados por dicha máquina.

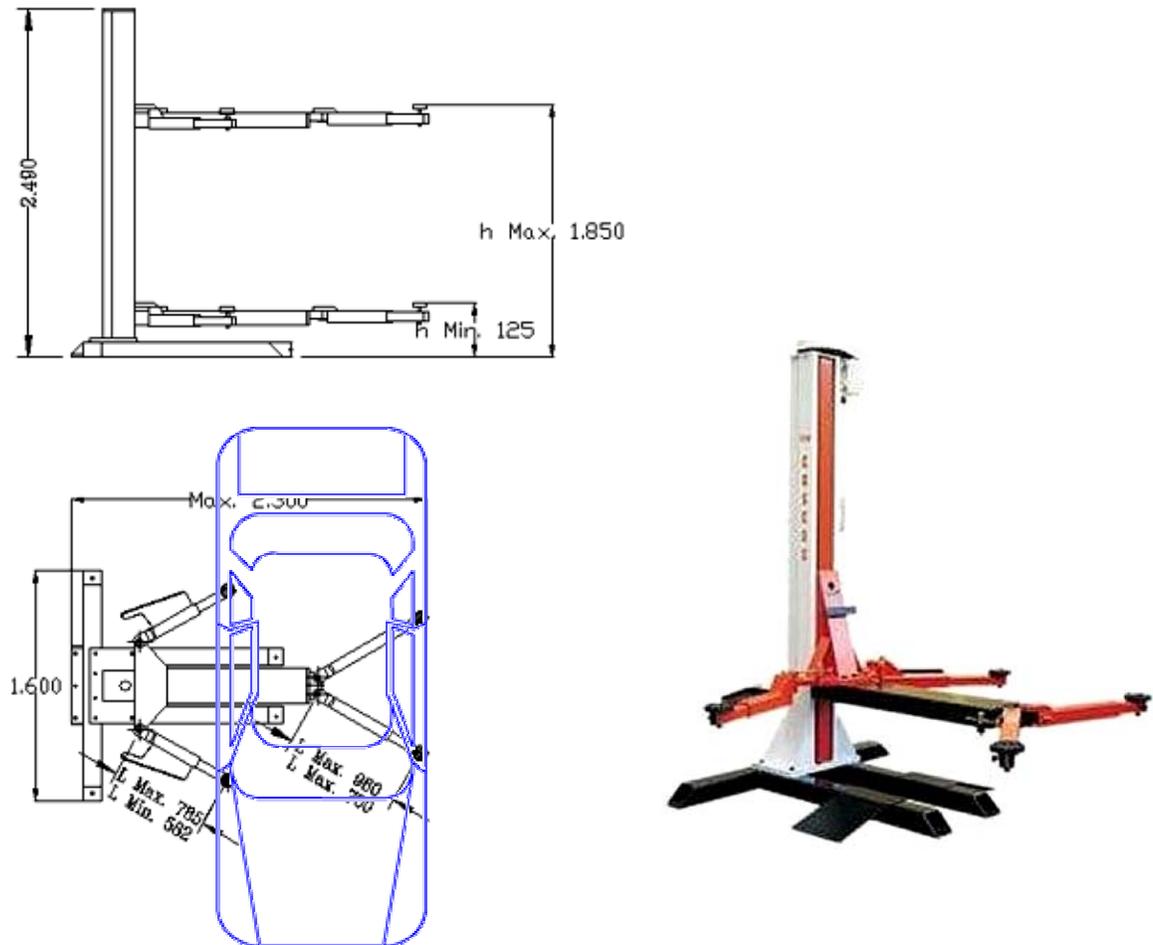
Debido a la dificultad que implica establecer las dimensiones básicas de los vehículos en nuestro medio Colombiano (específicamente la ubicación de los puntos de elevación o sujeción del vehículo) cuya masa es inferior o igual 2500 kg, por razones tales como:

- El gran trabajo que implicaría establecer dichas dimensiones por medición directa sobre los vehículos, pues existe una gran variedad de marcas y modelos.
- El desinterés y poca colaboración de los fabricantes de vehículos para suministrar estas dimensiones.

Se decidió tomar como base un elevador monocolumna fijo de características similares, para establecer el rango de las áreas de sustentación de vehículos (Figura 31) que debe abarcar el elevador objeto del presente proyecto para adaptarse a los diversas marcas y modelos de vehículos que circulan en nuestro país. Aunque el elevador tomado como base para el dimensionamiento, es de origen extranjero, su aplicabilidad al medio colombiano se halla completamente validada si se tiene en cuenta que los vehículos ensamblados o comercializados en Colombia provienen del extranjero y no de diseños específicos realizados en el país.

En la Figura 29 se presentan las dimensiones generales del elevador seleccionado, como base para el dimensionamiento del elevador móvil para vehículos livianos y adicionalmente se muestra una fotografía de dicho elevador.

Figura 29 Elevador Monocolumna Tomado como Base para el Dimensionamiento



Las dimensiones claves obtenidas de este modelo de elevador, son las dimensiones y posición de los brazos giratorios, las cuales determinan el rango de las áreas de sustentación de los vehículos que debe abarcar el elevador.

Para obtener las áreas de sustentación se graficaron las dimensiones básicas, generando áreas entre la extensión mínima y máxima de cada brazo así como la rotación mínima y máxima que pueden realizar cada uno. Sobre estas áreas se

graficaron y superpusieron las dimensiones para el elevador a diseñar, obteniendo así las áreas de sustentaciones y dimensiones requeridas.

En la Figura 30 se puede apreciar en color verde las áreas de sustentación ofrecidas por el elevador monocolumna tomado como base para el dimensionamiento, en color azul claro las áreas de sustentación obtenidas para el diseño del elevador y las cotas correspondientes a la extensión máxima y mínima de cada brazo.

5.2.2 Altura Máxima de Elevación

Esta dimensión es uno de los requisitos de diseño, el cual se estableció a partir de consideraciones ergonómicas tomando en cuenta que la población masculina en nuestro país posee una altura promedio de 1,72 m y que se requiere el tránsito libre del operador o mecánico de taller bajo el vehículo elevado.

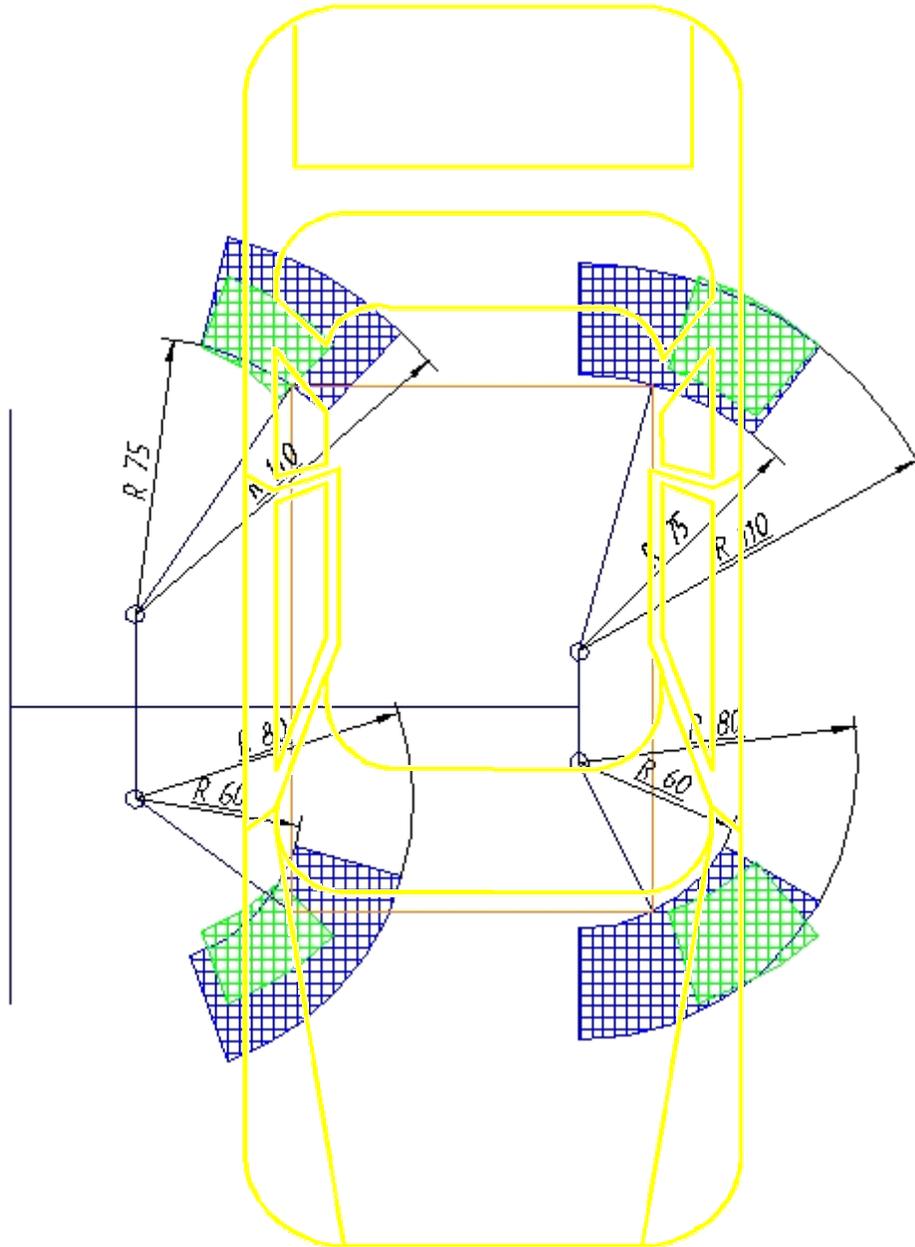
5.2.3 Estabilidad del Conjunto Vehículo-Elevador

La estabilidad del conjunto vehículo elevador permite definir las dimensiones críticas que debe poseer la base del mismo. Para especificar tales dimensiones se requiere de un exhaustivo análisis de la estabilidad, por lo cual será tratado en forma particular en el numeral 5.3 ANALISIS DE ESTABILIDAD.

5.2.4 Dimensión típica de las rutas de tránsito del elevador en los talleres de servicio

Este parámetro necesario para el dimensionamiento de la base, es el que determinó la implementación de los brazos plegables para la base del elevador, considerando que se posee una ruta de tránsito de aproximadamente 1 m de ancho.

Figura 30 Áreas de Sustentación Ofrecidas por el Elevador



5.3 ANALISIS DE ESTABILIDAD

Debido a que el prediseño de elevador planteado es móvil, careciendo de anclajes a tierra, la estabilidad de este principalmente bajo condiciones de carga, es crítica. Por tal motivo se ha de evaluar la estabilidad del elevador, identificando la

situación crítica de volcadura, para determinar las dimensiones apropiadas que proporcionen la estabilidad requerida.

Para facilitar la comprensión del análisis de estabilidad se han de definir ciertos términos al respecto:

✓ **Centro de Gravedad del Vehículo:**

Es un punto imaginario sobre el cual se puede considerar concentrada toda la masa del vehículo.

✓ **Centro Geométrico del Vehículo:**

Si se considera simétrico el vehículo respecto a su eje longitudinal, el centro geométrico está ubicado aproximadamente en el punto medio de su longitud.

✓ **Área de sustentación del Vehículo:**

Es el área formada por los 4 puntos de elevación (apoyo o sujeción) del vehículo y que coinciden con los calzos del elevador.

✓ **Área de sustentación del Elevador:**

Es el área formada por los puntos extremos de la base del elevador.

En la Figura 31 se describen los conceptos antes definidos.

Luego de un minucioso análisis de las posibles situaciones anómalas de carga durante la operación y servicio del prediseño de elevador móvil, se obtuvieron las siguientes consideraciones:

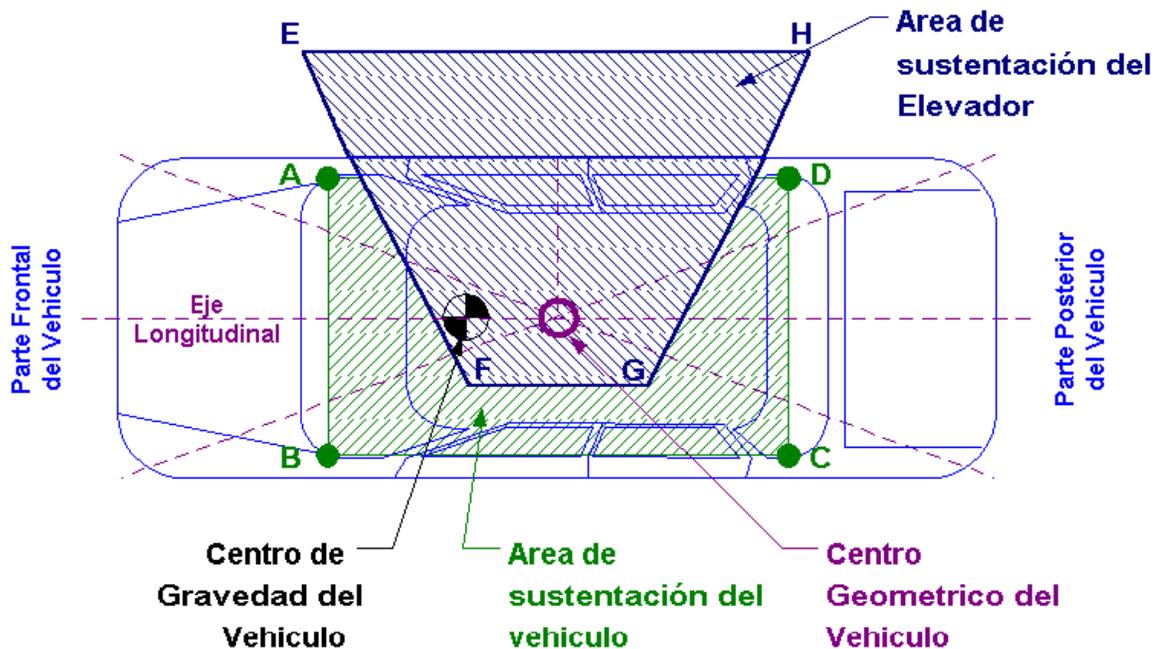
- ✓ Es más crítica la aplicación de una carga constante sobre el vehículo elevado o la estructura del elevador, que una carga de impacto, ya que esta última se disipa rápidamente sin causar desplazamientos que puedan provocar la volcadura del conjunto vehículo-elevador.

- ✓ La forma del área de sustentación más apropiada es el trapecio cuya base esta formada por los brazos plegables y la base. En la Figura 31 se puede observar el área de sustentación (EFGH) delimitada por una línea azul que se extiende entre los extremos de la base y los brazos plegables.

- ✓ Debido a la disposición asimétrica de los brazos (delanteros vs. traseros) del elevador y a la tendencia por parte de los operarios, de sustentar el vehículo alineando su centro geométrico con la columna de soporte de los elevadores. Hay mayor probabilidad que se sustenten los vehículos quedando su centro de gravedad por delante de la viga central, aun cuando en las instrucciones técnicas se indique la forma correcta de ubicarlo. Por dicha razón se ha considerado esta situación como critica para la estabilidad del elevador en operación.

- ✓ Adicionalmente puede suceder que un operario inexperienced realizando alguna reparación aplique una gran carga constante sobre el vehículo o la estructura del elevador, hecho que podría provocar la volcadura del conjunto vehículo-elevador.

Figura 31 Vista Superior Estabilidad del Conjunto Vehículo - Elevador



5.3.1 Análisis estático para la estabilidad del elevador

Tomando en cuenta las situaciones críticas descritas anteriormente y basados en la forma constructiva mostrada en la Figura 26 se graficó el esquema de fuerzas, para una situación de volcadura inminente del elevador (ver Figura 32 y Figura 33).

Adicionalmente se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Al encontrarse el centro del vehículo ubicado por delante de la viga central, son mas críticas las fuerzas (aplicadas al vehículo) que generan momentos positivos sobre el eje y .
- ✓ La tendencia lógica para una carga que genere momento positivo en el eje y , es la de volcarse el conjunto vehículo-elevador alrededor del eje y' .
- ✓ Si se considera el y' como un eje de volcadura inminente, la condición mas crítica de carga aplicada por un operario, es una fuerza horizontal y perpendicular al eje de volcadura debido a que en esta condición se posee el mayor brazo posible respecto al eje de volcadura y' .

- ✓ Se considera que en una condición extrema, un operario podría ejercer una carga $P = 70 \text{ Kg}$.
- ✓ El peso estimado para el prediseño del elevador es de aproximadamente 450 Kg . Y su centro de gravedad se halla ligeramente por detrás del eje de simetría de la viga principal del elevador.

Se realiza sumatoria de momentos alrededor del eje y' (eje de volcadura inminente) y se considera que el centro de gravedad del elevador se halla sobre el eje central de la viga principal ($w_{ex} \cong 0$).

$$\sum M_{y'} = 0$$

$$P \cdot \cos \phi \cdot p_z = W_v \cdot dW_v + W_e \cdot dW_e \quad \text{Ecuación 1}$$

De la geometría del conjunto se obtienen las distancias dW_v y dW_e y el ángulo ϕ (ver Figura 32), para estimar el momento de volcadura inminente en función de las dimensiones de la base del elevador.

$$dW_v = \text{sen} \phi \cdot \left[\left(\frac{M \cdot (E - w_{vy})}{E - L} \right) - w_{vx} \right] \quad \text{Ecuación 2}$$

$$dW_e = \frac{E + w_{ey} - w_{ex} \cdot \tan \phi}{\cos \phi} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{E - L}{2 \cdot M} \right) \quad \text{Ecuación 4}$$

Reemplazando la Ecuación (2) y (3) en (1) se obtiene:

$$P \cdot \cos \phi \cdot p_z = W_v \cdot \text{sen} \phi \cdot \left[\left(\frac{M \cdot (E - w_{vy})}{E - L} \right) - w_{vx} \right] + W_e \cdot \frac{E + w_{ey} - w_{ex} \cdot \tan \phi}{\cos \phi}$$

$$\text{Ecuación 5}$$

Donde:

P = Fuerza horizontal ejercida por el operario y que se estima en máximo 80 Kg .

ϕ = Proyección del ángulo formado entre el eje de volcadura y la viga central del elevador.

p_z = Distancia vertical del piso al punto de aplicación de la fuerza P .

W_v = Peso del vehículo a elevar, el cual puede variar según el modelo del vehículo desde unos 800 Kg. a 2500 Kg.

W_e = Peso del elevador, el cual se estima entre unos 400 Kg. a 600 Kg.

M , E y L son las dimensiones del trapecio formado por la base del elevador y que forma el área llamada área de sustentación del elevador.

W_{vx} y w_{vy} son las distancias del centro de gravedad del vehículo a los ejes x e y respectivamente.

W_{ex} y w_{ey} son las distancias del centro de gravedad del elevador a los ejes x e y respectivamente.

En la Ecuación anterior el término de la derecha representa el momento debido a la fuerza externa ejercida por el operario del elevador, la cual tiende a volcarlo y los términos de la izquierda el momento debido al peso del vehículo y del elevador, los cuales ayudan a mantener la estabilidad del elevador.

Concluyendo, para que no se presente volcadura debe cumplirse que:

$$P \cdot \cos \phi \cdot pz < W_v \cdot \text{sen} \phi \cdot \left[\left(\frac{M \cdot (E - w_{vy})}{E - L} \right) - w_{vx} \right] + W_e \cdot \frac{E + w_{ey} - w_{ex} \cdot \tan \phi}{\cos \phi}$$

Ecuación 6

Para determinar la estabilidad del conjunto vehículo-elevador se fijan, o varían entre los rangos conocidos, las dimensiones de la base M , E y L , así como W_v , W_e , manteniendo constante la posible fuerza externa del operario y se evalúa el momento neto generado sobre el conjunto vehículo elevador.

$$M_e = W_v \cdot \text{sen} \phi \cdot \left[\left(\frac{M \cdot (E - w_{vy})}{E - L} \right) - w_{vx} \right] + W_e \cdot \frac{E + w_{ey} - w_{ex} \cdot \tan \phi}{\cos \phi} - P \cdot \cos \phi \cdot pz$$

Donde:

M_e = Es el momento resultante sobre el elevador. Si este resulta mayor o igual cero, el elevador se mantendrá estable o en caso extremo en volcadura inminente, y si es menor que cero el conjunto vehículo-elevador se volcara.

Las posibles situaciones críticas resultantes se resumen en la Tabla 6, donde se consideran:

- Las dimensiones de la base $E = 80$ cm., $L = 20$ cm. y $M = 150$ cm.
- El peso probable máximo (2500 kg) y mínimo (800 kg) para el vehículo.
- El descentramiento máximo del vehículo con respecto a la viga principal del elevador $wvx = 30$ cm.
- Altura del punto de aplicación de la fuerza externa del operario $pz = 190$ cm.

En conclusión:

- Bajo condiciones normales de operación el conjunto vehículo elevador se mantendrá estable, esto se evidencia en el momento de volcadura M_{vol} positivo que resulta de la evaluación de la estabilidad del elevador.
- La situación más crítica para la estabilidad del conjunto vehículo elevador es el descentramiento del CG del vehículo con respecto a la viga central del elevador.
- Aunque el diseño de la base provea de una buena estabilidad al conjunto vehículo-elevador, se deben incluir algunas recomendaciones respecto a la ubicación del vehículo en relación al elevador, para que el operario las ponga en práctica a la hora de utilizarlo.

Tabla 6 Análisis Estabilidad del Elevador

DIMENSIONES DE LA BASE					VEHICULO					ELEVADOR					EXTERNA			Volcadura
Dimensiones de la Base			Angulo		Ubicación C.G. [cm]			F [kgf]	M [kgf-cm]	Ubicación C.G. [cm]		F [kgf]	M [kgf-cm]	D, F y M externas				
E [cm]	L [cm]	M [cm]	$\tan \phi$	ϕ [°]	wvy	wvx	dWv	Wv	MWv	wey	wex	dWe	We	MWe	pz	P	MP	M Volc [kgf-cm]
80.0	20.0	150.0	0.40	21.80	140.0	30.0	-5.6	2,500	-13,927	25	10	86	650	56,006	190	70	13,300	28,779
80.0	20.0	150.0	0.40	21.80	140.0	30.0	-5.6	800	-4,457	25	10	86	650	56,006	190	70	13,300	38,249

Figura 32 Vistas Auxiliares - Esquema de Fuerzas para Volcadura Inminente del Elevador

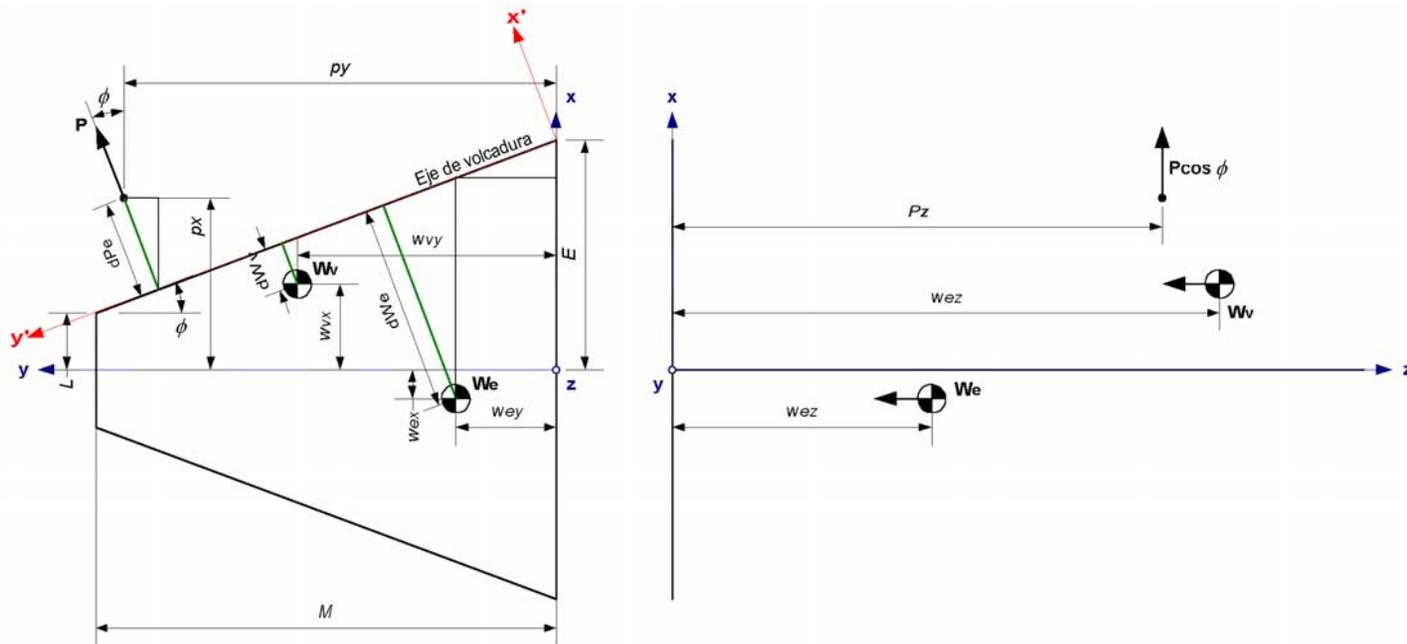
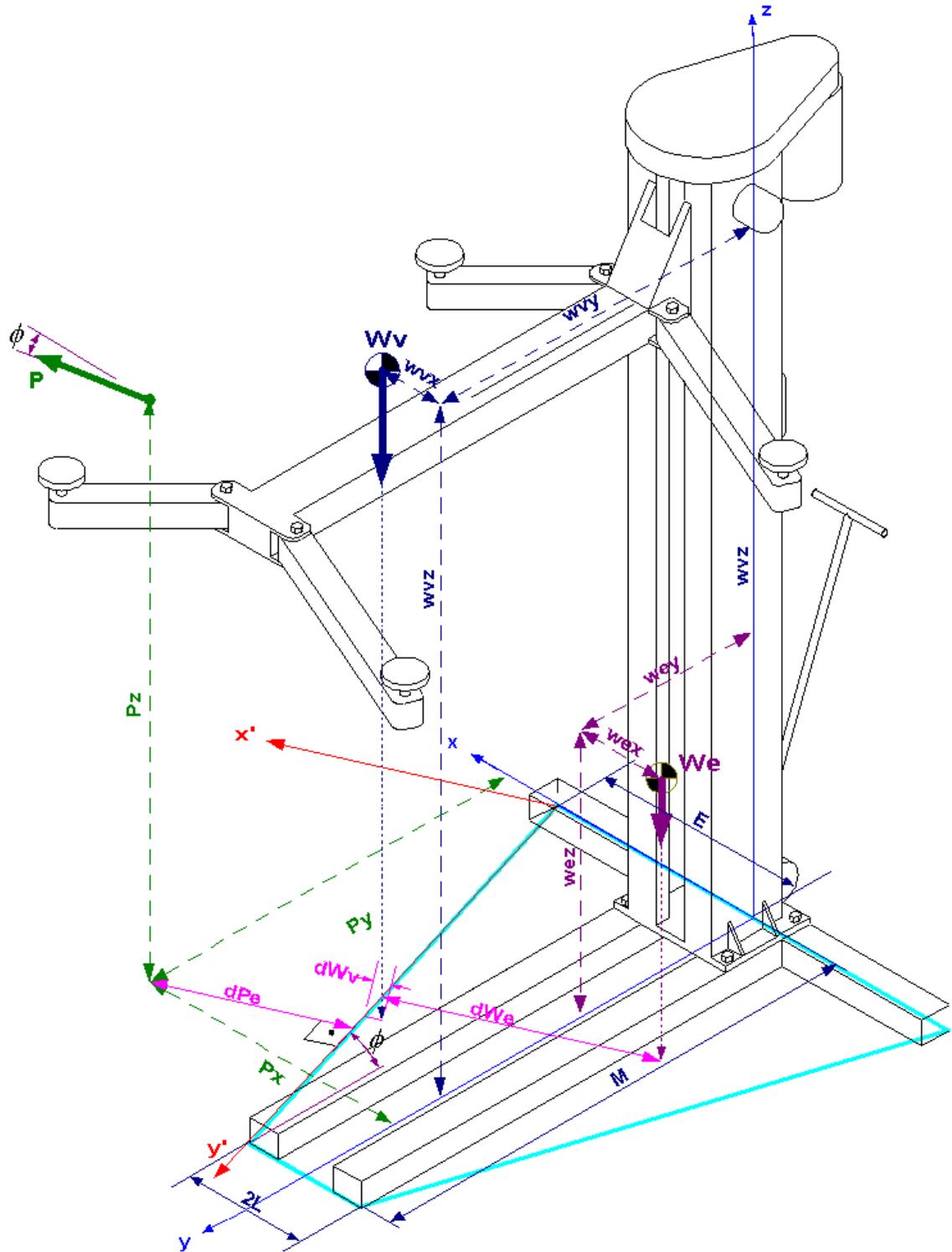


Figura 33. Esquema de Fuerzas para Volcadura Inminente del Elevador



5.4 CAPACIDAD DE CARGA DEL ELEVADOR

Aunque la capacidad de carga nominal del elevador fue definida como uno de los parámetros de diseño, esta representa el punto de partida tanto para el diseño general del elevador como para el diseño de sus componentes. Por tal razón se analiza a continuación la carga de diseño de los brazos a partir de la capacidad de carga nominal del elevador.

5.4.1 Análisis de la Carga de Diseño para los Brazos del Elevador

La capacidad de un elevador de columnas de brazos extensibles giratorios, es mas una función de la resistencia de sus brazos que de sus mecanismos internos o de potencia.

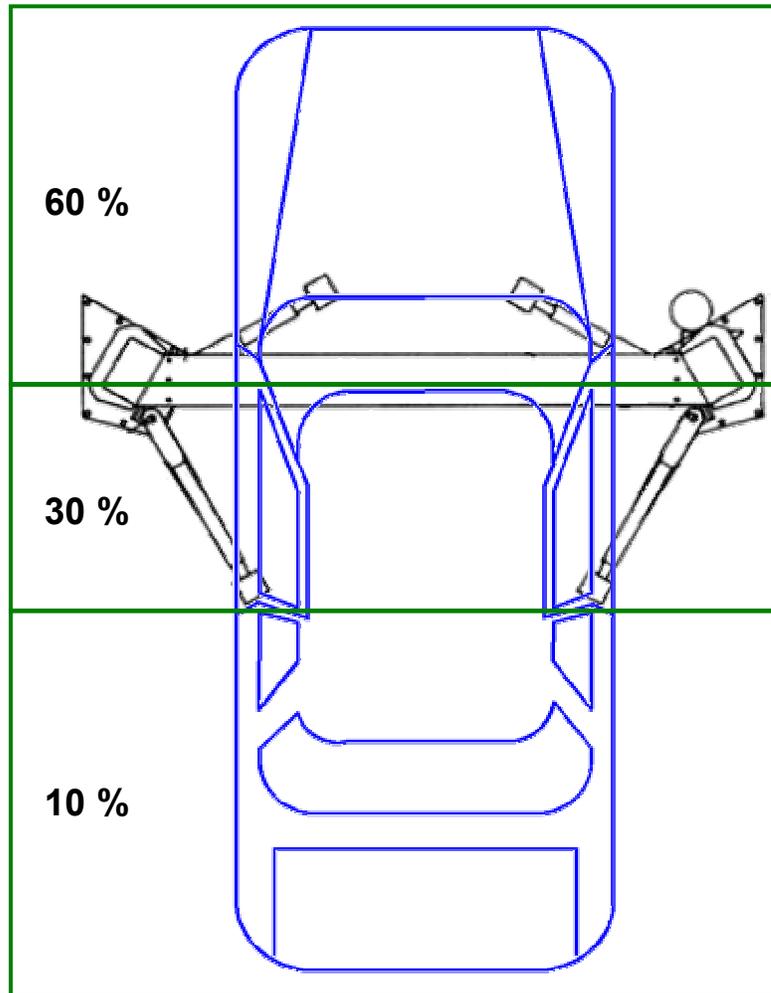
Para un elevador con una capacidad de carga máxima de 2500 Kg., cada brazo debe soportar en teoría un cuarto de la carga máxima (625 Kg.).

A continuación se analizará, como la anterior suposición no es tan cierta y podría generar graves problemas.

En la mayoría de los automóviles y camionetas livianas la masa del vehículo se halla concentrada cerca de la silla del conductor⁵ (solo longitudinalmente), presentándose una distribución de la masa aproximada, como se muestra en la Figura 34.

⁵ Automotive Lift Institute. Lifting It Right, USA: ALI, 2001. p.10.

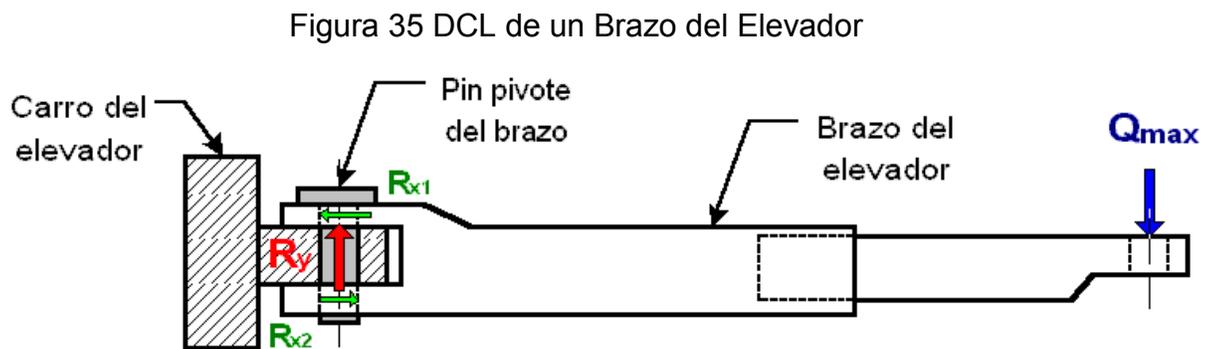
Figura 34 Distribución Típica de la Masa en los Vehículos Livianos



Debido a este hecho los brazos delanteros del vehículo han de soportar generalmente el 60 % del peso total del mismo, mientras los brazos traseros solo soportarían el 40%. Si se considera un vehículo cuya masa es igual a la capacidad nominal del elevador (2500 Kg.), los brazos traseros soportarían 1000 Kg. y los delanteros 1500 Kg., superando (en este último caso) la capacidad límite de cada brazo (625 Kg.). El elevador bajo estas condiciones tal vez pueda elevar el vehículo, pero se colocaría en riesgo, los técnicos operadores, personas y bienes materiales ubicados bajo el elevador.

Debido a lo crítico que resulta la resistencia, rigidez y confiabilidad de los brazos de un elevador, se analiza el diseño de estos para obtener un modelo que provea las mejores características.

El brazo de un elevador trabaja como una viga en voladizo, con una carga en su extremo, proveniente del calzo sobre el cual se apoya el bastidor o chasis del vehículo. Por esta razón el brazo en su extensión se ve sometido a esfuerzos cortantes y esfuerzos normales debido a la flexión. En la siguiente Figura se puede apreciar el DCL del brazo de un elevador.



Luego de analizar las observaciones realizadas durante las visitas a empresas del sector automotor que utilizan elevadores de brazos extensibles, se concluyó que el sistema de apoyo de los brazos al carro del elevador mostrado en la

Figura 35, es el único utilizado en los elevadores que se hallaron. Este sistema es de construcción sencilla, lo cual disminuye costos, pero representa grandes desventajas, pues todo el momento generado sobre el brazo es soportado por el pasador pivote, que trabaja bajo esfuerzos constantes. Este tipo de esfuerzos y el diseño del apoyo producen aplastamiento y desgaste en las superficies de contacto, lo que a mediano plazo se ve reflejado en una mayor deflexión de los brazos, esto es llamado por los mecánicos de patio "brazos caídos". Este efecto desajusta los brazos y permite que se presente inestabilidad entre el vehículo y el elevador.

Para mejorar este aspecto se rediseñó el apoyo del brazo (Figura 36).

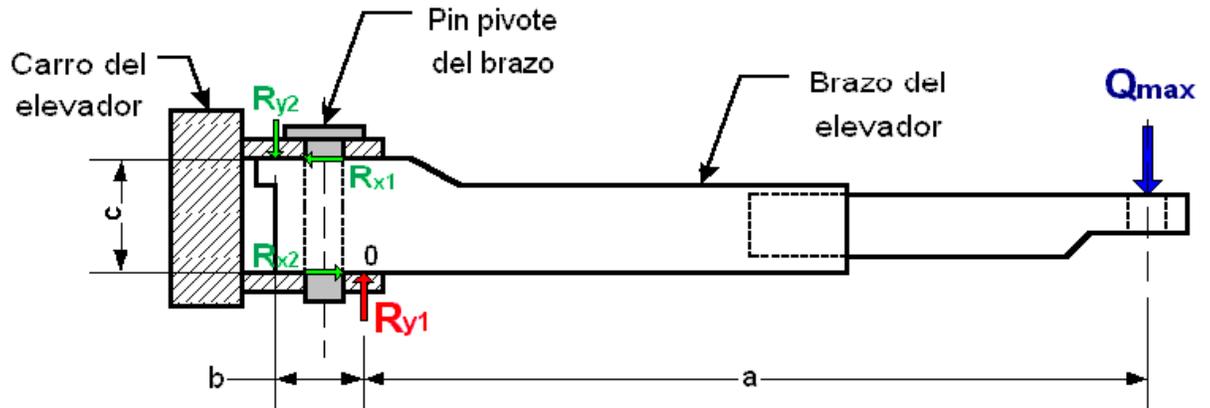


Figura 36 DCL de un Brazo del Elevador con Rediseño del Apoyo

Como puede observarse este nuevo diseño permite una mejor distribución de las cargas, de manera que disminuyan los esfuerzos generados en las superficies de apoyo.

5.4.2 Capacidad de Carga Máxima para los Brazos del Elevador

Basados en las estadísticas del sector automotor colombiano, en el peso promedio de los vehículos de turismo y utilitarios livianos reportado por los fabricantes y en los elevadores más comunes distribuidos a nivel nacional, se definió la capacidad de carga máxima para el elevador.

Carga máxima a elevar: 2500 Kg.

Basándose en el análisis de la carga de diseño para los brazos del elevador, esta carga debe ser incrementada para los cálculos de diseño, de manera que en una situación extrema, un par de brazos delanteros o traseros deberán soportar respectivamente $3/5$ y $2/5$ de la carga máxima a elevar.

Carga para el par de brazos delanteros:

$$\frac{3}{5} \times Q_{\max \rightarrow 2} = \frac{3}{5} \times 2500 = 1500 \text{ _kg}$$

Carga para un brazo delantero:

$$Q_{\max} = \frac{1500}{2} = 750 \text{ _kg}$$

Carga para el par de brazos traseros:

$$\frac{2}{5} \times Q_{\max \rightarrow 2} = \frac{2}{5} \times 2500 = 1000 \text{ _kg}$$

Carga para un brazo trasero:

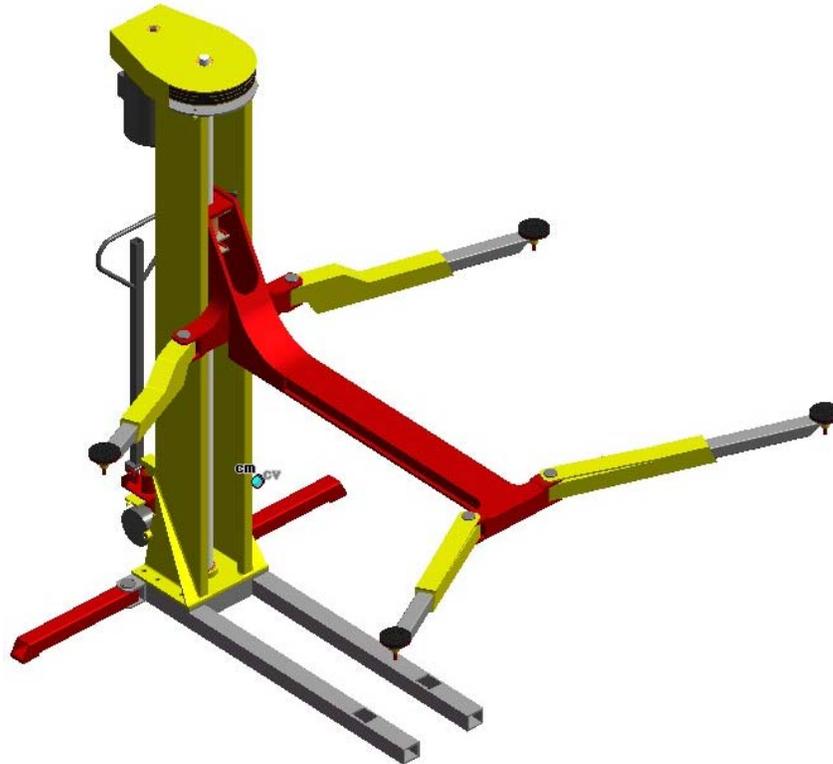
$$Q_{\max} = \frac{1000}{2} = 500 \text{ _kg}$$

Estas cargas máximas son las cargas que deben ser utilizadas para el diseño de los brazos y sus apoyos.

5.5 MODELADO DEL ELEVADOR

Utilizando el software Cad para diseño Mecánico Solid Edge V. 10 se modeló el elevador incluyendo los componentes estructurales principales según las características constructivas y funcionales definidas en el numeral 3 y 5.2. Como resultado se obtuvo un modeló 3D disponible para ser exportado a cualquier paquete de análisis por elementos finitos

Figura 37 Modelado 3D del Elevador utilizando Solid Edge



5.6 ANALISIS POR ELEMENTOS FINITOS DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL ELEVADOR

Para el análisis por elementos finitos se utilizó el software Cosmos Design Star, importando directamente el modelo 3D del elevador desde Solid Edge.

El proceso de análisis se resume a continuación:

Se subdividió el elevador en dos conjuntos para facilitar su análisis debido a la complejidad de la simulación y a los requerimientos de Hardware para realizarla:

- Conjunto Carro de Elevación: Que comprende todos los componentes soportados por el carro de elevación incluidos brazos extensiones, calzos, etc.

- Columna y Base de Soporte: Que brinda el soporte al sistema de potencia y al carro de elevación, proveyendo además la estabilidad requerida por el elevador.

Figura 38 Vista 3D del Conjunto Carro de Elevación

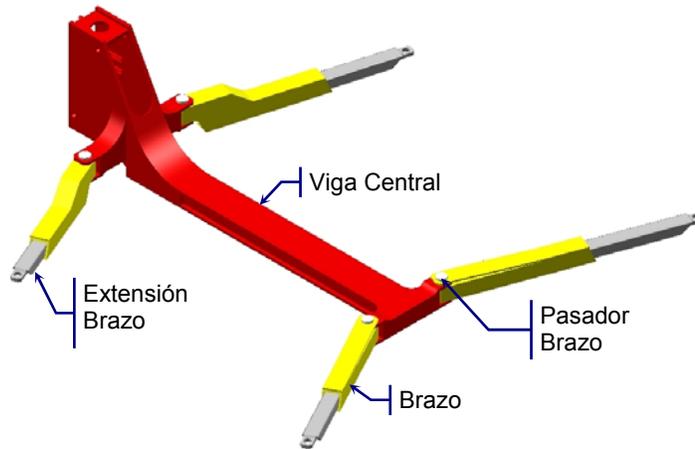
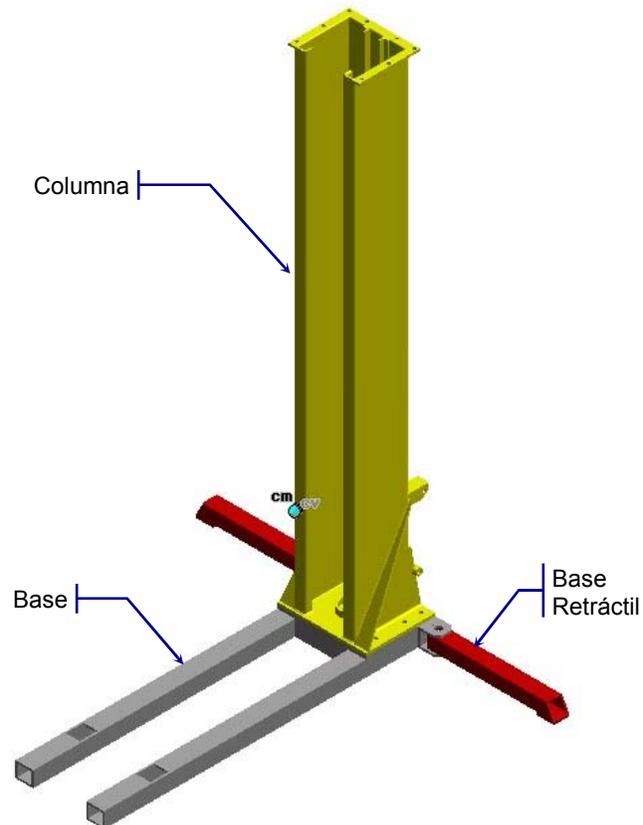


Figura 39 Vista 3D del Conjunto Columna Base de Soporte



Se simularon solo estos dos subconjuntos por tratarse de los elementos estructurales críticos para el elevador, debido a que a través de estos se establece el mayor flujo de esfuerzos generados por efectos del peso del vehículo.

Descripción General del Proceso de Simulación

El conjunto Carro elevador soporta en sus brazos la carga correspondiente al peso del vehículo y su propio peso transfiriéndolas al tornillo de potencia y a la columna del elevador hasta llegar a la base.

La simulación de los conjuntos permitió realizar retroalimentaciones y modificar las formas y espesores estructurales hasta proveer un diseño que cumpliera con los niveles de seguridad estipulados por la norma y representados por el factor de seguridad según el tipo de material utilizado.

Luego de transferir el modelo 3D a COSMOS, se definió un "estudio", y a continuación se aplicaron directamente sobre la geometría, las cargas y condiciones de contorno que soportan los conjuntos, además se definieron las propiedades de los materiales para los diversos componentes, y se realizó el enmallado por elementos finitos. La siguiente etapa fue la resolución del problema, y por último el postprocesado de los resultados, es decir, la representación de los esfuerzos, las deformaciones y el chequeo del factor de seguridad para los componentes del conjunto.

5.6.1 Simulación Conjunto Carro de Elevación

Condiciones de Contorno

Las condiciones de contorno hacen referencia a la geometría propia del conjunto, las cargas directas aplicadas, los puntos de sujeción o contacto con otras partes del elevador y el tipo de material de la pieza el cual define su masa.

Las cargas directas aplicadas, su valor y descripción así como el material y la masa de cada elemento del conjunto carro de elevación son listados en la Tabla 7. Los puntos de sujeción o transferencia de carga a otros componentes del elevador fueron la placa de soporte que entra en contacto con la tuerca de carga y los rodamientos, ejes del carro donde se hallan los rodamientos anti-flexión y anti-giro*.

Tabla 7 Condiciones de Contorno para el Conjunto Carro de Elevación

N°	Componente	Material	Masa	Carga Aplicada	
			Kg.	Valor	Descripción
1	CARRO DEL ELEVADOR	A36	56.0	Torque 1600 Kg-cm.	Torque transmitido por la tuerca de Carga y provocado por la fricción Tornillo de potencia tuerca de carga Reacciones debidas a las cargas aplicadas
2	VIGA TRANSVERSAL	A36	12.0	Cargas transferidas por contacto desde los brazos del elevador	
3	BRAZO LC DEL	A36	12.8	Cargas transferidas por contacto desde las extensiones	
4	BRAZO LC TRAS	A36	16.7		
5	BRAZO LV DEL	A36	11.0		
6	BRAZO LV TRAS	A36	14.2		
7	EXTENSIÓN BRAZO LC DEL	A36	7.1	Carga: 750 Kg.	Cargas definidas en el Numeral 5.4.2
8	EXTENSIÓN BRAZO LC DEL	A36	7.1	Carga: 750 kg	
9	EXTENSIÓN BRAZO LC TRAS	A36	9.0	Carga: 500 kg	
10	EXTENSIÓN BRAZO LC TRAS	A36	9.0	Carga: 500 kg	
11	PASADOR BRAZOS		0.8	Cargas transferidas por contacto desde los brazos del elevador	
12	PASADOR BRAZOS		0.8		
13	PASADOR BRAZOS		0.8		
14	PASADOR BRAZOS		0.8		
15	VIGA CENTRAL 2	A36	58.4	Cargas transferidas por contacto desde los brazos del elevador	

* Para obtener detalles respecto a los componentes del elevador, remitirse a los planos constructivos

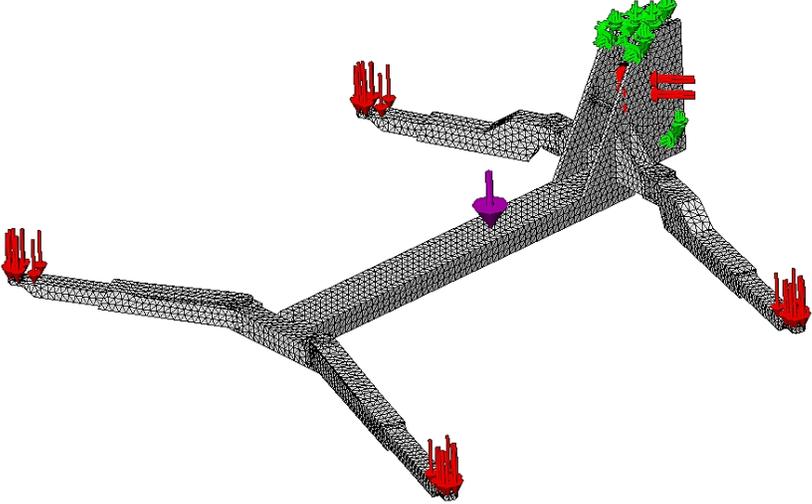
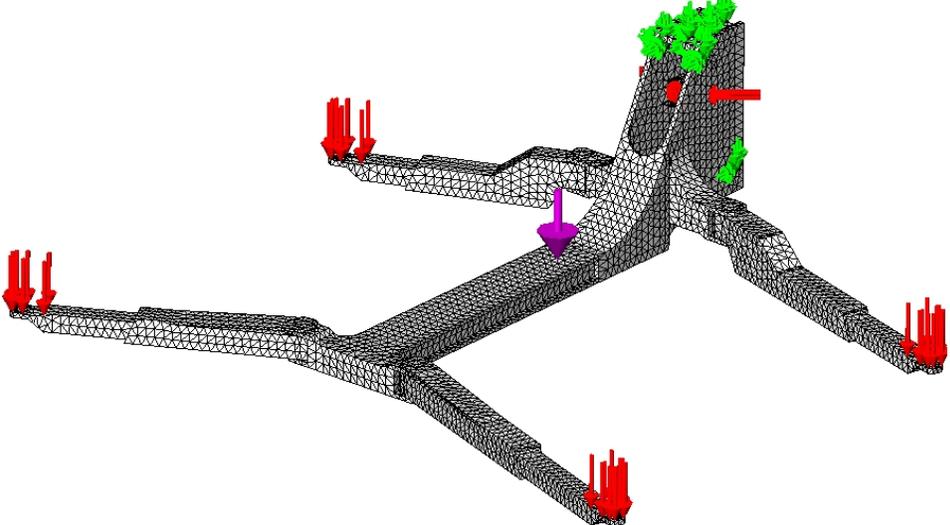
Tabla 8 Propiedades Definidas para el Estudio por Elementos Finitos

Tipo de Malla:	Sólida
Enmallado Utilizado:	Standard
Tamaño de Elemento	0.025 m
Tolerancia	0.00125 m
Calidad	Alta
N° de Elementos:	30563
N° de Nodos	58696

Solución del Problema

A continuación se presentan algunas de las simulaciones preliminares que permitieron la refinación del diseño de los componentes evaluados describiendo los principales cambios realizados para lograr la conformidad con los factores de seguridad estipulados por la norma.

Tabla 9 Resultados de las Simulaciones Conjunto Carro elevador

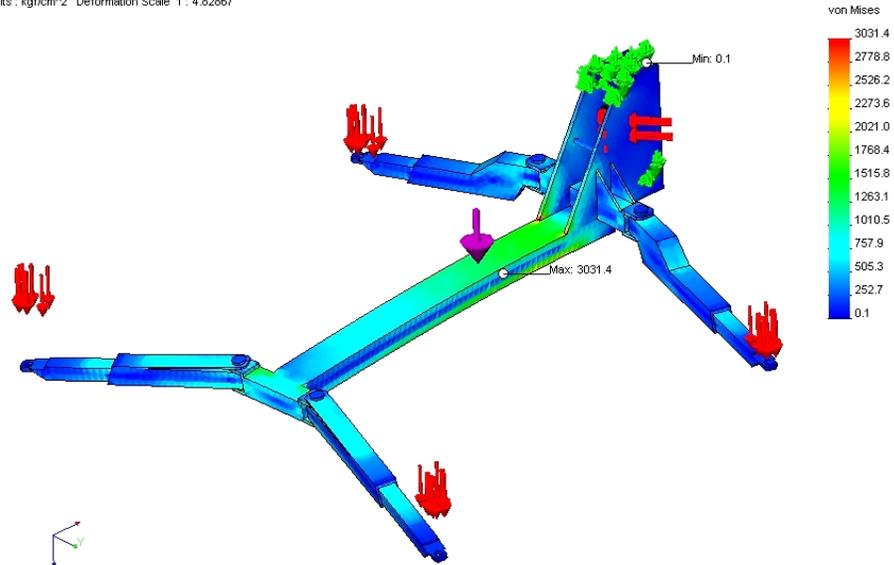
Resultados de las Simulaciones
ENMALLADO Y CONDICIONES DE CONTORNO
SIMULACION PREVIA

SIMULACION FINAL

<p>Las figuras muestran en conjunto el carro de elevación con todos sus componentes estructurales, donde se puede apreciar el enmallado realizado por el programa, las cargas aplicadas (flechas en rojo), las reacciones en los puntos de soporte (flechas en verde) y el peso del conjunto (representado por la flecha fucsia).</p> <p>En las figuras se puede observar algunos cambios en las formas estructurales obtenidas como resultado de la retroalimentación y continúa la simulación en búsqueda de los espesores y formas estructurales adecuadas. Estos cambios y mejoras se integraron al diseño considerando no solo la resistencia de los elementos sino los aspectos relacionados con el proceso de manufactura de manera tal que se obtuviera un diseño de fácil y económica fabricación.</p>

Resultados de las Simulaciones

DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

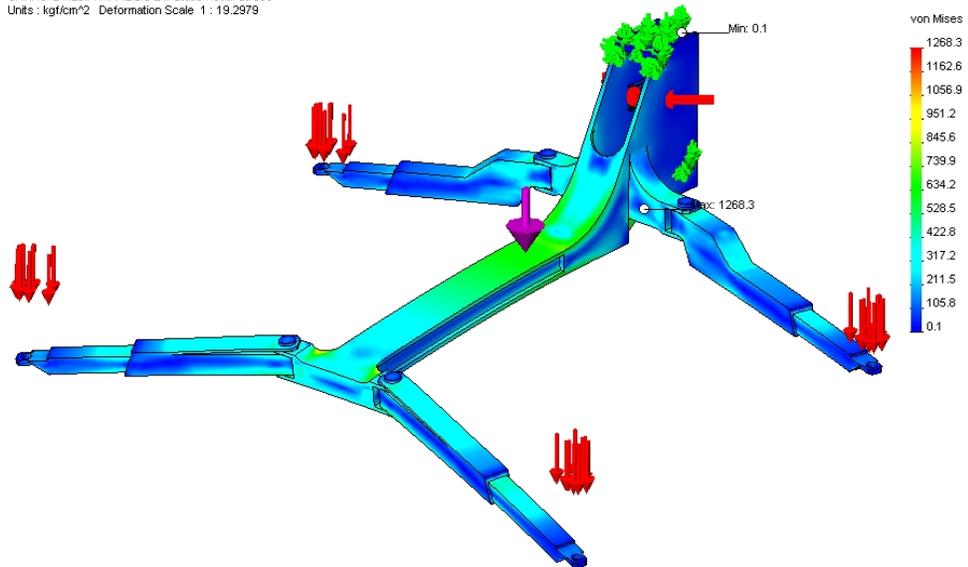
SIMULACION PREVIA

ESFUERZOS-ANALISIS :: Static Element Stress
Units : kgf/cm² Deformation Scale 1 : 4.82867



SIMULACION FINAL

CARRO Q MEDIA-ANALISIS 2 :: Static Nodal Stress
Units : kgf/cm² Deformation Scale 1 : 19.2979



Para evaluar la distribución de esfuerzos se utilizó la teoría de falla de Von Mises. En las simulaciones previas se poseían miembros de aristas y secciones con saltos bruscos, los cuales actuaban como concentradores de esfuerzos e impedían una distribución homogénea del flujo de esfuerzos en los componentes evaluados. El esfuerzo máximo obtenido fue de 3031,4 Kg. /cm².

Para remediar los problemas hallados se suavizaron las formas constructivas y se incrementaron algunos espesores hasta obtener un nivel de esfuerzos adecuados (simulación final). El es esfuerzo máximo fue de 1268,3 Kg. /cm².

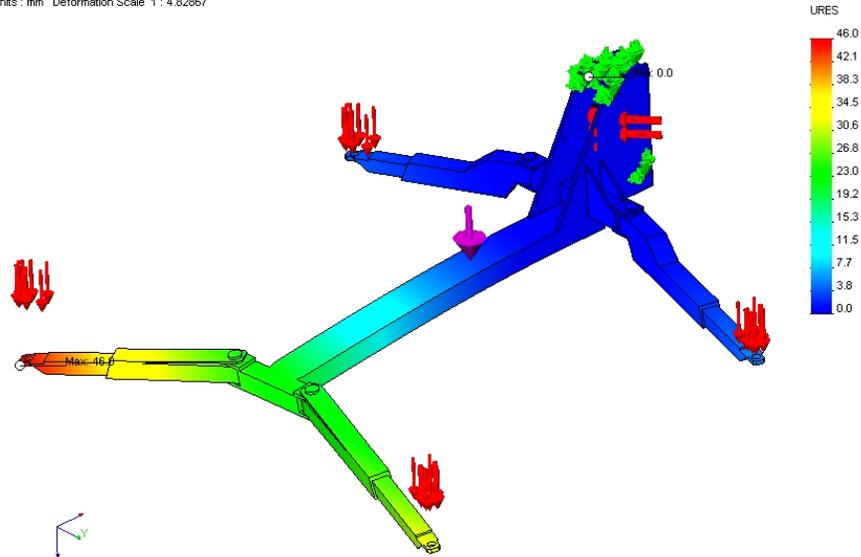
También fueron identificadas las secciones críticas para las cuales ha de evaluarse el diseño de las soldaduras: Orejas de Soporte de los brazos y viga central del carro de elevación.

Resultados de las Simulaciones

DEFORMACIÓN ELÁSTICA

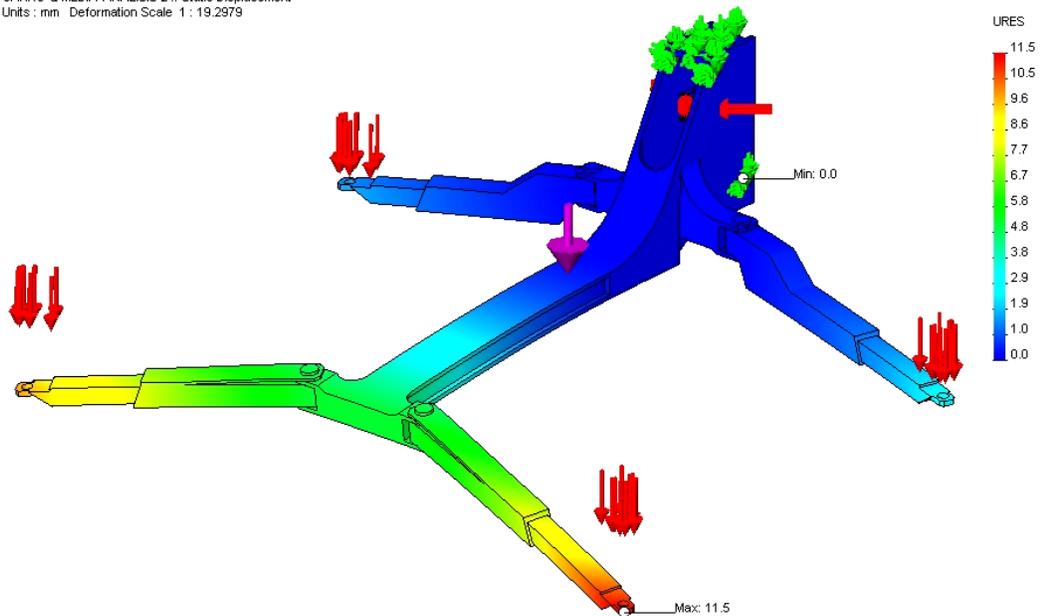
SIMULACION PREVIA

ESFUERZOS-ANALISIS : Static Displacement
Units : mm Deformation Scale 1 : 4.82667



SIMULACION FINAL

CARRO Q MEDIA-ANALISIS 2 : Static Displacement
Units : mm Deformation Scale 1 : 19.2979



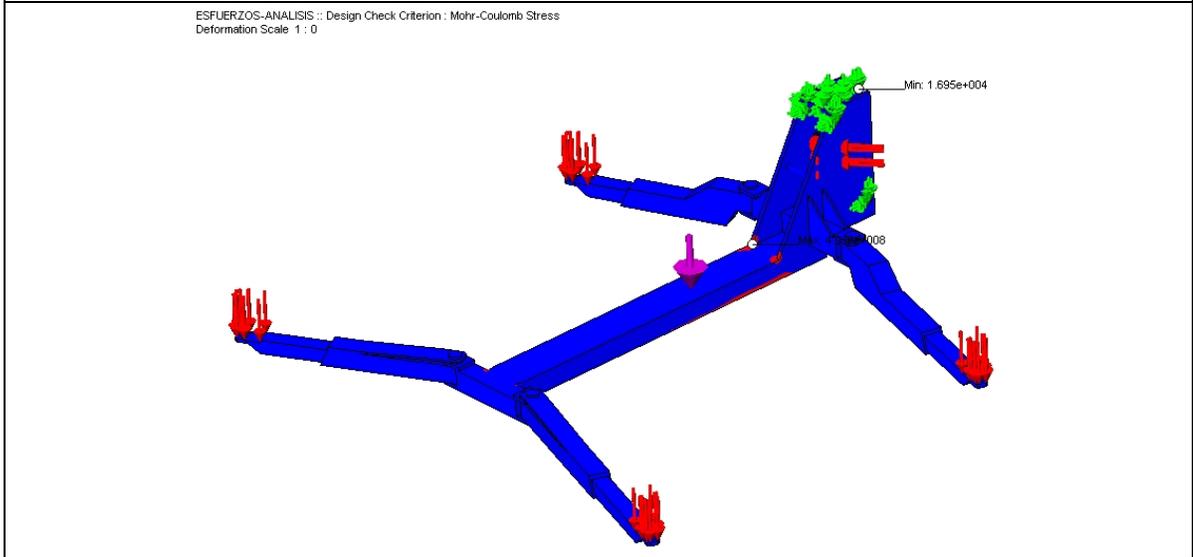
Como puede apreciar en la simulación previa se produce una gran deformación (46 mm) llegando a ser plástica debido a los altos esfuerzos a los que se ven sometidos los componentes y al deficiente diseño de la viga central (principalmente) con un bajo momento de inercia.

Al incrementar los espesores y principalmente, al incrementar el momento de inercia de las secciones se logró una disminución en la deformación máxima (11.5 mm), siendo esta una deformación elástica lo cual se puede constatar comparando el nivel de esfuerzos máximo alcanzado (1268,3 Kg. /cm²) contra el esfuerzo de fluencia del acero A36 ($\sigma_y = 2550$ Kg. /cm²).

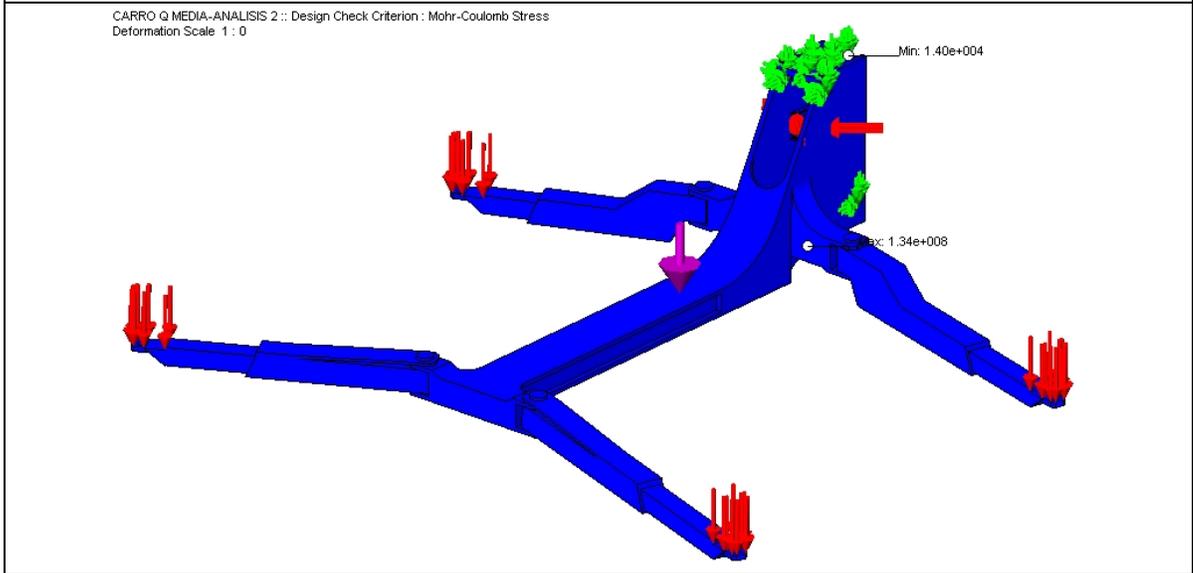
Resultados de las Simulaciones

CHEQUEO DEL FACTOR DE SEGURIDAD

SIMULACION PREVIA



SIMULACION FINAL



Aprovechando la herramienta Design Check que posee Cosmos, se comprobó el factor de esfuerzo requerido por la norma ($S_F=3$ para metales dúctiles, ver Tabla 3).

En la simulación previa aparecen algunas áreas sombreadas de color rojo las cuales identifican los puntos que se hallan fuera del Factor de seguridad estipulado por la norma.

Luego de los cambios realizados a los componentes estructurales se eliminaron las áreas que se encontraban fuera del factor de esfuerzo, lo cual se puede comprobar observando la imagen de la simulación final, en la cual se obtuvo un esfuerzo máximo de 1340 kg/cm^2 inferior al permitido por la norma luego de aplicado el factor de seguridad.

$$\sigma_{dis} = \frac{\sigma_U}{S_F} = \frac{5610}{3} = 1870 \text{ kg/cm}^2$$

Comprobación de la Validez de los Resultados

Es muy importante comprobar que realmente existe equilibrio entre cargas aplicadas y reacciones obtenidas, esto es un valioso indicador que permitir comprobar si los valores de esfuerzo y deformación obtenidos son correctos.

En nuestro caso:

Suma de cargas verticales aplicadas al conjunto: $2 \times 750 + 2 \times 500 = 2500$ kgf

Adicionalmente se evaluó la masa del conjunto en Solid Edge usando la Herramienta “Propiedades Físicas” con la correspondiente densidad según los materiales utilizados, arrojando un peso aproximado de 217 kgf.

Entonces para el conjunto completo se tienen 2717 kgf aplicados en la dirección z

La suma de Reacciones Verticales dadas por Cosmos fueron: $F_z = 2717$ kgf

Por tanto se puede asegurar que el sistema está en equilibrio y que los resultados son correctos.

5.6.2 Simulación Conjunto Columna – Base de Soporte

Condiciones de Contorno

Las cargas directas aplicadas, su valor y descripción así como el material y la masa de cada elemento del conjunto columna-base de soporte son listados en la Tabla 10.

Los puntos de apoyo son la base del elevador y los extremos de las patas retráctiles. Las cargas son recibidas en los puntos de contacto con otros elementos como los rodamientos anti-flexión y antigiro, así como la base del motor del cual se sustenta el tornillo de Potencia.

Tabla 10 Condiciones de Contorno para el Conjunto Columna-Base de Soporte

N°	Componente	Material	Masa kg	Carga Aplicada	
				Valor	Descripción
1	Base	A36	69.8	Reacciones sobre toda el área de contacto con el suelo, debidas a las cargas aplicadas y al peso propio del elevador	
2	Patás Retráctiles[2]	A36	7.0		
3	Patás Retráctiles[3]	A36	7.0		
4	Columna Elevador	A36	172.3	Carga: 2500 kg	Peso del vehículo, ubicado según se indica el la Figura 33
				Torque:1600 kg-cm	Proveniente del carro de elevación y de la base del motor, y provocado por la fricción Tornillo de potencia tuerca de carga
				Carga: 300 kg	Peso de los componentes del elevador soportados por la columna

Tabla 11 Propiedades Definidas para el Estudio por Elementos Finitos

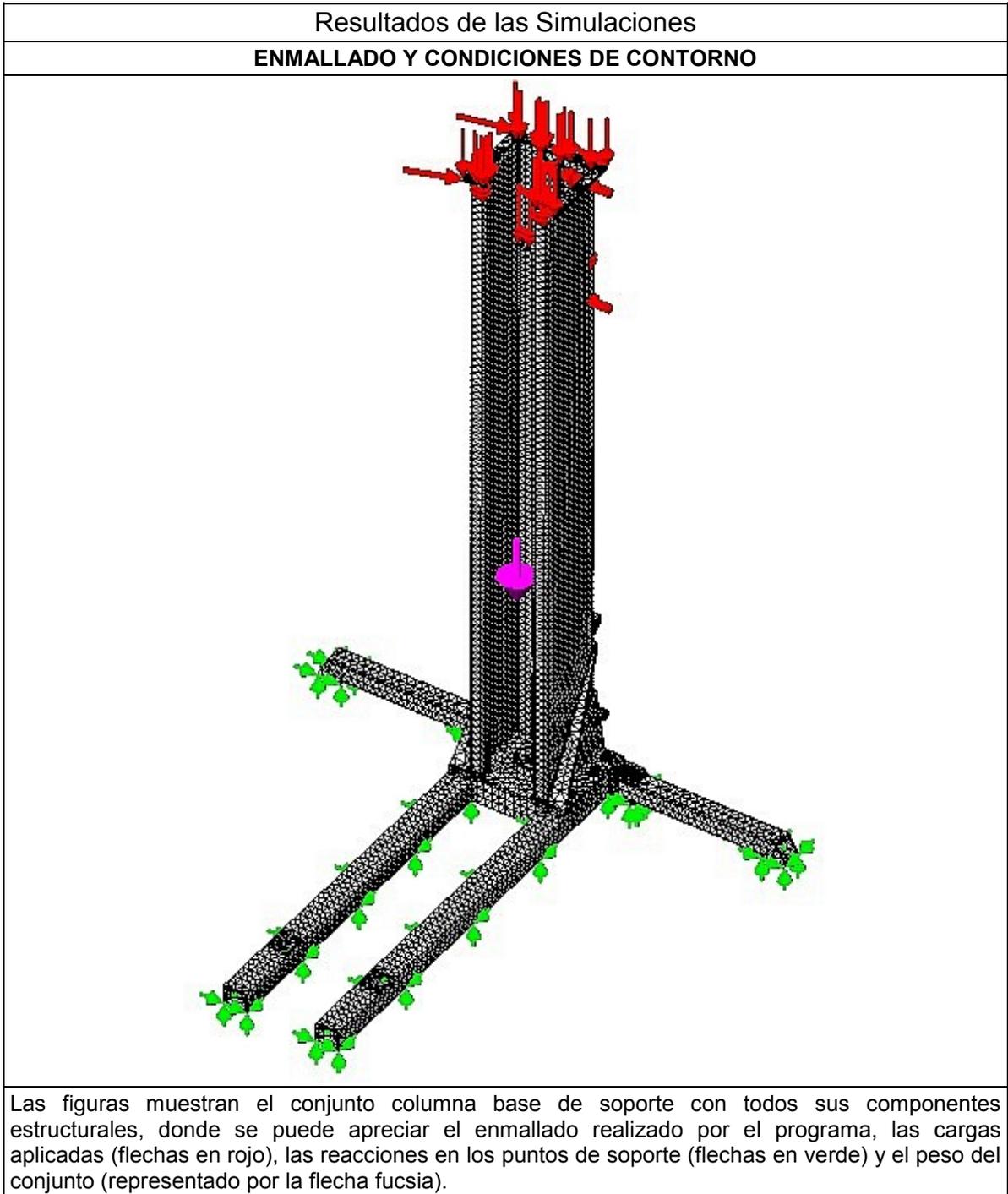
Tipo de Malla:	Sólida
Enmallado Utilizado:	Standard
Tamaño de Elemento	0.025 m
Tolerancia	0.00125 m
Calidad	Alta
N° de Elementos:	43180
N° de Nodos	86318

Solución del Problema

A continuación se presentan las simulaciones definitivas que permitieron la comprobación del diseño de los componentes evaluados y la conformidad con los factores de seguridad estipulados por la norma.

Contrario a lo acontecido con el carro de elevación en el caso del conjunto columna base de soporte no se requirieron mayores cambios a las formas estructurales y espesores, pues el diseño preliminar soportó adecuadamente las condiciones cargas simuladas.

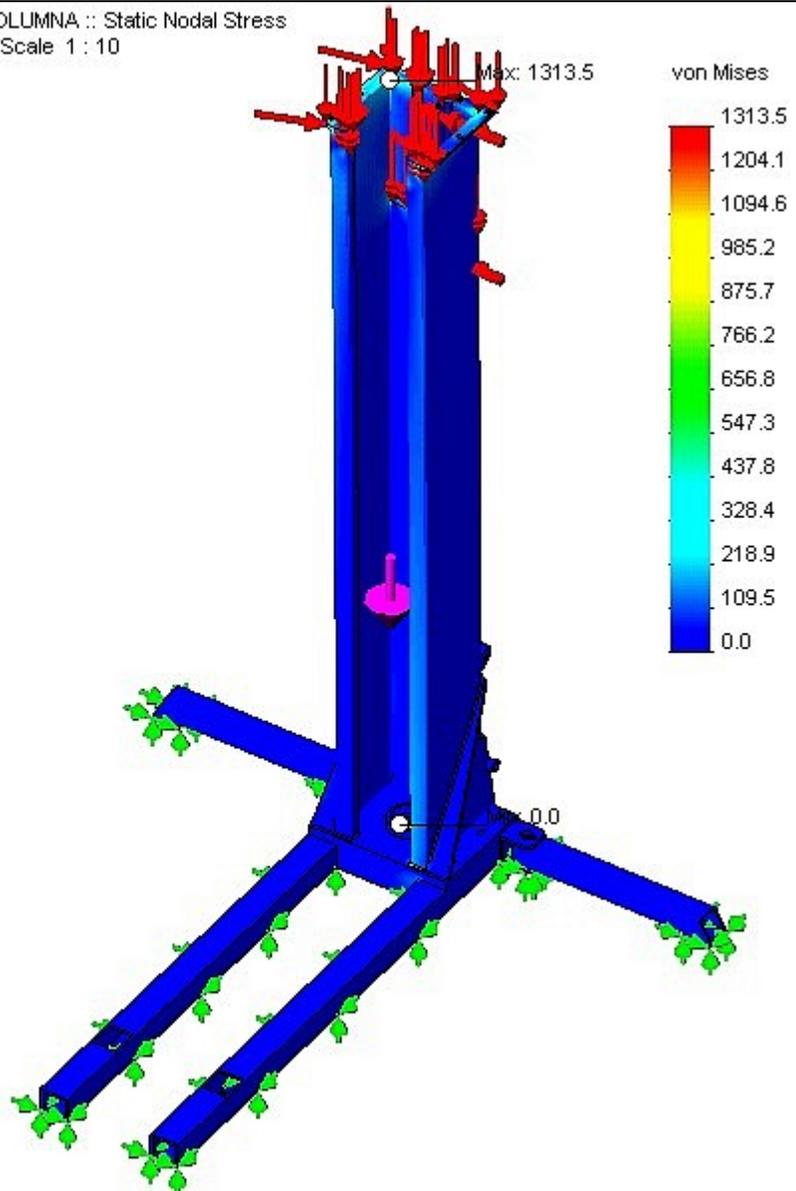
Tabla 12 Resultados de las Simulaciones Conjunto Columna Base de Soporte



Resultados de las Simulaciones

DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

Ensamble COLUMNA BASE-COLUMNA :: Static Nodal Stress
Units : kgf/cm² Deformation Scale 1 : 10



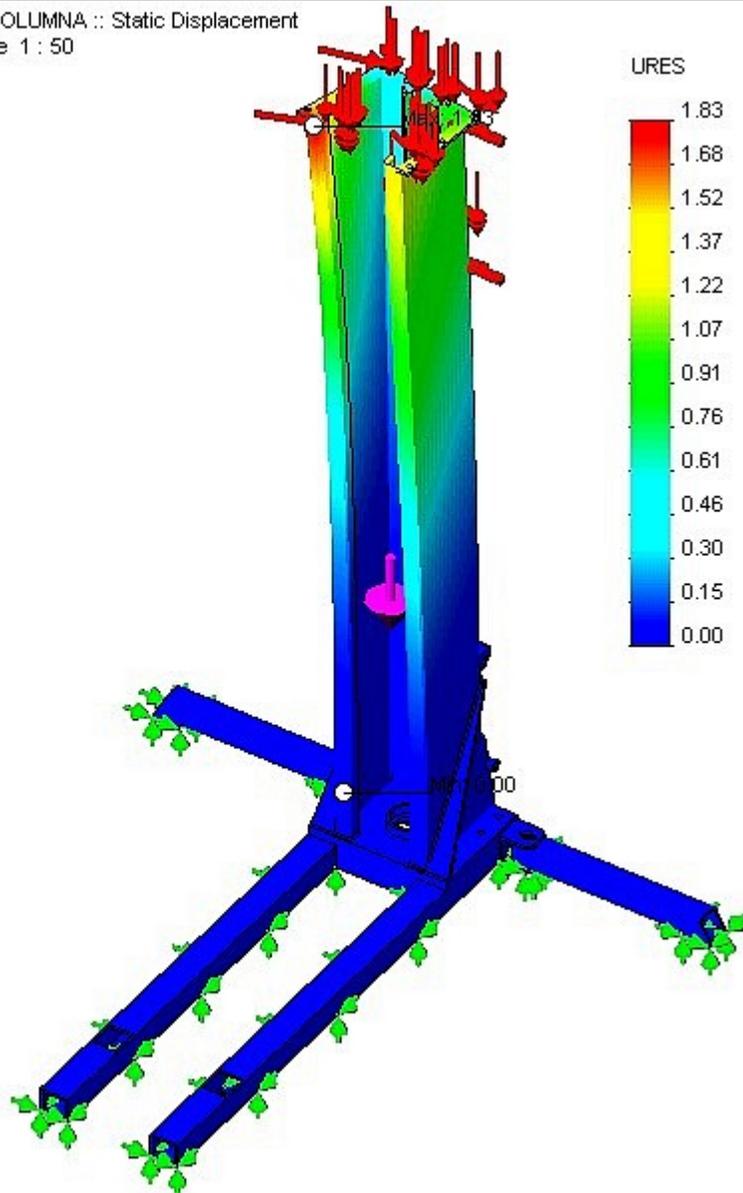
Para evaluar la distribución de esfuerzos se utilizó la teoría de falla de Von Mises. El esfuerzo máximo fue de 1313,5 kg/cm².

También fueron identificadas las secciones críticas para las cuales ha de evaluarse el diseño de las soldaduras: La brida de soporte para la base del motor y la placa base de la columna

Resultados de las Simulaciones

DEFORMACIÓN ELÁSTICA

Ensamble COLUMNA BASE-COLUMNA :: Static Displacement
Units : mm Deformation Scale 1 : 50



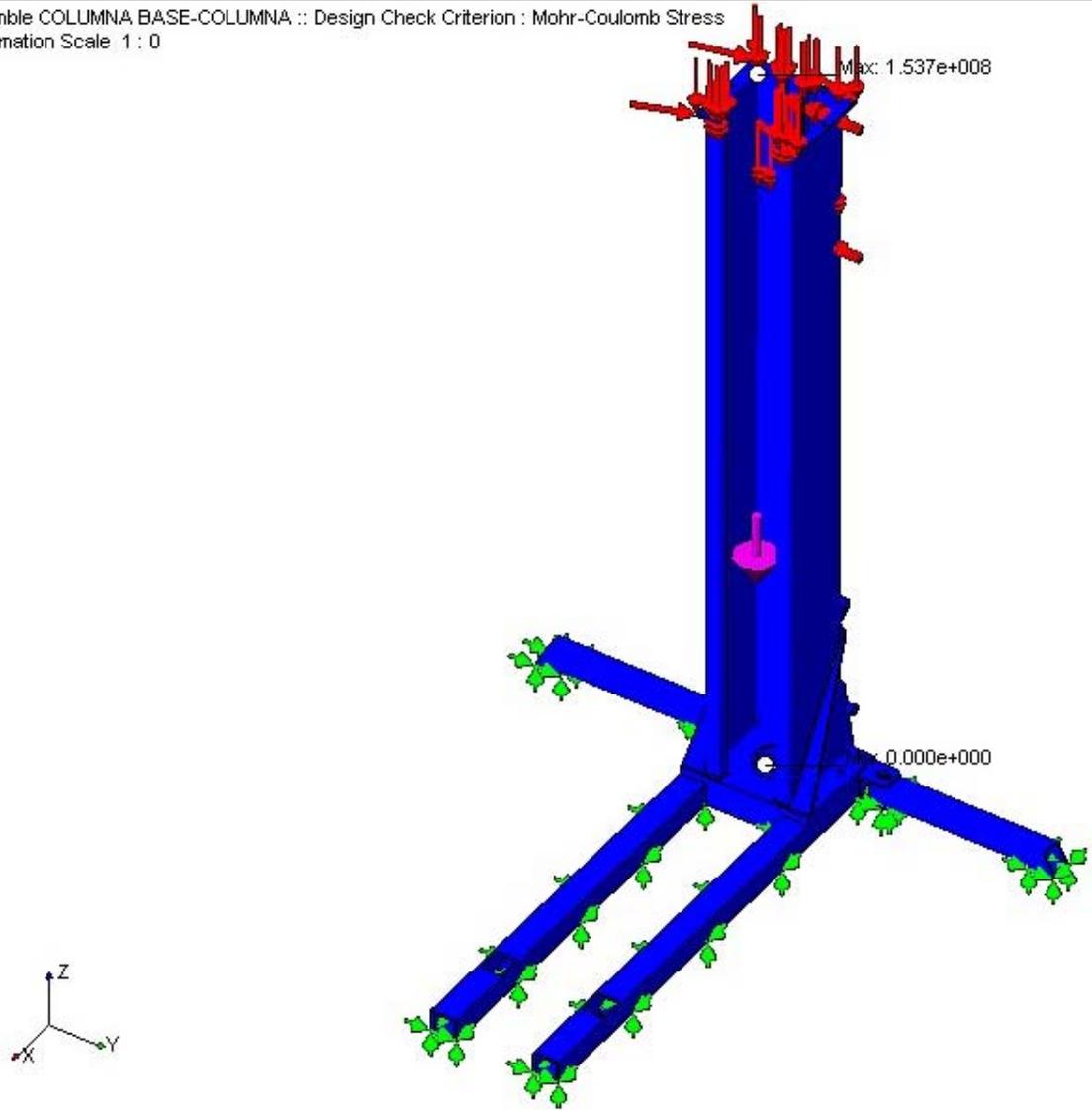
Como puede apreciar en la simulación se produce una deformación total máxima de 1,83 mm. Esta baja deformación elástica responde a la estructura rígida de la columna conformada en una sola pieza a partir de lamina 3/8, sin discontinuidades o uniones soldadas en toda su altura. De otro lado el gran momento de inercia de la columna cuya sección transversal es de 25 cm x 25 cm brinda una excelente resistencia a los efectos de flexión y pandeo.

El esfuerzo producido por la cargas aplicadas no supera el esfuerzo de fluencia del acero A36 ($\sigma_y = 2550 \text{ kg/cm}^2$).

Resultados de las Simulaciones

CHEQUEO DEL FACTOR DE SEGURIDAD

Ensamble COLUMNA BASE-COLUMNA :: Design Check Criterion : Mohr-Coulomb Stress
Deformation Scale 1 : 0



Aprovechando la herramienta Design Check que posee Cosmos, se comprobó el factor de esfuerzo requerido por la norma ($S_F = 3$ para metales dúctiles, ver Tabla 3). Al efectuar el chequeo se comprobó que el esfuerzo máximo de 1537 kg/cm^2 es inferior al requerido por la norma luego de aplicado el factor de seguridad.

$$\sigma_{dis} = \frac{\sigma_U}{S_F} = \frac{5610}{3} = 1870 \text{ kg/cm}^2$$

Comprobación de la Validez de los Resultados

Es muy importante comprobar que realmente existe equilibrio entre cargas aplicadas y reacciones obtenidas, esto es un valioso indicador que permitir comprobar si los valores de esfuerzo y deformación obtenidos son correctos.

En nuestro caso:

Suma de cargas verticales aplicadas al conjunto: $2500 + 300 = 2800$ kgf

Adicionalmente se evaluó la masa del conjunto columna base de soporte en Solid Edge usando la Herramienta “Propiedades Físicas” con la correspondiente densidad según los materiales utilizados, arrojando un peso aproximado de 350 kgf.

Entonces para el conjunto completo se tienen 3150 kgf aplicados en la dirección z

La suma de Reacciones Verticales dadas por Cosmos fueron: $F_z = 3150$ kgf

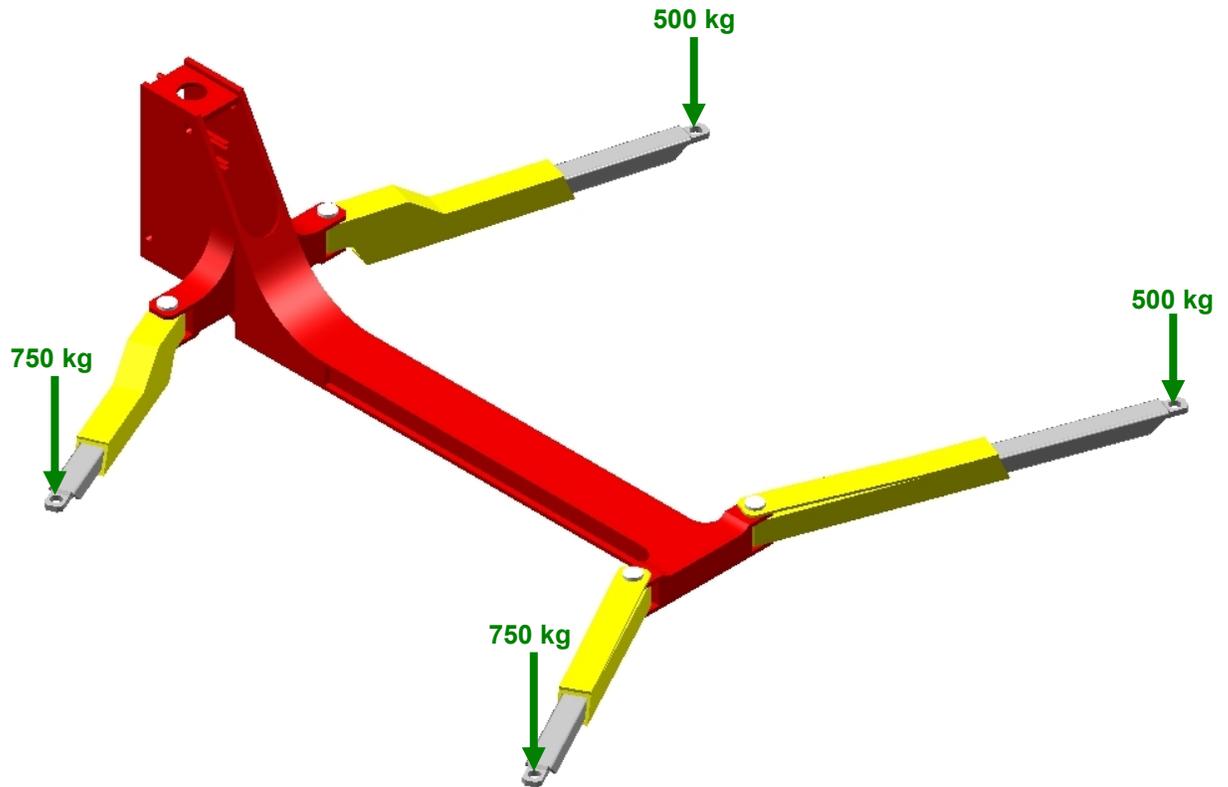
Por tanto se puede asegurar que el sistema está en equilibrio y que los resultados son correctos.

5.7 ANALISIS ESTATICO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La determinación de las cargas que debe soportar cada uno de los elementos estructurales se realiza por medio de análisis estático, partiendo de la capacidad de carga máxima para los brazos del elevador.

En la Figura 40 se muestra una vista isométrica del conjunto carro-elevador, el cual se halla conformado por todos los elementos estructurales sustentados por el carro de elevación (extensión brazos, brazos, vigas, carro de elevación, etc).

Figura 40 Conjunto Carro-elevador



(Se muestran solo las cargas activas)

Brazos Del Elevador

Para el análisis estático se debe conocer la geometría de los brazos y sus extensiones para 2 condiciones extremas, extensión retraída o extendida.

➤ Parámetros Dimensionales para los Brazos Delanteros

- Brazo completamente retraído: $L_{t\min} = 60_cm$

$$L_b = L_{t\min} - 10$$

$$L_{d\max} = L_b - 10$$

$$L_e = L_{t\min} - L_b + L_{d\max}$$

- Brazo completamente extendido: $L_{t_{\max}} = 80 \text{ cm}$

$$L_b = L_{t_{\min}} - 10$$

$$L_{d_{\min}} = 20$$

$$L_e = L_{t_{\max}} - L_b + L_{d_{\min}}$$

Lo anterior arroja los siguientes resultados

$L_b = 50 \text{ cm}$ y $L_e = 50 \text{ cm}$

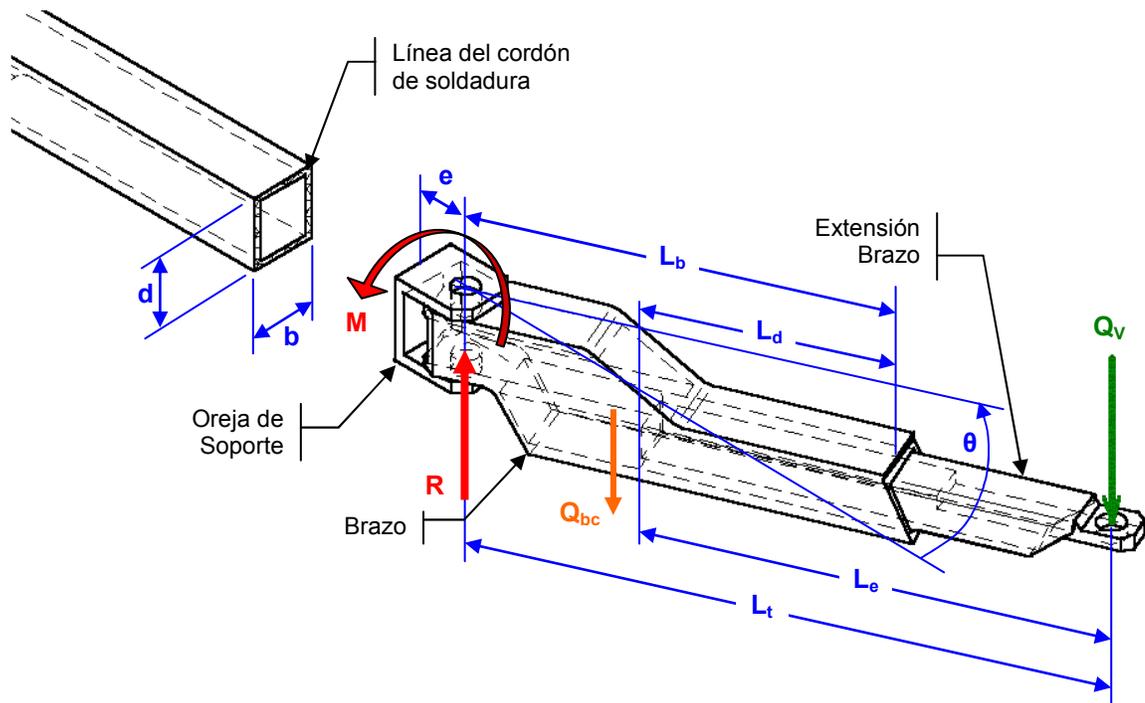
Las anteriores ecuaciones se desarrollaron estableciendo las siguientes dimensiones;

10 cm para la distancia del eje del calzo al borde de la extensión

10 cm para la distancia del flanco posterior de la extensión del brazo en su posición retraído al eje de rotación del brazo.

20 cm para la distancia mínima de traslape entre la extensión y el brazo.

Figura 41 DCL y Parámetros Dimensionales Para un Brazo



➤ **Parámetros Dimensionales para los Brazos Traseros**

- Brazo completamente retraído: $L_{t\min} = 75_cm$

$$L_b = L_{t\min} - 10$$

$$L_{d\max} = L_b - 10$$

$$L_e = L_{t\min} - L_b + L_{d\max}$$

- Brazo completamente extendido: $L_{t\max} = 110_cm$

$$L_b = L_{t\min} - 10$$

$$L_{d\min} = 20$$

$$L_e = L_{t\max} - L_b + L_{d\min}$$

Lo anterior arroja los siguientes resultados

$$L_b = 65\text{ cm y } L_e = 65\text{ cm}$$

Las anteriores ecuaciones se desarrollaron estableciendo las siguientes dimensiones (ver Figura 41):

10 cm para la distancia del eje del calzo al borde de la extensión

10 cm para la distancia del flanco posterior de la extensión del brazo en su posición retraído al eje de rotación del brazo.

20 cm para la distancia mínima de traslape entre la extensión y el brazo.

A partir de las dimensiones obtenidas en el numeral 5.2 y las calculadas anteriormente se define la mayor área de sustentación posible para elevar un vehículo.

DCL Extensión del Brazo

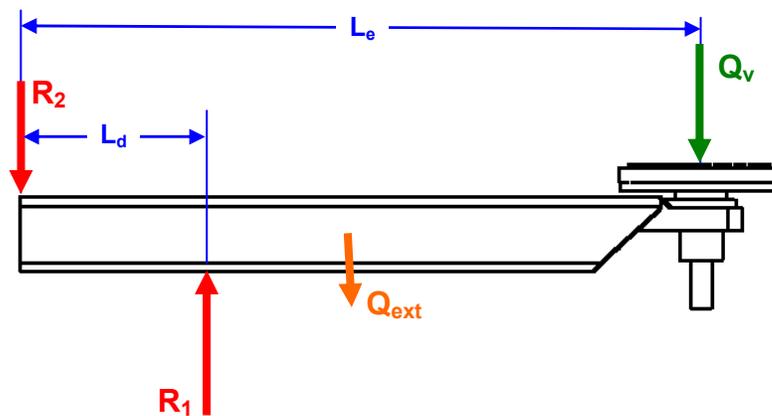
$$\sum F_y = 0$$

$$R_2 = R_1 - Q_v - Q_{bext}$$

$$\sum M_2 = 0$$

$$R_1 = \frac{(Q_v \cdot L_e) + (Q_{bext} \cdot \frac{L_e}{2})}{L_d}$$

Figura 43 DCL Extensión del Brazo



DCL Brazo

$$\sum F_y = 0$$

$$R = R_1 - R_2 + Q_b$$

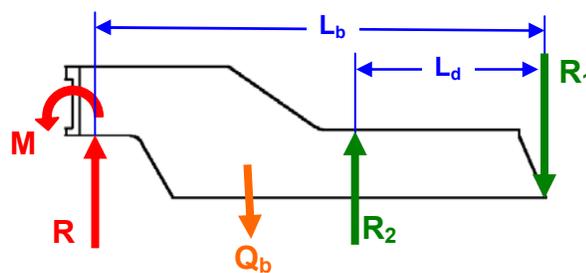
$$\sum M_0 = 0$$

$$M = (Q_b \cdot \frac{L_b}{2}) + (R_1 \cdot L_b) - (R_2 [L_b - L_d])$$

$$M_x = M \cos \theta$$

$$M_z = M \sin \theta$$

Figura 44 DCL Brazo

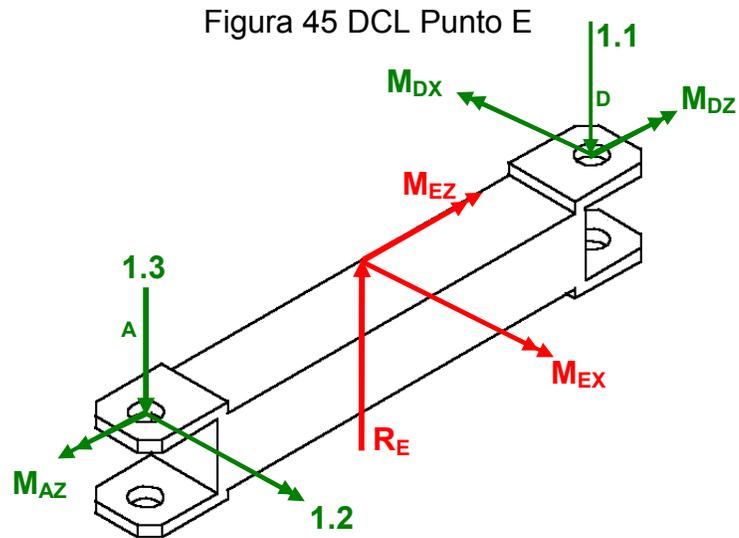


DCL en el punto E

$$\sum M_x = 0 \quad M_{Ex} = (R_A + R_D) \cdot 20,5$$

$$\sum M_z = 0 \quad M_{Ez} = R_E \cdot L_i + M_{Dz} + M_{Az}$$

$$\sum F_y = 0 \quad R_E = R_A + R_D$$



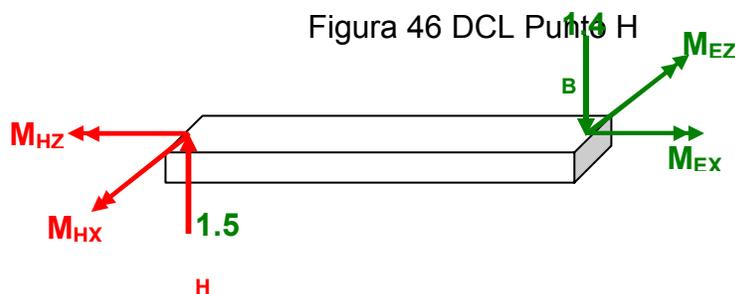
DCL en el punto H

$$\sum M_x = 0 \quad M_{Hx} = M_{Ex}$$

$$\sum M_z = 0 \quad M_{Hz} = (R_E \cdot 116) + (Q_{vc} \cdot [116 - 150/2]) + M_{Ez}$$

$$\sum F_y = 0 \quad R_H = R_E + Q_{vc}$$

Q_{vc} = peso viga central



DCL Punto J

$$\sum M_z = 0 \quad M_{Jz} = M_{Cz}$$

$$\sum M_x = 0 \quad M_{Jx} = (R_C \cdot 19) + (Q_{vt} \cdot [19 - 13,5]) + M_{Cx}$$

$$\sum F_y = 0 \quad R_J = R_C + \frac{Q_{vt}}{2}$$

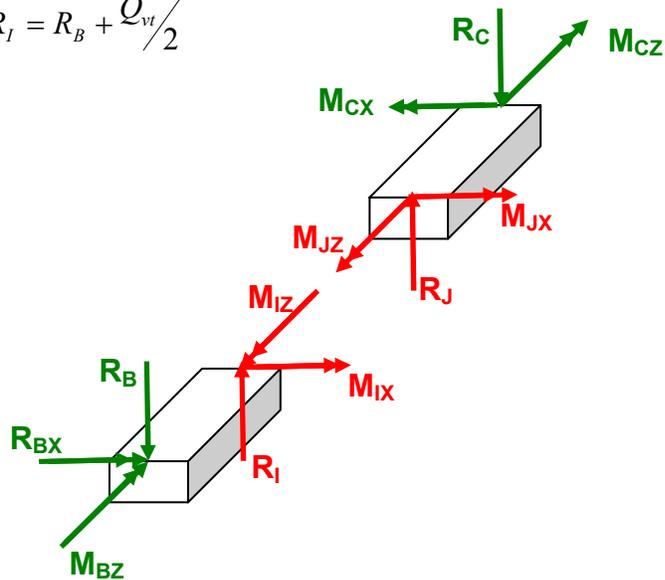
Q_{vt} = peso viga transversal

DCL Punto I

$$\sum M_z = 0 \quad M_{Iz} = M_{Bz}$$

$$\sum M_x = 0 \quad M_{Ix} = (R_B \cdot 19) + (Q_{vt} \cdot [19 - 13,5]) + M_{Bx}$$

$$\sum F_y = 0 \quad R_I = R_B + \frac{Q_{vt}}{2}$$



DCL Conjunto Carro de Elevación

El carro elevador soporta el peso del vehículo y los momentos generados por este, los cuales son transmitidos a través de los brazos, viga central y trasversal hasta el carro móvil.

Adicionalmente soporta el torque de fricción generado en la tuerca de carga, al elevar el vehículo.

El carro móvil es sostenido por la tuerca de carga y el momento y torque que actúan sobre el, son transmitidos a la columna central por medio de rodamientos.

Con liderando la fricción generada por el giro y la rodadura de los rodamientos

$$P(n) = P(n)_1 + P(n)_2$$

$P(n)_1$ = fuerza necesaria para vencer la fricción que se presenta por la deformación elástica del rodamiento y la superficie de contacto de la columna.

$P(n)_2$ = fuerza necesaria para vencer el torque por fricción que se presenta internamente en el rodamiento al rodar.

Del Catalogo de rodamientos NTN se tiene para el rodamiento preseleccionado:

$$\mu = 0,0015$$

$a_1 = 0,06$ cm coeficientes de rodadura entre las ruedas grandes (rodamientos que evitan el pando del tornillo de potencia) y la columna

$A_2 = 0,04$ cm coeficientes de rodadura entre las ruedas pequeñas (rodamientos que evitan el giro del conjunto carro de elevación) y la columna

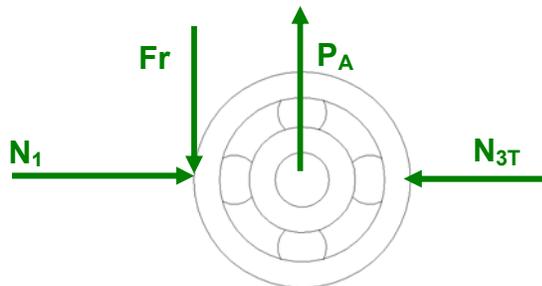
$$\phi_{\text{ext } 1} = 10 \text{ cm}$$

$$\phi_{\text{ext } 2} = 6,2 \text{ cm}$$

$$\phi_{m1} = 6,75 \text{ cm}$$

$$\phi_{m1} = 4 \text{ cm}$$

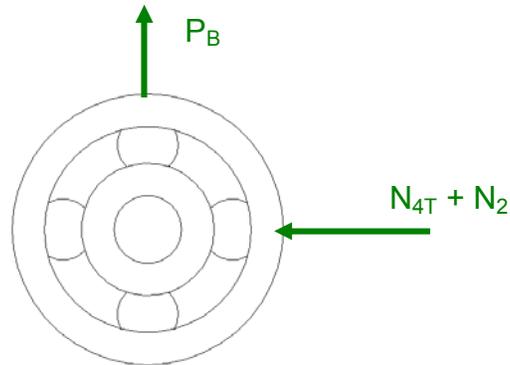
$N(n)$ = normales generadas por las cargas de servicio



$$P_A = P_{A1} + P_{A2}$$

$$P_A = \frac{A_2 * (N_1 - N_{3T})}{\phi_{ext2}/2} + \frac{2 * (\frac{\phi_{m2}}{2}) * \mu * (N_1 - N_3)}{\phi_{ext2}}$$

Para las ruedas b, obtenemos



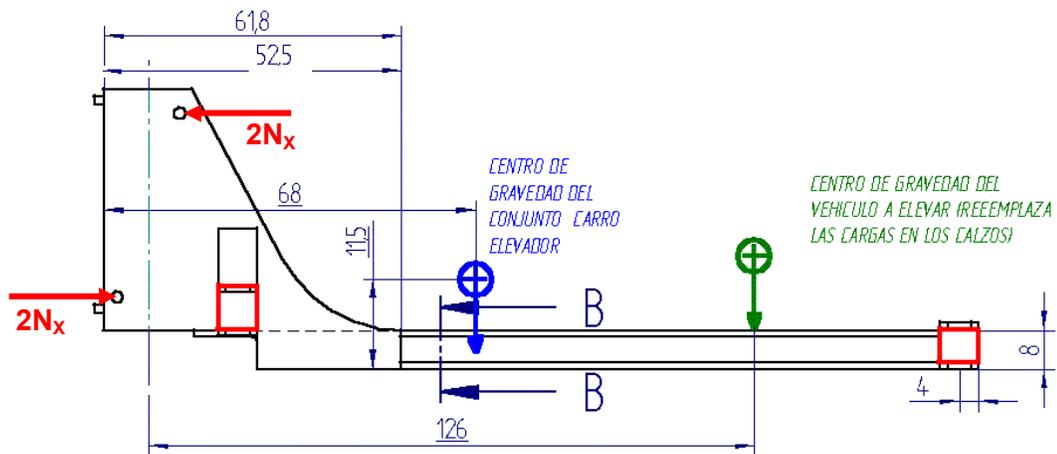
$$P_B = P_{B1} + P_{B2}$$

$$P_B = \frac{A_2 * (N_2 - N_{4T})}{\phi_{ext2}/2} + \frac{2 * (\frac{\phi_{m2}}{2} * \mu * (N_{4T} + N_2))}{\phi_{ext2}}$$

$$N_1 = N_2 = N$$

$$N_T = N_{3T} = N_{4T}$$

Figura 47 DCL Carro Elevador

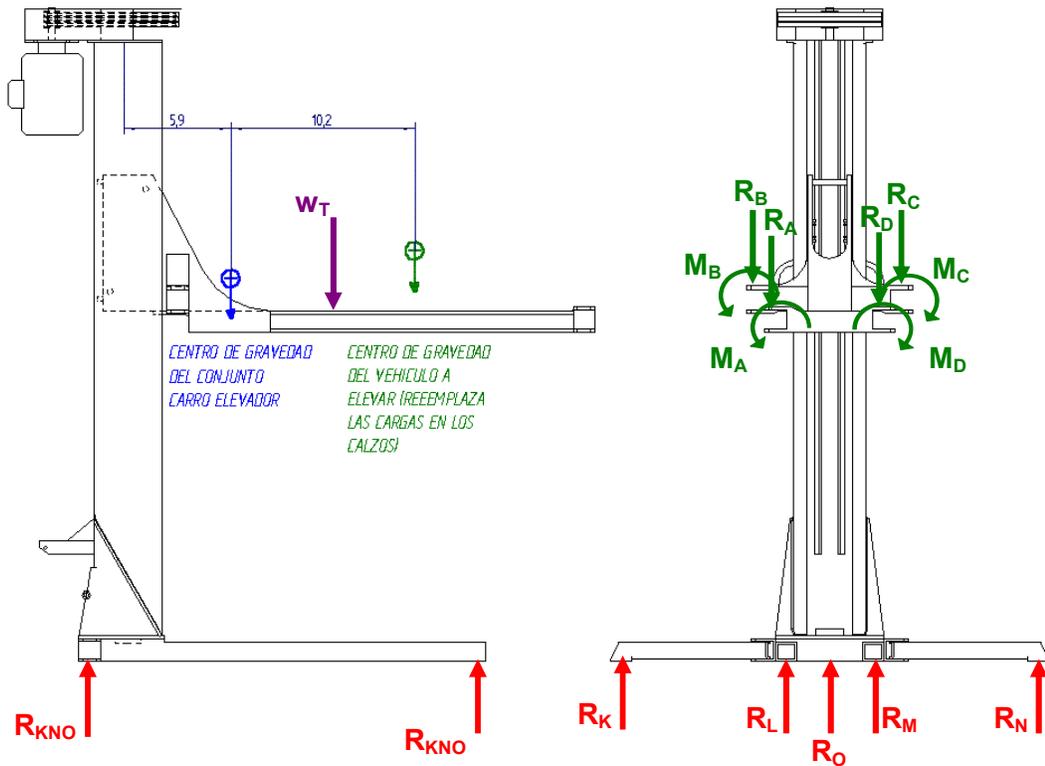


$$N_x = \frac{(Q_c \cdot 68) + (Q_v \cdot f_x)}{2 \cdot 38} \quad f_x = 126 \text{ (según geometría del vehículo)}$$

Q_c = peso conjunto carro elevador

$$N_z = \frac{(Q_c \cdot 6) + (Q_v \cdot f_z)}{43} \quad f_z = 15,6 \text{ (según geometría del vehículo)}$$

Figura 48 DCL Patas del elevador



DCL Base del Elevador

$$W_t = Q_c + Q_v$$

$$\sum M_z = 0 \quad M_{LM} = \frac{W_t \cdot \bar{x}}{150}$$

$$\sum F_y = 0 \quad R_{KNO} = W_t + Q_{col} - R_{LM}$$

Q_{col} = peso columna

$$\bar{x} = \frac{(Q_c \cdot 68) + (Q_v \cdot f_x)}{W_t}$$

$$\bar{z} = \frac{(Q_c \cdot -6) + (Q_v \cdot f_z)}{W_t}$$

$$W_t = R_{KNO} + R_{LM}$$

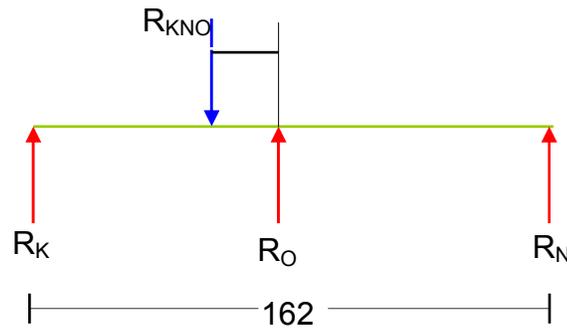
$$R_{KNO} = R_K + R_N + R_O$$

$$R_N \cong 0$$

$$R_{LM} = R_L + R_M$$

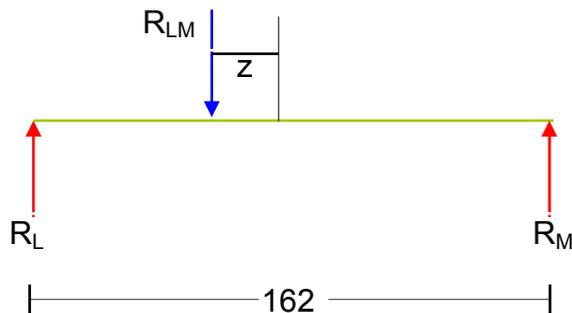
$$\curvearrowright \sum M_z = 0 \quad R_K = \frac{R_{KNO} \cdot \bar{z}}{162/2}$$

$$\sum F_y = 0 \quad R_O = R_{KNO} - R_K$$



$$\curvearrowright \sum M_z = 0 \quad R_L = \frac{R_{LM} \left(\frac{162}{2} + z \right)}{162}$$

$$\sum F_y = 0 \quad R_L = R_{LM} - R_M$$



5.8 CÁLCULOS DE SOLDADURA

Tal y como se describe en el ANEXO A, el método para tratar la soldadura como una línea requiere la ejecución de ciertos pasos comenzando con la definición de la geometría de la junta, la cual fue especificada a partir de las recomendaciones recopiladas por los autores e incluidas en el diseño de los componentes y juntas soldadas del elevador.

Según lo definido en el numeral 0 la estructura del elevador ha de ser fabricada a partir de lámina doblada y soldada por tal motivo se identificaron las juntas soldadas más críticas con el objeto de dimensionarlas y proveer una resistencia adecuada a los esfuerzos que estas soportan.

Las secciones o juntas soldadas críticas identificadas a partir de las simulaciones realizadas a los elementos estructurales y descritas en el numeral 5.6 se presentan en la Figura 42, demarcadas con letras de color rojo

La estática necesaria para las secciones de las juntas soldadas críticas fue desarrollada a partir de la parametrización realizada en el numeral 5.7, de esta forma se obtuvieron las cargas momentos y torques a los cuales se ven sometidas las juntas soldadas críticas.

Al analizar los resultados obtenidos para las secciones críticas se concluye que el máximo w requerido para las juntas soldadas evaluadas es de 0,47 cm ($\approx 3/16$ pulg). Si se tiene en cuenta que por recomendaciones de la norma ANSI/AWS D1 .1-1998, Structural Welding—Steel, el w para una junta soldada ha de ser el espesor del miembro mas delgado en la junta y que como parte de las simulaciones realizadas se obtuvieron miembros cuyo espesor minimo es de $1/4$ Pulg y los cambios de sección bruscos son minimos, se decidió utilizar todas las soldaduras de tipo bisel con penetración completa.

Tabla 13 Resumen de los Cálculos de Soldadura Realizados para las Juntas Soldadas Criticas

Junta	Resistencia		Dimensiones cordon		Propiedades			CARGAS				Esfuerzos por Unidad de Longitud				Esfuerzo total	W
			b	d	Aw	Zw	Jw	P	V	M	T	Tension Directa	Corte Vertical	Flexion	Torsion		
	lb/in	kg-cm	cm	cm	cm	cm^2	cm^3	Carga Tensión	Cortante	Momento	Torque	kg/cm	kg/cm	kg/cm	kg/cm	kg/cm	cm
Oreja de Soporte brazo LC DEL (B)	8800	1570.8	8	8	32.0	85.3	682.7	0.0	750.0	55025.7	14755.6	0.0	23.4	644.8	172.9	668.0	0.43
Oreja de Soporte brazo LC TRAS ©	8800	1570.8	8	8	32.0	85.3	682.7	0.0	500.0	-42612.9	19937.1	0.0	15.6	-499.4	233.6	551.5	0.35
Oreja de Soporte brazo LV DEL (A)	8800	1570.8	8	8	32.0	85.3	682.7	0.0	750.0	58835.4	20924.8	0.0	23.4	689.5	245.2	732.2	0.47
Oreja de Soporte brazo LV TRAS (D)	8800	1570.8	8	8	32.0	85.3	682.7	0.0	500.0	-37831.3	26350.3	0.0	15.6	-443.3	308.8	540.5	0.34
Viga transversal- carro del (I)	8800	1570.8	8	9	34.0	99.0	818.8	0.0	750.0	64775.7	14755.6	0.0	22.1	654.3	162.2	674.5	0.43
Viga transversal- carro tras (J)	8800	1570.8	8	9	34.0	99.0	818.8	0.0	500.0	-49112.9	19937.1	0.0	14.7	-496.1	219.1	542.5	0.35

5.5 DISEÑO DEL TORNILLO

Luego del análisis realizado a la bibliografía consultada y de compararla con los requerimientos del tornillo de potencia para el elevador se seleccionaron las siguientes consideraciones de diseño y operación:

- El tornillo trabajará solo a tracción debido a que su longitud (mas de 2 m) produciría inconvenientes de pandeo y trabamiento debido al efecto de columna.
- Los momentos flectores provocados por el peso del vehículo y transmitidos por la viga central, serán contenidos por las cuplas generadas en los rodamientos del carro del elevador, el cual se desplaza a lo largo de la columna.
- Se utilizará rosca Acme para propósito general del tipo 2G, ya que no se requiere gran concentricidad entre la tuerca y el tornillo, y que es una rosca muy común en nuestro medio.
- Los materiales seleccionados para el tornillo y la tuerca son los siguientes: Acero 1045 CR y Bronce C54400, sus propiedades mecánicas se describen en el ANEXO B.
- El tornillo será soportado en la parte superior por un rodamiento de rodillos cónicos y en la inferior por un rodamiento de bolas los cuales generan un torque despreciable comparado con el torque necesario para elevar la carga, como se demostrará más adelante durante la selección del rodamiento.
- Solo la tuerca de carga genera un torque considerable para el diseño del tornillo, puesto que la tuerca de seguridad no soporta carga durante la operación normal del elevador, esta solo soportará carga en caso de falla de la tuerca de carga.
- Debido a que el tornillo trabajará solo a tracción y que no existe efecto de columna, su diseño se realizará considerando la tensión (debido a la carga de 2500 kg) y la torsión (del torque aplicado para subir la carga) combinados utilizando la teoría del mayor esfuerzo cortante.

- La tuerca se diseñará evaluando los esfuerzos de aplastamiento, flexión y corte en la rosca, para determinar su altura mínima.
- Según la normativa consultada y adoptada el factor de diseño o factor de esfuerzo (que es la relación entre el mínimo esfuerzo último del material, al esfuerzo de diseño para una capacidad de carga $S_F = \sigma_U / \sigma_{dis}$) debe ser de mínimo 3 y 6 para el tornillo y la tuerca respectivamente.

Luego de realizar algunas iteraciones seleccionando el diámetro nominal del tornillo, considerando el material seleccionado para el mismo, el esfuerzo de diseño y evaluando el esfuerzo cortante máximo se obtuvo el diámetro requerido.

Los cálculos realizados fueron los siguientes:

5.5.1 Geometría del Tornillo de Potencia

El diámetro del tornillo se obtuvo a partir de varias iteraciones y su geometría básica se lista en la siguiente tabla, las dimensiones corresponden a una rosca Acme tipo 2G.

Tabla 14. Geometría Básica del Tornillo

n_e	H_{pp}	D	h_r	θ	α
N° Entradas	Hilos por pulg	Diam Básico pulg	Altura Rosca pulg	Ang Rosca °	Ang Helice °
1	3	2,5	0,16667	14,3	2,60

Para obtener la geometría complementaria del tornillo se utilizaron las siguientes relaciones:

$$p = 1 / H_{pp}$$

$$l = n_e \cdot p$$

$$b = 0.6293 \cdot p$$

$$d_m = D - h_r$$

$$d_r = D - 2 \cdot h_r$$

$$\tan \theta_n = \cos \alpha \cdot \tan \theta$$

Tabla 15. Geometría Complementaria del Tornillo

p	L	b	d _m	d _r	θ _n
Paso	Avance	Ancho cresta Diam raiz	Diam Medio o de Paso	Diam Raiz	Ang Normal Rosca
pulg	Pulg	pulg	pulg	Pulg	°
0,33	0,333	0,2098	2,33	2,17	14,29

5.5.2 Evaluación del Torque de Subida

Para calcular el torque de subida se consideró la carga a elevar ($W = 2500$ kg), el peso de la estructura que soporta el automóvil ($W_e = 300$ kg Aproximadamente) y la geometría del tornillo anteriormente hallada. También se evaluó el necesario autobloqueo y la eficiencia del mismo.

Las relaciones utilizadas fueron:

$$T_R = \frac{d_m \cdot W}{2} \left[\frac{\mu_s + \cos \theta_n \cdot \tan \alpha}{\cos \theta_n - \mu_s \cdot \tan \alpha} \right]$$

En la evaluación del torque no se consideraron los torques adicionales debido a los rodamientos de soporte y a la tuerca de seguridad debido a su despreciable valor y a que se mayoro el peso de la estructura que soporta el automóvil.

En la Figura 49 se presenta el diagrama de torques del tornillo.

No se evaluó el torque de bajada pues este es menor que el de subida ya que la dirección del movimiento es la misma que la de la carga.

$\frac{\mu_s}{\cos \theta_n} > \tan \alpha$ El tornillo es autobloqueante si se cumple esta relación

$$N = \frac{T_{s1}}{T_{s2}} = \frac{d_m \cdot \tan \alpha}{d_m \left[\frac{\mu_s + \cos \theta_n \cdot \tan \alpha}{\cos \theta_n - \mu_s \cdot \tan \alpha} \right] + d_{mc} \mu_c}$$

Los cálculos realizados arrojaron los siguientes resultados

Autobloqueo	T_R	N
	Torque de subida	Eficiencia
	kg-cm	
Autobloqueante	1409,6	32,7%

5.5.3 Evaluación de Esfuerzos en el Tornillo y la Tuerca

La evaluación de los esfuerzos en el tornillo y la tuerca se realizó utilizando las relaciones listadas en la Tabla 25 del ANEXO A.

Para la determinación del diámetro del tornillo y la altura de la tuerca, se seleccionaron y evaluaron los esfuerzos máximos admisibles para cada material (Acero y Bronce) considerando el factor de diseño requerido por norma en cada caso.

Los esfuerzos máximos admisibles se evaluaron utilizando las siguientes relaciones, los valores obtenidos se listan en la

Tabla 16.

S_f = Factor de diseño requerido por la norma ANSI/ALI ALCTV-1998

$$S_{norm} = S_u / S_f \quad ^6$$

$$S_{cort} = 0.75 \times S_{norm} \quad \text{para el acero} \quad ^7$$

$$S_{cort} = 0.9 \times S_{norm} \quad \text{para el bronce} \quad ^8$$

Tabla 16. Esfuerzos Máximos Admisibles para los Materiales Seleccionados

⁶ ANSI/ALI ALCTV-1998. Safety requirement for construction, testing and validation, USA: ALI, 1998. p.7 y 10.

⁷ MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas. Mexico: Prentice Hall, 1995. p.26.

⁸ DEUTSCHMAN, Aaron. Diseño de maquinas. Mexico: CECSA, 1998. p.102.

Pieza	Material	S_u	S_f	S_{norm}	S_{cort}
		Resistencia	Factor Diseño	Esfuerzo normal máximo	Esfuerzo al corte máximo
		kg/cm ²		kg/cm ²	kg/cm ²
Tornillo y Tuerca de Seguridad	Acero 1045 CR	7242	3	2413,9	1810,4
Tuerca	Bronce C54400	4781	6	796,8	717,1

En la Tabla 17 se presentan los esfuerzos evaluados para el tornillo. Los resultados de los esfuerzos normales (σ) o de corte (τ) deben ser inferiores a los correspondientes esfuerzos S_{norm} y S_{cort} obtenidos para el acero seleccionado.

Tabla 17. Esfuerzos en el Tornillo

σ_B	σ_b	τ_{tom}	σ	τ_{tors}	τ_{max}
Aplastamiento	Flexión Rosca	Cortante Tornillo	Tensión o Compresión	Cortante Torsión	Cortante Máximo
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
1,611	716,9	43,4	109,2	43,1	69,5

Tal y como se describió anteriormente, el diseño del tornillo se basa en la teoría del máximo esfuerzo cortante, que según los cálculos realizados es de 69,5 kg/cm², valor muy inferior al esfuerzo máximo de corte admisible para el acero 1045 CR. El pequeño valor para este estado de esfuerzos se explica por la ausencia de momentos flectores o efectos de pandeo que inducirían esfuerzos normales y de corte mayores.

5.5.4 Evaluación de Esfuerzos en las Tuercas de carga y de Seguridad

El diseño de la tuerca de carga consiste en obtener una altura que permita soportar los distintos esfuerzos generados por la acción de la carga. Por tal

razón, partiendo del bronce seleccionado se obtuvo una altura consistente con la resistencia del material y los esfuerzos presentados.

El esfuerzo crítico para la tuerca de carga es el normal, debido a la flexión en la rosca (716,9 kg/cm²), el cual es inferior al esfuerzo normal admisible para el bronce seleccionado, esto considerando una altura de 3,5 pulg (88,9 mm) para la tuerca.

Tabla 18. Esfuerzos en la Tuerca de Carga

σ_B	σ_b	τ_{tuer}
Aplastamiento	Flexión Rosca	Cortante Tuerca
kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²
1,611	716,9	37,6

Las mismas consideraciones se aplican al diseño de la tuerca de seguridad, teniendo en cuenta que esta debe ser fabricada con acero 1045 CR, para proveer una sustentación adecuada de la carga en caso de que la tuerca de seguridad falle. La tuerca de seguridad solo soporta carga en caso de que la tuerca de carga colapse.

El esfuerzo crítico para la tuerca de seguridad es el normal, debido a la flexión en la rosca (716,6 kg/cm²), el cual es inferior al esfuerzo normal admisible para el acero seleccionado, considerando una altura de 1 pulg (25,4 mm) para la tuerca.

Tabla 19 Esfuerzos en la Tuerca de Seguridad

σ_B	σ_b	τ_{tuer}
Aplastamiento	Flexión Rosca	Cortante Tuerca
kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²
19,74	716,6	131,7

A continuación se presenta un DCL del Tornillo de potencia donde se pueden observar las cargas y torques a los cuales se ve sometido.

W_{total} = representa el peso del vehículo de los componentes del elevador que se desplazan y de las fuerzas friccionantes que se oponen al movimiento del elevador durante su ascenso.

T_{total} = Torque total aplicado al tornillo de potencia

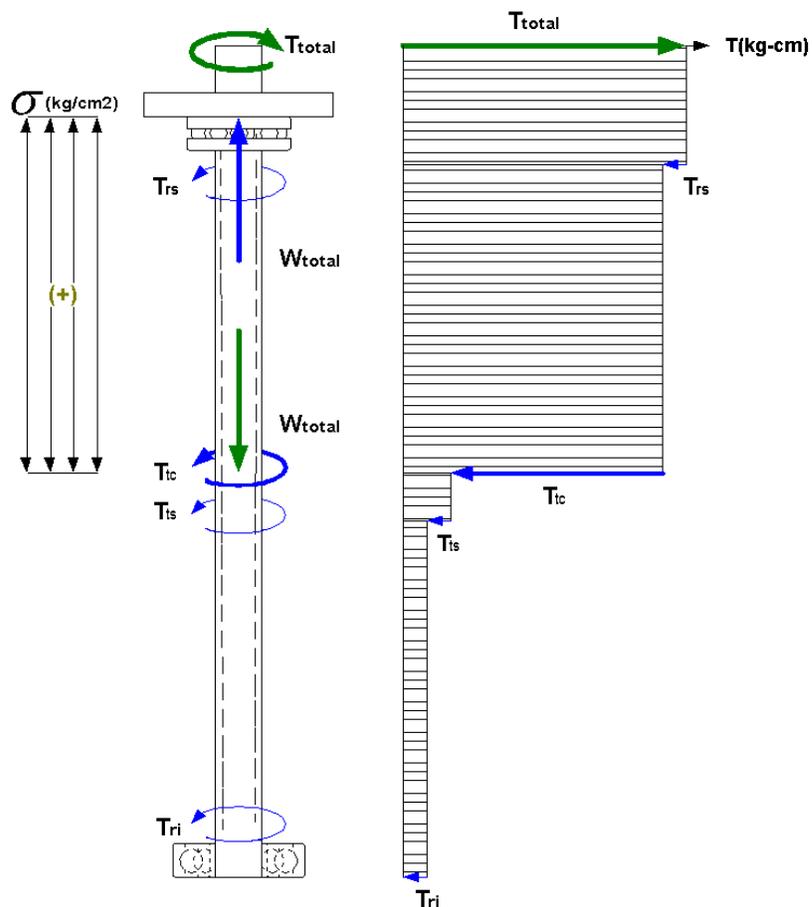
T_{rs} = Torque debido al rodamiento cónico superior

T_{tc} = Torque debido a la fricción con la tuerca de carga, es el torque de mayor cuantía.

T_{ts} = Torque debido a la tuerca de seguridad.

T_{ri} = Torque debido a la fricción en el rodamiento inferior.

Figura 49. Esquema de Torques y Esfuerzos de Tensión en el Tornillo



5.6 CALCULO DE LAS BANDAS DE TRANSMISION

Debido a la alta capacidad de transmisión de potencia y a su bajo costo, se ha seleccionado una transmisión por bandas en V para transmitir la potencia del motor al tornillo de potencia proveyendo una velocidad adecuada al elevador.

El proceso de diseño para transmisiones en V es descrito en el ANEXO A.

Para iniciar se obtiene la información básica requerida para el proceso de diseño:

La potencia requerida

La potencia requerida es la necesaria para elevar la carga y se obtiene a partir del torque del tornillo de potencia y de las revoluciones por minuto necesarias para elevar la carga en un tiempo de 60 s.

Torque del tornillo: Es la suma del torque consumido propiamente por el tornillo y del torque por fricción generado en el rodamiento cónico del cual se sustenta el tornillo. Los torques por fricción generada en el rodamiento de bolas inferior y en la tuerca de carga son despreciables, y no se incluyen en esta estimación.

$$T_t = 1409.6 + 20,54 = 1430,1 \text{ kg} - \text{cm}$$

Aproximando se requiere un torque de 1450 kg-cm

Revoluciones del tornillo: Se obtiene de la altura de elevación y del avance del tornillo (ver Tabla 14).

$$N_{tor} = \frac{N^\circ \text{ vueltas}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{Altura de Elevación}}{\text{Avance del Tornillo}} = \frac{170 \text{ cm}}{0,846 \text{ cm}} = \frac{170 \text{ cm}}{1 \text{ min}} = 201 \text{ rpm}$$

Potencia Requerida:

$$POT_{Req} = \frac{T_{tor} \cdot N_{tor}}{72600} = \frac{1409,6 \text{ kg-cm} \times 201 \text{ rpm}}{72600}$$

$$POT_{Req} = 4,01 \text{ hp}$$

Potencia de Diseño:

$$Pot_{Dis} = F_s \times Pot_{req} = 1.2 \times 4.01 = 4.801 \text{ hp}$$

Donde:

Pot_{Dis} = Potencia de diseño

F_s = Factor para Servicio intermitente (3 a 5 h diarias): F_s = 1.0 a 1.3

Pot_{req} = Potencia requerida

La velocidad del motor

Se seleccionó un motor de 1200 rpm, cuya velocidad a carga totales es de 1160 rpm aproximadamente, para obtener una relación de transmisión inferior a 7, la cual es recomendable cuando se utilizan bandas en V⁹.

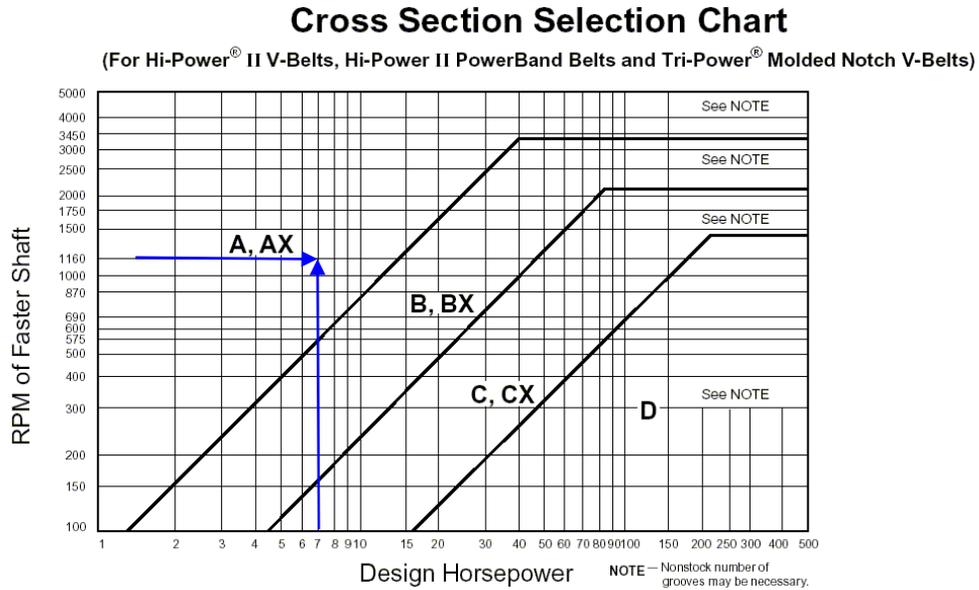
$$n = \frac{N_{motor}}{N_{tor}} = \frac{1160}{201} = 5,77 < 7$$

Selección del Tipo de Banda

Con las revoluciones del motor y la potencia de diseño se selecciona de la

Figura 50 el tipo de banda apropiada, obteniéndose así una banda tipo A.

Figura 50 Diagrama para Selección de Bandas en V



b. Seleccionar el diámetro de las poleas

Para una polea tipo A, con 1200 rpm en el eje más rápido y un motor de 5 hp, el fabricante de la banda recomienda el uso de poleas con diámetro mínimo de 3 pulg, pero debido a las limitantes de espacio y para disminuir el diámetro de la polea mayor se sacrificará la vida de las bandas por ser elementos relativamente económicos y se utilizará una polea menor con diámetro de 2,5 pulg.

De esta forma se obtiene una polea mayor de 2,5 pulg x 5,77= 14.425 pulg (36,64 cm). Redondeando se toma el tamaño estándar superior, D =14,5pulg. Se verifica que la velocidad tangencial máxima recomendada para la banda (6500ft/min) no sea superada.

$$V_t = N_{motor} \times \frac{d}{2} \times \frac{\pi}{180} = 759 \text{ ft/min}$$

⁹ Rojas, Hernán. Diseño de Maquinas II. Bucaramanga: UIS, 1992. p.1, Modulo 2.

Distancia entre centros de las poleas

Tomando como base la recomendación¹⁰ que especifica una distancia entre centros C:

$$D < C < 3(D + d)$$

Se tomó una distancia $C = 1,1 \cdot D = 1,1 \cdot 14,5 = 15,95$ _ pulg

- c. Calcular una longitud tentativa para la banda, usando la distancia entre centros seleccionada

$$L = 1,57 \cdot (D + d) + (2 \cdot C) = 1,57 \times (14,5 + 2,5) + 2 \times 15,95 = 58,59$$
 _ pulg = 1488 _ mm

Donde:

D = Diámetro de la Polea Grande, in

d = Diámetro de la polea pequeña, in

C = Distancia entre centros de las poleas

- d. Seleccionar de un catalogo la banda que posea la longitud más cercana a la obtenida en el paso anterior y recalculer la distancia entre centros mediante la siguiente ecuación:

Seleccionando una banda A58 con longitud de 59.3 pulg, se recalcula la distancia entre poleas.

$$C = 0,0625 \cdot \left(b + \sqrt{b^2 - 32(D - d)^2} \right) = 0,0625 \cdot \left(161,84 + \sqrt{161,84^2 - 32(14,5 - 2,5)^2} \right) \\ = 19,29$$
 _ pulg

donde:

$$b = 4L - 6,28(D - d) = 4 \cdot 59,3 - 6,28 \cdot (14,5 - 2,5) = 161,84$$

L = Longitud de la Banda, in

¹⁰ MOTT, Op. Cit., p. 538.

e. Hallar el número de correas requeridas

Del catálogo del fabricante se obtiene la potencia transmitida por banda y se divide la potencia de diseño entre la potencia por banda para obtener el número de bandas

$$N_{Bandas} = \frac{Pot_{Dis}}{Pot_{banda}} = \frac{4,01}{1,65} = 2,43 \text{ _Bandas}$$

Se toma el número de bandas inmediatamente superior: 3 Bandas.

Concluyendo, se debe utilizar la siguiente transmisión por bandas:

Tipo de Polea: Tipo A

Fabricante: Gates

Modelo: Hi-Power II

Referencia: A58

Distancia entre centros: C = 19,3 pulg (490 mm)

Diámetro polea mayor: D = 14,5 pulg (368,3 mm)

Diámetro polea menor: d = 2,5 pulg (63,5 mm)

Número de Bandas: 3 Bandas

5.7 SISTEMA ELECTRICO DEL ELEVADOR

El sistema eléctrico se compone básicamente del esquema o cableado de potencia y de control. Para su diseño es necesario establecer los elementos a controlar y el tipo de control.

Debido a la simplicidad de los elementos a controlar no se hace necesario el uso de metodologías específicas (como Grafcet o Gemma) para la definición de los estados de arranque, parada, fallo o re arranque del elevador.

5.7.1 Descripción de las Actividades de Control

El elevador luego de ser conectado a la red de suministro eléctrico, es puesto en servicio en un único modo de operación manual, con dos casos para el arranque del motor.

- Elevación: El motor arranca si el final de carrera superior o el sensor de fallo de la tuerca de carga no se hallan activados y es activado el pulsador de elevación.
- Descenso: El motor arranca si el final de carrera inferior o el sensor de fallo de la tuerca de carga no se hallan activados y es activado el pulsador de descenso.

Adicionalmente se deben indicar ciertos estados por medio de señales luminosas o auditivas:

- Señal luminosa para indicar que el elevador fue puesto en servicio (ubicada en el tablero de control).
- Señal luminosa y auditiva para indicar que el elevador se halla elevando o descendiendo un vehículo (ubicada en la columna del elevador).
- Señal luminosa indicando el fallo de la tuerca de carga (ubicada en el tablero de control).
- Señal luminosa indicando el fallo del motor por sobrecarga (ubicada en el tablero de control).

También se deben incluir ciertos aspectos requeridos por la norma ANSI/ALI ALCTV-1998:

- La puesta en marcha o arranque del elevador solo debe realizarse por medio de elementos sin enclavamiento o memorización.
- El elevador debe ser provisto de finales de carrera para evitar que viaje más allá de su límite de elevación.

5.7.2 Componente del Sistema Eléctrico

Luego de identificar los modos de operación y de definir los estados que deben ser indicados en el panel de operador, se seleccionaron los componentes eléctricos listados en la Tabla 20. En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se hallan las características técnicas del motor trifásico y de los contactores.

Tabla 20 Componentes del Sistema Eléctrico

COMPONENTE	SIMB	FUNCIÓN
Motor Trifásico (5 HP)	M	Elemento Motriz
Contactador	K1	Marcha a la derecha (elevación)
Contactador	K2	Marcha a la izquierda (descenso)
Pulsador	S1	Marcha a la izquierda (descenso)
Pulsador	S2	Marcha a la derecha (elevación)
Switch	S3	Conexión, puesta en servicio
Indicador (Lamp)	H1	Fallo de la tuerca de carga
Indicador (Lamp)	H2	Fallo por sobrecarga en el circuito de control
Indicador (Lamp)	H3	Elevador en movimiento
Indicador (Sirena)	H4	Elevador en movimiento
Limit Switch	LS1	Final de carrera inferior
Limit Switch	LS2	Final de carrera superior
Limit Switch	LS3	Sensor fallo tuerca de carga
Fusible	F1	Contacto principal
Fusible	F2	Contacto control
Guarda motor	F3	Protección motor

5.7.3 Esquemas Eléctricos de Potencia y de Control

En la Figura 51 y Figura 52 se presentan los Esquemas para el cableado eléctrico y de control que incluyen todas las consideraciones respecto a los estados de operación y los requisitos dados por la norma.

Figura 51 Esquema de Control para el Elevador

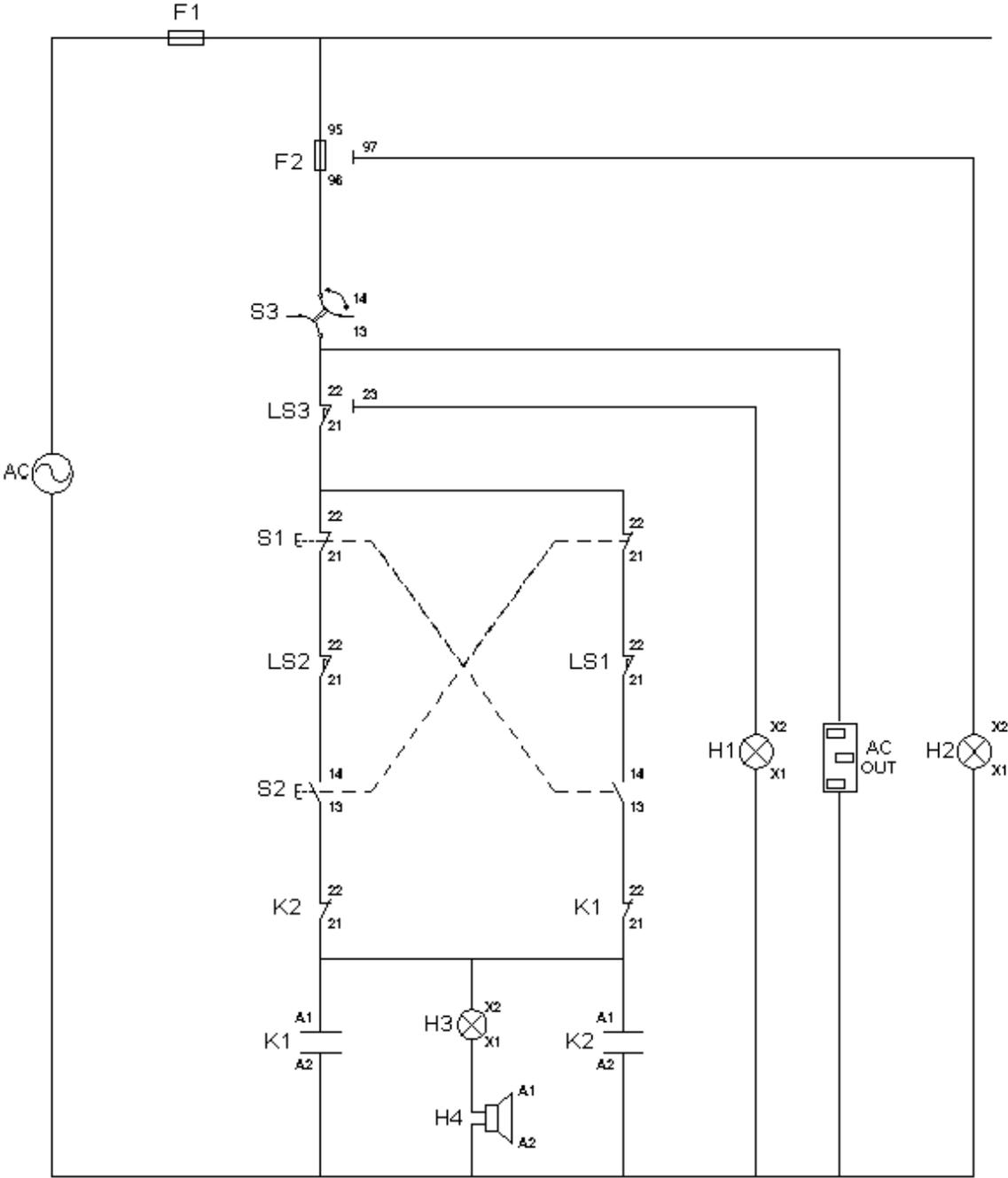
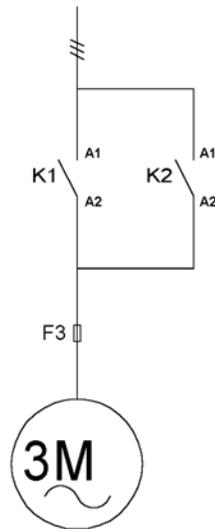


Figura 52 Esquema de Potencia para el Elevador



5.8 SISTEMA DE RUEDAS RETRACTILES

Para brindar al elevador la adecuada movilidad dentro del taller, es necesario dotarlo de un sistema de ruedas retráctiles que permitan afirmar el elevador sobre su base, soportando todo el peso del vehículo y del propio elevador sobre una amplia área conformada por la base y las patas retractiles, evitando así la inestabilidad que se presentaría si las ruedas permanecieran fijas.

Se buscaron diversas alternativas para el diseño de este importante componente, pero la complejidad y el gran número de piezas requeridas hace casi inviable fabricarlo por completo, de tal forma que se inicio la búsqueda de sistemas estándares utilizados en otros equipos de elevación, hallándose un diseño apropiado de muy fácil adaptación al elevador.

El mecanismo hallado es el kit de elevación de una carretilla de estivas con capacidad hasta 2500 kg cuyo costo es asequible y se convierte en la mejor

opción para su implementación en el elevador. Los detalles del sistema se muestran en los planos del elevador.

Figura 53 Carretilla para Estibas, Detalle 1



Figura 54 Carretilla para Estibas, Detalle 2



Figura 55 Carretilla para Estibas, Detalle 3



6. CONSTRUCCION A ESCALA DE UN MODELO DE ELEVADOR MOVIL PARA VEHICULOS LIVIANOS

La construcción del modelo se realizó a escala 3:1, utilizando acero estructural como material para su estructura, adecuando y simplificando componentes hasta obtener las formas estructurales básicas.

En las siguientes figuras se presentan algunas fotografías del proceso de construcción del modelo.





CONCLUSIONES

- El diseño de elevador móvil monocolumna obtenido representa una nueva alternativa versátil y segura, que puede ser implementada en los talleres de servicio automotriz con el objeto de mejorar la logística en la prestación de sus servicios.
- Por su diseño monocolumna de una sola viga de brazos extensibles el elevador permite la prestación de un amplio número de servicios de revisión y reparación, redundando esto en un menor tiempo muerto de trabajo para el equipo y una mayor relación costo beneficio para el propietario.
- El diseño fue concebido con materiales y procesos de manufacturas comunes, lo que representa un menor costo de adquisición para el equipo.
- La normatividad aplicable a los elevadores de vehículos es una valiosa herramienta en la consecución de diseños, funcionales y seguros.

- El modelo a escala construido, puede ser empleado para identificar la reacción del consumidor ante el nuevo producto antes de proceder a su prototipación a escala real.
- La construcción de modelos a escala contribuye a la comprensión y mejor selección de los procesos de manufactura para la fabricación de un equipo.

RECOMENDACIONES

- Continuar con una segunda etapa del presente proyecto en la cual se incluya la construcción de un prototipo a escala real que permita evaluar y mejorar el cumplimiento de los requerimientos de diseño.
- En la producción y comercialización de elevadores para automóviles podrían incluirse capacitaciones orientadas a la operación adecuada y segura de este tipo de equipos, reduciendo así los riesgos asociados a su operación.

BIBLIOGRAFÍA

- AUTOMOTIVE LIFT INSTITUTE, Lifting It Right, Indialantic: ALI, 2001.
- CORTHWEN, C. WILLIAM. Diseño de Componentes de Maquinas. Primera Edición. México, 1996.
- DEUTSCHMAN D. AARON. Diseño de Maquinas. Primera Edición, CECSA, México, 1998.
- E. K. Fox; President, Automotive Lift Institute; THE HISTORY OF THE AUTOMOTIVE LIFT INSTITUTE, ALI, Florida, USA 2001.
- ERNST, HELLMUT. Aparatos de Elevación y Transporte, Tomo 1, Principios y Elementos Constructivos, Tomo 2, Tornos y Grúas, Primera Edición, Barcelona, 1969.
- GONZALEZ JAIMES, ISNARDO. Metodología del Diseño en Ingeniería Mecánica. Edición. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 1999.
- GREENWOOD, C. DOUGLAS. Product Engineering Design Manual. McGraw-Hill Book Company, Inc. Toronto, USA, 1959.
- KIENERT, G. Construcciones Metálicas, Remachadas y Soldadas. Tomos 1 y 2. Productos Siderúrgicos de Construcción, Órganos de Enlace, Juntas Tipo, Elementos de Armazón, Juntas, Ensambladura y Apoyos. Primera Edición. Barcelona, 1966.
- MOTT, L. ROBERT. Diseño de Elementos de Maquinas. Segunda Edición. Prentice Halls, México, 1995.

NORTON L. ROBERT. DISEÑO DE MAQUINAS. Primera edición, Prentice Halls, México, 1999.

ROJAS G. HERNAN. Diseño De Maquinas II. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 1992.

CATÁLOGOS IMPRESOS CONSULTADOS:

“Elevadores de Servicio para Vehículos”. Mohawk Resources, Ltd. Catálogo para elevadores de automóviles y camiones. Ámsterdam, segundo semestre de 2002.

“Elevadores de Vehículos”. Bend Pak Lemonwood Drive Santa Paula, CA 93060 USA. Catálogo para automóviles y camionetas. USA, segundo semestre de 2002.

“Gama de Elevadores para Vehículos”. Maschinenbau Haldenwang GMBH Co. KG. Catálogo para turismos, camionetas, camiones y autobuses. MAHA controlado según DIN EN ISO 9001. Berlín, primer Semestre de 2002.

GUIDELINES FOR AUTOMOTIVE LIFTS, Workplace Health and Safety Division, Manitoba Labour and Immigration. Canadá, 2002.

NTN CORPORATION, Rodamientos de Bolas y de Rodillos, Catalogo N° 2200-II/S, NTN Corporation, Japón, 1996.

Ralph L. Barnett and Peter J. Poczynok. Vehicle Lifts: The Hyperstatic Problem. Tryodine Inc. USA, 1998.

NORMAS CONSULTADAS

AMERICAN NATIONAL STANDAR INSTITUTE. Safety Requirements for Automotive Lifts Construction, Testing and Validation. New York: ANSI, 1998 p. 61 (ANSI/ALI ALCTV-1998)

PAGINAS WEB CONSULTADAS

<http://www.aclifts.com>

<http://www.ari-hetra.com>

<http://www.bendpak.com>

<http://www.cascos.es>

<http://www.fordssmith.com>

<http://www.maha-aip.de>

<http://www.nussbaum-lifts.de>

<http://www.vehicle-lift.co.uk>

<http://www.railquip.com>

<http://www.targetlifts.com>

<http://www.corgi.com>

<http://www.beissbarth.com>

<http://www.beissbarth.com>

<http://www.roterylift.com>

<http://www.mohawlifts.com>

ANEXO A CONCEPTOS DE DISEÑO MECÁNICO Y ESTRUCTURAL

A continuación se recordarán algunos conceptos básicos de diseño de maquinas y estructuras metálicas, los cuales servirán de base para los cálculos de diseño requeridos para el elevador.

1. TORNILLOS DE POTENCIA

Los tornillos de potencia (TP) son elementos mecánicos que se utilizan como actuadores que transforman el movimiento rotatorio en lineal, transmitiendo la potencia en forma suave y uniforme. Su principal diferencia con los pernos es la geometría de su rosca y su aplicación, mientras los TP se utilizan principalmente como dispositivos para transmitir, movimiento los pernos se usan solo como dispositivos de sujeción.

Entre las aplicaciones típicas para los TP se encuentran: gatos para automóviles, tornillos de avance en tornos prensas tipo tornillo, grapas, vastagos de válvulas, camas de hospital, barras de mando, etc.

Los TP se fabrican de acero o bronce y sus tuercas de acero, latón bronce y hierro colado.

En los tornillos de potencia se pueden utilizar diversos tipos de rosca¹¹ entre los que se encuentran:

¹¹ Acme Threads – ANSI Standard B 1.5 – 1972.

Tabla 21 Roscas Utilizadas en los Tornillos de Potencia

Rosca	Aplicación	Clasificación	Ventajas	Desventajas
Acme	Propósito general y como roscas centradas	Propósito General <ul style="list-style-type: none"> • 2G Para propósitos generales • 3G y 4G para juego mínimo 	Fácil manufactura	
		Roscas centradas <ul style="list-style-type: none"> • 2C a 6C dependiendo del filete de la rosca en el diámetro menor del tornillo. La clase 2C representa el juego máximo entre el tornillo y la tuerca 	Mantiene la concentricidad entre la tuerca y el tornillo	
Acme Truncada	Cuando debido al TT ¹² se requieren tornillos de gran paso con roscas poco profundas	2G Para propósitos generales		
Acme Truncada a 60°	Similar a la Acme truncada	Similar a la rosca Acme truncada		
Cuadrada Modificada	Maquinas herramientas	No posee sub-clasificación	Es tan eficiente como la rosca cuadrada Su manufactura es más económica que una cuadrada	
Trapezoidal	Cuando se requiere soportar cargas en una sola dirección	Sujeción de miembros tubulares, recamaras de armas de fuego, etc.	Es mas resistente que las demás roscas por su mayor espesor de raíz Su eficiencia se aproxima a la de las roscas cuadradas Es fácil de fabricar a un costo razonable	No poseen clasificación ni tamaños estándar debido a que se utiliza en aplicaciones muy especializadas

¹² Tratamiento Térmico

1.1 Elementos Dimensionales de las Roscas

Paso: Distancia Axial medida a lo largo del cilindro de paso del tornillo, medido desde una cuerda o filete a la cuerda adyacente.

Avance: Distancia axial que avanza la tuerca por una revolución del tornillo. El avance se mide a lo largo del tornillo de paso.

$$l = n \cdot p$$

donde, n = número de hélices o entradas

$$p = \text{paso}$$

Angulo de Hélice: Angulo de una cuerda formado por un plano trazado tangente a la hélice de paso y un plano trazado normal al eje del tornillo.

$$\tan \alpha = \frac{l}{\pi \cdot d_m} = \frac{n \cdot p}{\pi \cdot d_m}$$

donde, d_m = diámetro medio

Las dimensiones básicas para las roscas Acme estándar son listadas en la Tabla 22.

Tabla 22 Dimensiones Básicas de Roscas Acme y Acme Truncadas
(Dimensiones en Pulgadas)

Tamaño nominal	Hilos por plg $1/p$	Roscas Acme					Roscas Acme truncada	
		Altura básica de la rosca h	Propósito-general (todas las clases) y clases centradas 2C, 3C y 4C		Clases centradas 5C y 6C		Altura básica de la rosca h'	Angulo de la hélice en el diámetro de paso básico
			Diámetro básico mayor D	Angulo de la hélice α en el diámetro de paso básico	Diámetro básico mayor B	Angulo de la hélice α en el diámetro de paso básico		
1/4	16	0.03125	0.2500	5° 12'	—	—	0.01875	4° 54'
5/16	14	0.03571	0.3125	4° 42'	—	—	0.02143	4° 28'
3/8	12	0.04167	0.3750	4° 33'	—	—	0.02500	4° 20'
7/16	12	0.04167	0.4375	3° 50'	—	—	0.02500	3° 41'
1/2	10	0.05000	0.5000	4° 3'	0.4823	4° 13'	0.03000	3° 52'
5/8	8	0.06250	0.6250	4° 3'	0.6052	4° 12'	0.03750	3° 52'
3/4	6	0.08333	0.7500	4° 33'	0.7284	4° 42'	0.05000	4° 20'
7/8	6	0.08333	0.8750	3° 50'	0.8516	3° 57'	0.05000	3° 41'
1	5	0.10000	1.0000	4° 3'	0.9750	4° 10'	0.06000	3° 52'
1 1/8	5	0.10000	1.1250	3° 33'	1.0985	3° 39'	0.06000	3° 25'
1 1/4	5	0.10000	1.2500	3° 10'	1.2220	3° 15'	0.06000	3° 4'
1 3/8	4	0.12500	1.3750	3° 39'	1.3457	3° 44'	0.07500	3° 30'
1 1/2	4	0.12500	1.5000	3° 19'	1.4694	3° 23'	0.07500	3° 12'
1 3/4	4	0.12500	1.7500	2° 48'	1.7169	2° 52'	0.07500	2° 43'
2	4	0.12500	2.0000	2° 26'	1.9646	2° 29'	0.07500	2° 22'
2 1/4	3	0.16667	2.2500	2° 55'	2.2125	2° 58'	0.10000	2° 50'
2 1/2	3	0.16667	2.5000	2° 36'	2.4605	2° 39'	0.10000	2° 32'
2 3/4	3	0.16667	2.7500	2° 21'	2.7085	2° 23'	0.10000	2° 18'
3	2	0.25000	3.0000	3° 19'	2.9567	3° 22'	0.15000	3° 12'
3 1/2	2	0.25000	3.5000	2° 48'	3.4532	2° 51'	0.15000	2° 43'
4	2	0.25000	4.0000	2° 26'	3.9500	2° 28'	0.15000	2° 22'
4 1/2	2	0.25000	4.5000	2° 8'	4.4470	2° 10'	0.15000	2° 6'
5	2	0.25000	5.0000	1° 55'	4.9441	1° 56'	0.15000	1° 53'

FUENTE: Colin Carmichael (Ed.): *Kent's Mechanical Engineer's Handbook*, 12a. Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1960.

Para propósito general y clases centradas 2C, 3C y 4C, diámetro de paso básico $E = D - h$; diámetro básico menor $K = D - 2h$.

Para clases centradas 5C y 6C, diámetro de paso básico $E = B - h$; diámetro básico menor $K = B - 2h$.

Para rosca Acme truncada, diámetro de paso básico $E = D - h'$; diámetro básico menor $K = D - 2h'$.

1.2 Torques para Tornillos de Potencia

Cuando se trata de calcular torques se debe diferenciar entre el torque consumido por el sistema y el torque disponible. El torque consumido por el sistema es el necesario para efectuar el trabajo requerido (en el caso de los elevadores seria el torque para elevar un automotor), Y el torque disponible es el máximo torque entregado por el sistema (en el caso del elevador seria el torque para condiciones de carga máxima).

La transmisión de un torque entre los componentes de un sistema se ve afectada por la eficiencia del elemento acoplante o transmisor, por lo que el torque disponible en cada punto del sistema disminuirá entre el elemento motor y el elemento actuador. Para calcular el torque transmitido se utilizan las siguientes relaciones según las unidades de potencia utilizadas en cada caso.

$$T[kg - cm] = 72600 \frac{HP}{N}$$

$$T[kg - cm] = 71620 \frac{CV}{N}$$

$$T[lb - plg] = 63000 \frac{HP}{N}$$

donde, T = Torque a transmitir

HP = Potencia en Horse Power

CV = Potencia en Caballos de vapor

N = Eficiencia del elemento acoplante o transmisor

Para el caso de los TP se calcula el torque requerido basados en la carga y su dirección, los coeficientes de fricción y la geometría del TP. En la siguiente Tabla se presentan las relaciones utilizadas para calcular los torques de subida y bajada en los TP.

Tabla 23. Torques requeridos en TP

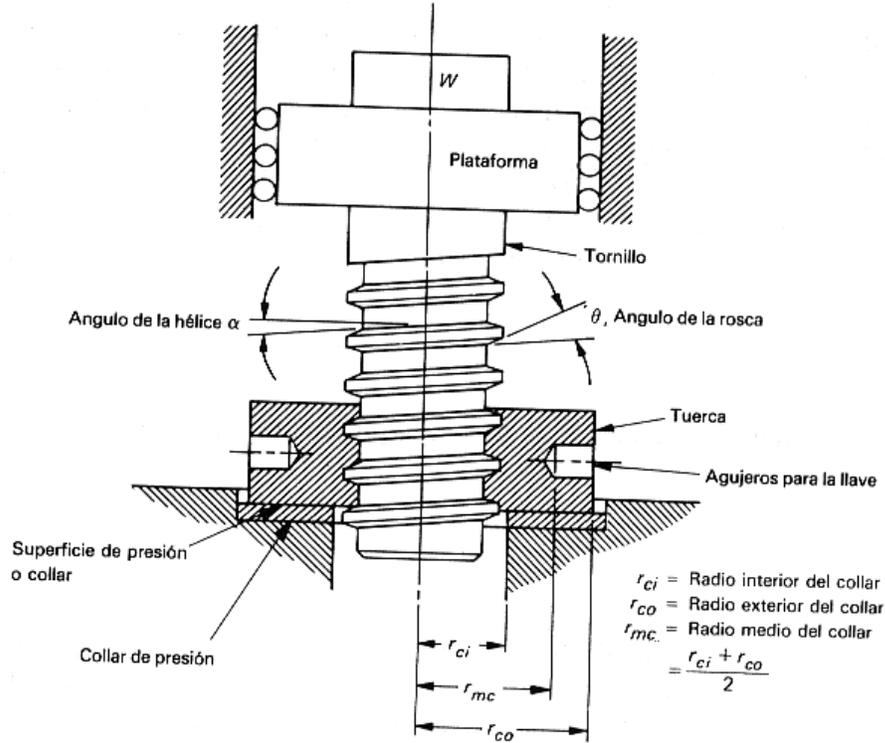
Torque de Subida	Torque de Bajada
$T_R = \frac{d_m \cdot W}{2} \left[\frac{\mu_s + \cos \theta_n \cdot \tan \alpha}{\cos \theta_n - \mu_s \cdot \tan \alpha} \right] + \frac{d_{mc} \cdot \mu_c \cdot W}{2}$	$T_L = \frac{d_m \cdot W}{2} \left[\frac{\mu_s - \cos \theta_n \cdot \tan \alpha}{\cos \theta_n + \mu_s \cdot \tan \alpha} \right] + \frac{d_{mc} \cdot \mu_c \cdot W}{2}$
<p>donde,</p> <p style="margin-left: 40px;">$\tan \theta_n = \cos \alpha \cdot \tan \theta$</p> <p style="margin-left: 40px;">W = Carga a elevar</p> <p style="margin-left: 40px;">d_{mc} = Diámetro medio del collar de presión</p> <p style="margin-left: 40px;">μ_s = Coeficiente de fricción dinámico entre la tuerca y el tornillo</p> <p style="margin-left: 40px;">μ_c = Coeficiente de fricción entre la superficie de presión y la que soporta al tornillo</p> <p style="margin-left: 40px;">θ = Angulo de la rosca</p> <p style="margin-left: 40px;">α = Angulo de la hélice</p> <p>Las características y dimensiones básicas se muestran en la Figura 56</p>	

1.3 Tornillos Autobloqueantes

Un tornillo autobloqueante es aquel que permite sostener la carga sin la aplicación externa de torque. Se puede verificar que un tornillo es autobloqueante evaluando que se cumpla lo siguiente:

$$\frac{\mu_s}{\cos \theta_n} > \tan \alpha$$

Figura 56 Dimensiones Características en los Tornillos de Potencia



1.3.1 Eficiencia en Tornillos de Potencia

La eficiencia (N) de los TP depende del ángulo de la hélice y del coeficiente de fricción por el deslizamiento entre tuerca y tornillo. Las eficiencias promedio para estos elementos están entre el 30 y 70 % y se calculan mediante la siguiente expresión:

$$N = \frac{T_{s1}}{T_{s2}} = \frac{d_m \cdot \tan \alpha}{d_m \left[\frac{\mu_s + \cos \theta_n \cdot \tan \alpha}{\cos \theta_n - \mu_s \cdot \tan \alpha} \right] + d_{mc} \mu_c}$$

Si se desprecia la fricción en el collarín, $\mu_c = 0$

El coeficiente de fricción en los TP depende de su lubricación, acabado superficial, tolerancia, alineamiento y distribución de carga, en la Tabla 24 se listan los coeficientes de fricción dinámicos para los materiales más comunes, usados en TP.

Tabla 24. Coeficientes de Fricción μ_s y μ_c

Material de la Tuerca	Material de Tornillo			
	Acero	Latón	Bronce	Hierro Colado
Acero (seco)	0.15* – 0.25	0.15 – 0.23	0.15 – 0.19	0.15 – 0.25
Acero (Lubricado)	0.11 – 0.17	0.10 – 0.16	0.10 – 0.15	0.11 – 0.17
Bronce	0.08 – 0.12	0.04 – 0.60	-----	0.06 – 0.09

* Los valores máximos se usan cuando la manufactura es deficiente, los valores mínimos cuando es buena, y los intermedios dependiendo de la calidad de la misma.

Para obtener los coeficientes de fricción estáticos (μ_{est}) se debe multiplicar el valor de la tabla (según el caso) por 1.33

1.3.2 Esfuerzos en Tornillos de Potencia

Los tornillos de potencia debido a sus aplicaciones en transmisión de potencia y se ven sometidos a altas cargas que generan diversos esfuerzos que deben ser evaluados durante su diseño. A continuación se resumen los esfuerzos a que se someten los TP y las relaciones que permiten calcularlos.

Tabla 25 Esfuerzos en Tornillos de Potencia

Esfuerzo	Descripción	Evaluación	Significado
Aplastamiento	Aplastamiento producido entre las superficies de contacto tuerca - tornillo	$\sigma_B = \frac{W}{\pi \cdot d_m \cdot h \cdot n}$	$W =$ Carga $n =$ número de cuerdas en contacto
Flexión en la rosca	Flexión debido a la carga	$\sigma_b = \frac{3 \cdot W \cdot h}{\pi \cdot d_m \cdot n \cdot b}$	$h =$ Altura de la tuerca $b =$ Ancho de la cresta sobre el diámetro de raíz
Cortante en la rosca	Cortante debido a la carga	$\tau_{tornillo} = \frac{3 \cdot W}{2 \cdot \pi \cdot d_r \cdot n \cdot b}$ $\tau_{tuerca} = \frac{3 \cdot W}{2 \cdot \pi \cdot d_0 \cdot n \cdot b}$	$d_0 =$ Diámetro mayor del tornillo $d_m =$ Diámetro medio del tornillo $d_r =$ Diámetro de raíz del tornillo
Tensión o Compresión	Esfuerzo normal producido por la carga	$\sigma = \frac{W}{A} = \frac{W}{\frac{\pi}{4} \left(\frac{d_r + d_p}{2} \right)^2} *$	$d_p =$ Diámetro de paso del tornillo

Esfuerzo	Descripción	Evaluación	Significado
Cortante por Torsión	Esfuerzo cortante debido al torque	$\tau_{\text{tornillo}} = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d_r^3}$	T = Torque aplicado al tornillo

*Cuando la longitud soportada es corta (menor a 8 diámetros) o el tornillo trabaja solo a tensión, si se quiere ser conservativo se puede calcular el área solo en función de d_r .

Las Presiones de diseño por aplastamiento recomendadas en Tornillos de Potencia se listan en la Tabla 26.

Para aplicaciones en elevadores de automotores los TP se utilizan solo bajo cargas a tensión, ya que la longitud no soportada es muy alta y resulta muy costoso usarlos como columna debido a que se requiere un mayor diámetro.

Los TP que trabajan a tensión se diseñan usando la teoría del máximo esfuerzo cortante τ_{max} (bajo consideraciones estáticas), la cual considera la carga combinada (axial y de torsión).

$$\tau_{\text{max}} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} = \sqrt{\left(\frac{W}{2A}\right)^2 + \left(\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d_r^3}\right)^2} = \frac{S_{ys}}{N_{dis}}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_r + d_p}{2}\right)^2$$

donde, W = Carga a elevar

A = Área transversal del TP

T = Torque aplicado al tornillo

d_r = Diámetro de raíz del tornillo

d_p = Diámetro de paso del tornillo

S_{ys} = Limite elástico del material

N_{dis} = Factor de diseño (factor de seguridad)

Tabla 26 Presiones de Diseño por Aplastamiento para Tornillos

Tipo de servicio	Material		Presión de diseño por aplastamiento lb/plg ²	Velocidad de rozamiento en el diámetro medio de la rosca
	Tornillo	Tuerca		
Prensa manual	Acero	Bronce	2500-3500	Vel. baja, bien lubricado
Tornillo de gato	Acero	Hierro vaciado	1800-2500	Vel. baja, no mayor a 8 pies/min
Tornillo de gato	Acero	Bronce	1600-2500	Vel. baja, no mayor a 10 pies/min
Tornillo para elevación	Acero	Hierro vaciado	600-1000	Vel. media, 20 a 40 pies/min
Tornillo para elevación	Acero	Bronce	800-1400	Vel. media, 20 a 40 pies/min
Tornillo de avance	Acero	Bronce	150-240	Vel. alta, 50 pies/min y mayor

2 DISEÑO DE TRANSMISIONES POR BANDAS TRAPEZOIDALES

Para diseñar una transmisión por bandas en V se debe conocer:

- La potencia requerida
- La velocidad del motor
- La velocidad de la maquina
- Distancia entre centros de las poleas

Luego se procede como se indica a continuación:

- Hallar la potencia de diseño

$$Pot_{Dis} = F_s \times Pot_{req}$$

Donde:

Pot_{Dis} = Potencia de diseño

F_s = Factor de Servicio

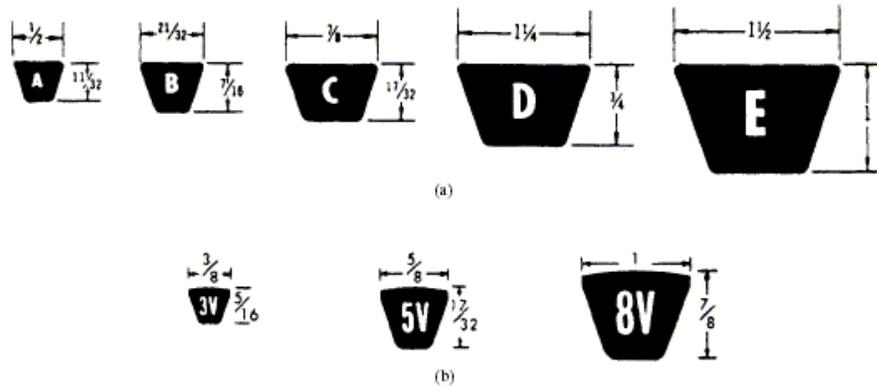
Pot_{req} = Potencia requerida

Los factores de servicio para trabajo pesado se listan a continuación:

- Servicio intermitente (3 a 5 h diarias): F_s = 1.0 a 1.3
- Servicio Normal (8 a 10 h diarias): F_s = 1.3 a 1.5
- Servicio Continuo (18 a 24 h diarias): F_s = 1.3 a 1.8

- f. Seleccionar la banda apropiada de la Figura 57, iniciando tentativamente con las bandas A o B que son las mas adecuadas para aplicaciones de baja potencia (<10 HP).

Figura 57 Secciones de Bandas en V



- g. Calcular la relación de transmisión o de velocidades
- h. Seleccionar el diámetro de las poleas
- Usar un diámetro estándar para la polea grande
 - Obtener la velocidad de la banda:

$$R_s = \frac{1}{3,82} \times \text{Diámetro}_{\text{polea}} \times \text{rpm}_{\text{polea}}$$

Comprobar que la velocidad no excede de 6500 ft/min para bandas en V serie delgada y de 6000 ft/min para bandas en V normales (tipos A a la E).

- i. Calcular una longitud tentativa para la banda, usando la distancia entre centros seleccionada

$$L = 1,57 \cdot (D + d) + (2 \cdot d_c)$$

Donde:

D = Diámetro de la Polea Grande, in

d = Diámetro de la polea pequeña, in

d_c = Distancia entre centros de las poleas

- j. Seleccionar de un catalogo la banda que posea la longitud más cercana a la obtenida en el paso anterior y recalculer la distancia entre centros mediante la siguiente ecuación:

$$C = 0,0625 \cdot \left(b + \sqrt{b^2 - 32(D - d)^2} \right)$$

donde:

$$b = 4L - 6,28(D - d)$$

L = Longitud de la Banda, in

Nota: la longitud de las bandas en transmisiones con más de dos poleas es determinado geoméricamente.

- k. Hallar el número de correas requeridas.
- De catálogos de fabricantes se puede obtener la potencia transmitida por banda.
 - Dividir la potencia de diseño entre la potencia por banda para obtener el número de bandas requeridas. Se debe tomar un número de bandas inmediatamente superior al hallado.

La selección del tipo de banda también puede realizarse a partir de la Figura 58 y Figura 59, cuando la potencia de diseño y la velocidad del eje más rápido son conocidas

Figura 58 Selección del Tipo de Banda (a)

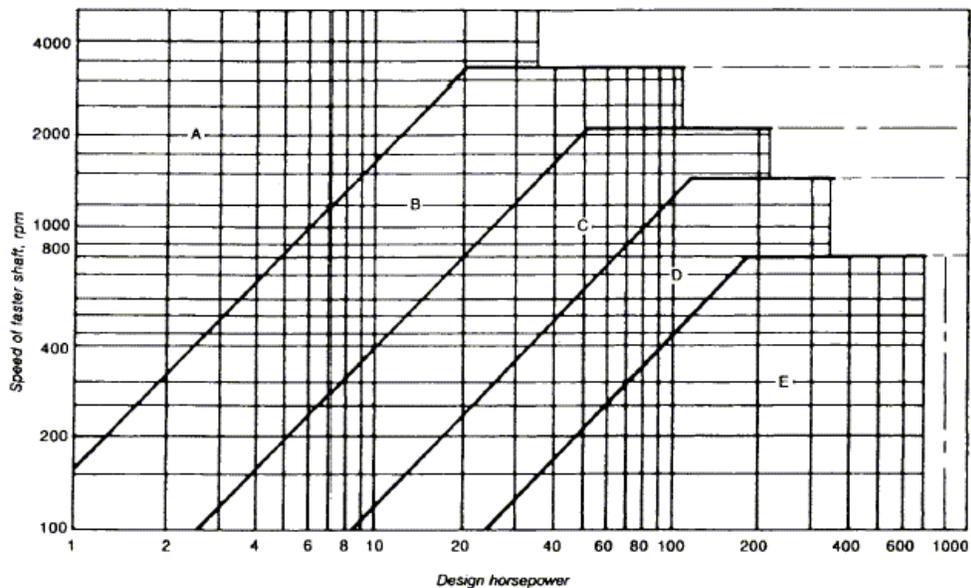
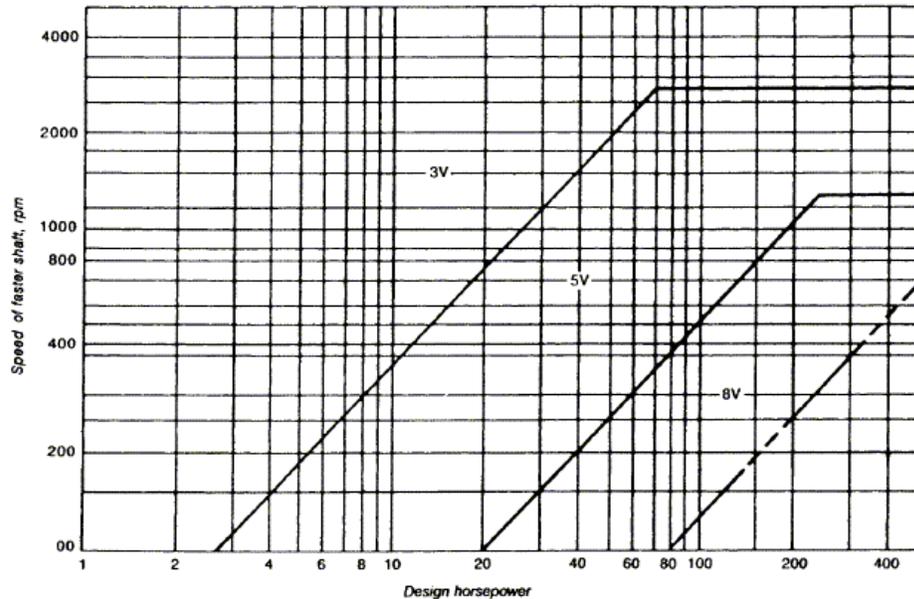


Figura 59 Selección del Tipo de Banda (b)

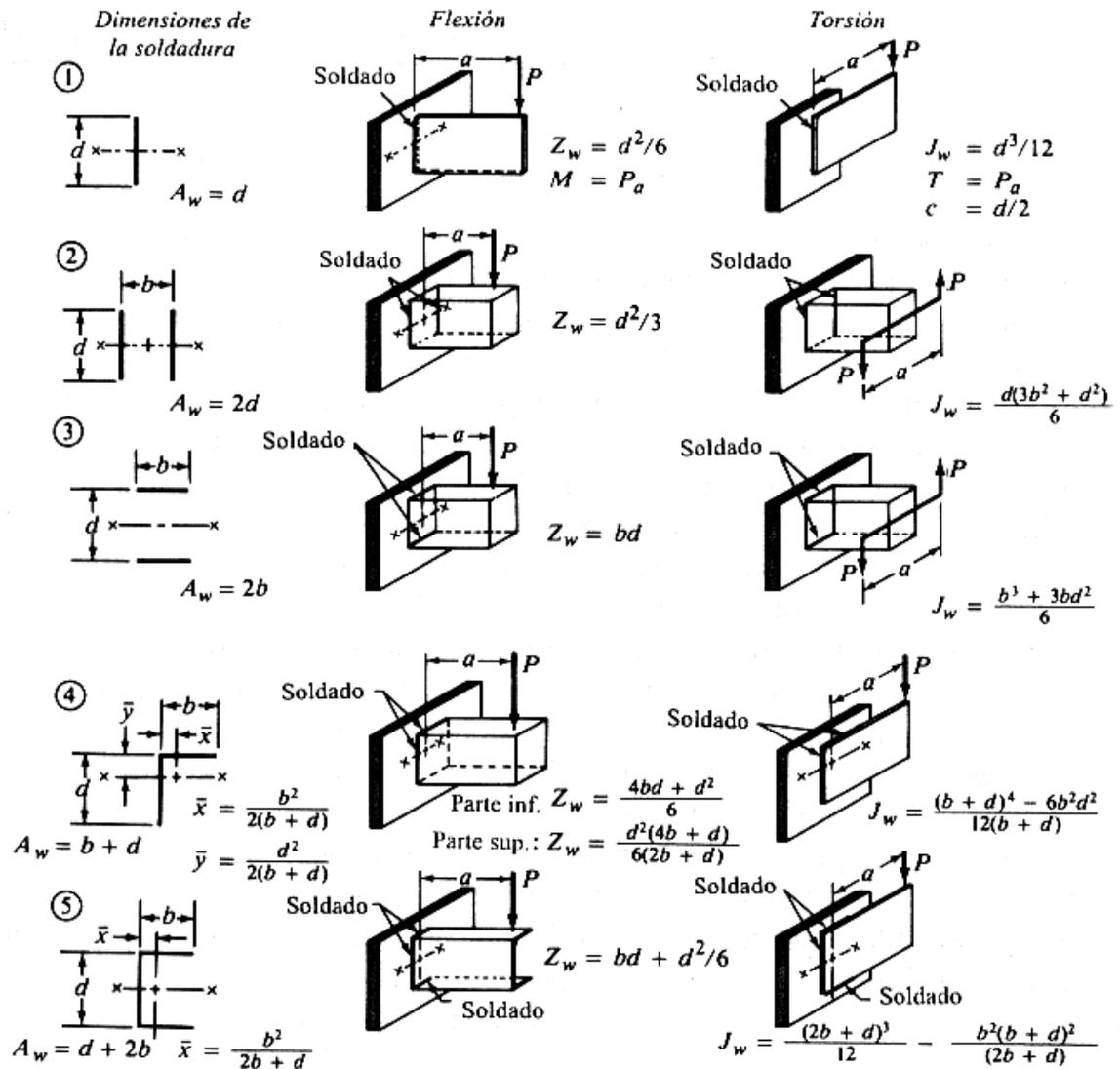


3 DISEÑO Y CALCULO DE JUNTAS SOLDADAS

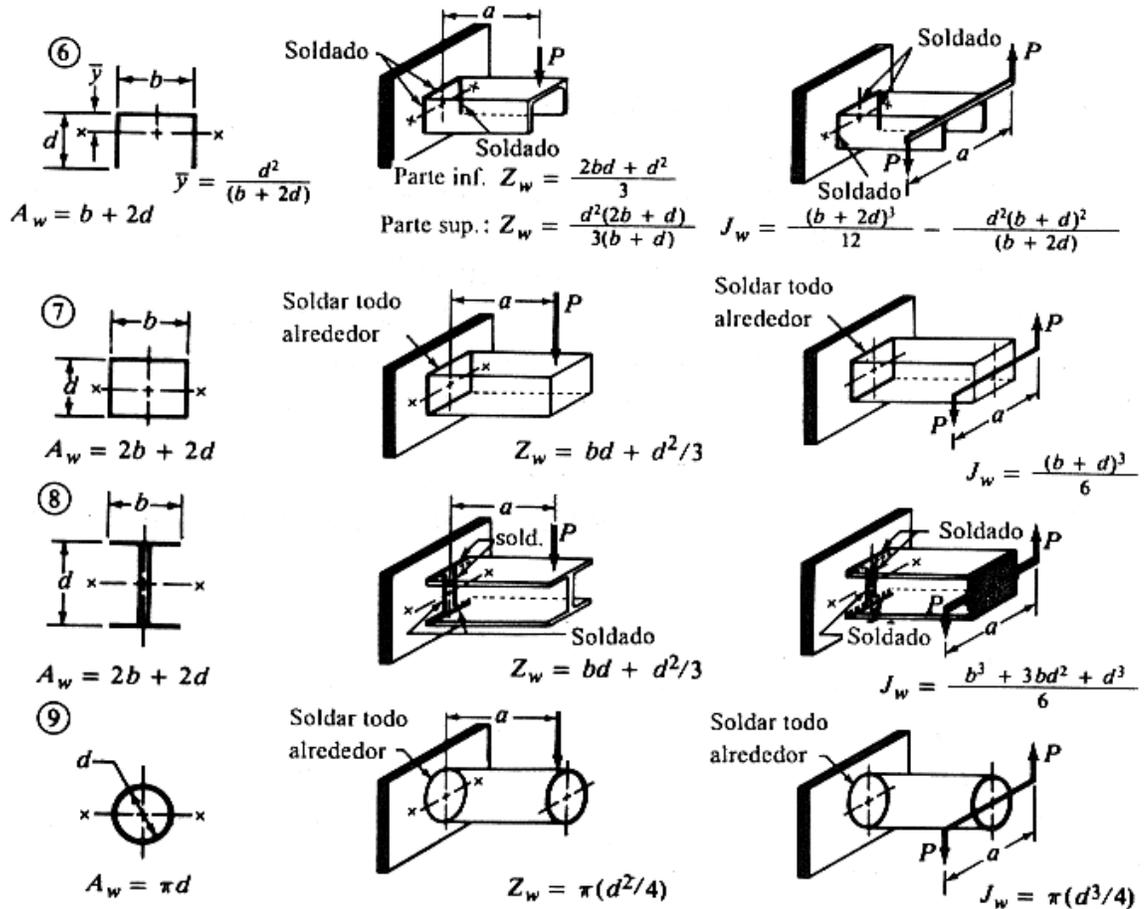
Para el diseño de juntas soldadas se debe considerar:

- La forma de aplicación de la carga en la junta: Esta puede ser distribuida o puntual y determina el estado de esfuerzos a los cuales se ve sometida la junta.
- Los materiales de la junta: Se incluye el material base y el de aporte cuando es requerido por el proceso de soldadura, y limitan los esfuerzos máximos permisibles en la junta. En el ANEXO B se presentan algunos materiales típicos utilizados en estructuras metálicas y los electrodos recomendados.
- La geometría de la junta: Hace referencia a la forma en que se enlazan los miembros a soldar, permitiendo una junta adecuada que permita distribuir el flujo de esfuerzos y obtener una junta resistente. En la Figura 60 se presenta la geometría típica en juntas soldadas y se detallan factores de análisis para su diseño.

Figura 60 Geometría y Elementos de Análisis en Soldaduras



Continuación: Figura 60 Geometría y Elementos de Análisis en Soldaduras



3.1 Tipos de Soldadura

La soldadura se denomina en tipos según la geometría de los bordes de las partes a ensamblar, incluyendo la preparación de la superficie a soldar (ver Figura 61).

3.2 Tamaño de Soldadura

Para las soldaduras a tope con penetración completa (como las mostradas en la tercera fila de la Figura 61, se obtienen juntas soldadas con mayor resistencia a la brindada por el material base¹³, por lo cual no se requiere de análisis adicionales a los realizados para los miembros estructurales.

¹³ MOTT, Op. Cit., p. 767.

Las soldaduras en chaflán o filete se aplican normalmente en ángulos rectos de lados iguales y el tamaño del cordón de soldadura es indicado por la longitud del lado.

Una soldadura de chaflán que se somete a fuerzas de corte tendera a fallar a lo largo de la dimensión más corta de la sección de cordón, que es la línea a partir de la raíz hasta la cara teórica de la soldadura y normal respecto a esta cara. La longitud de esta línea es de $0.707w$, donde w es la dimensión del lado.

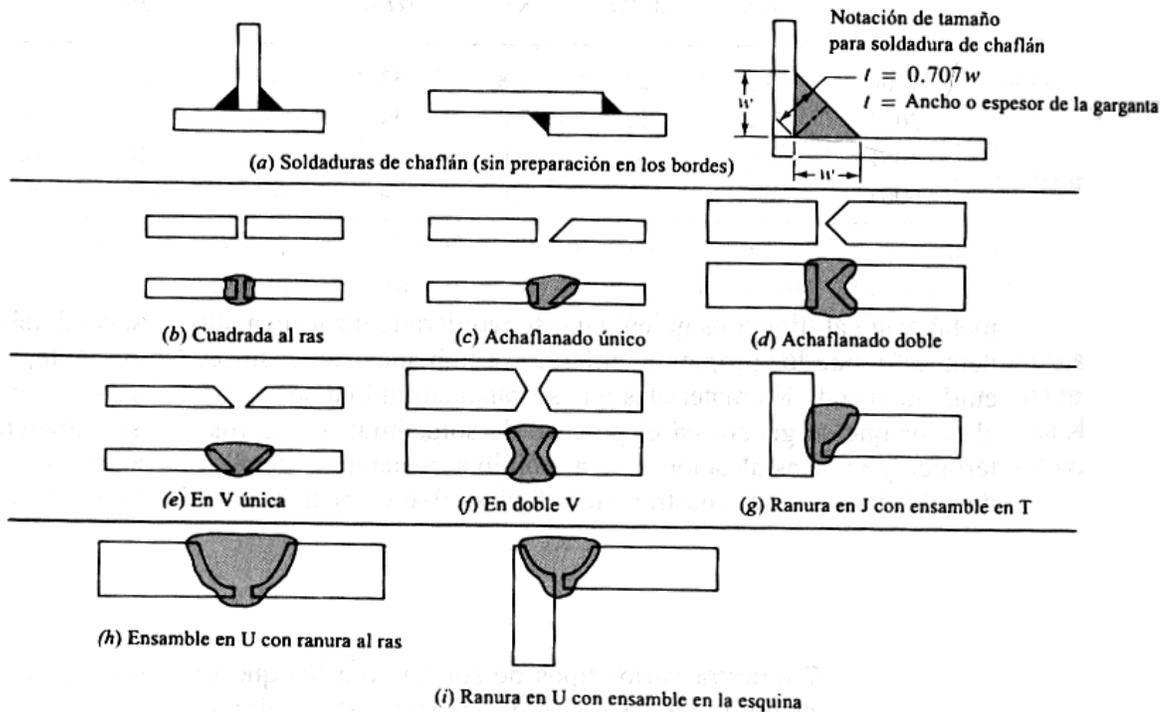
El diseño de una junta tiene por objeto determinar la longitud de los lados del chaflán, la forma del cordón y su longitud. Para esto se puede utilizar el Método que trata la soldadura como una línea que no posee espesor e implica determinar la fuerza máxima por pulgada de longitud de lado soldado.

En la Tabla 27 se listan la tensión por esfuerzo de corte permisible y la fuerza por pulgada para las combinaciones más comunes de material base y electrodo. En general se considera que para cargas cíclicas que puedan inducir fallas por fatiga se de considerar una disminución del 10% para la fuerza permisible por pulgada de lado.

Tabla 27 Tensiones por Esfuerzo De Corte Permisibles y Esfuerzos en Soldaduras

Aplicación	Metal Base ASTM	Electrodo Recomendado	Tensión por Esfuerzo de Corte Permisible psi	Fuerza Permisible por Pulgada de Lado lb/pulg
Estructuras Tipo Edificio (Cargas Estáticas)	A36 A441	E60	13600	9600
		E70	15800	11200
Estructuras Tipo Puente (Cargas Cíclicas)	A36 A441 A242	E60	12400	8800
		E70	14700	10400

Figura 61 Tipos de Soldadura (según geometría de los bordes a ensamblar)



3.3 Metodo de Cálculo Para Juntas Soldadas

Al diseñar una junta se consideran cuatro tipos de cargas según el esfuerzo que producen en la junta soldada. Para dar tratamiento y diseñar la junta se consideran los cordones como una línea permitiendo calcularla de manera similar a como se calculan los miembros estructurales.

Se debe analizar la junta para cada carga en forma independiente, determinando la fuerza por pulgada de longitud de cordón y luego combinar estas cargas vectorialmente para obtener la fuerza máxima. Esta fuerza máxima se compara con los límites establecidos en la Tabla 27 para determinar el tamaño del cordón.

Para evaluar la fuerza por pulgada se utilizan las siguientes relaciones, las cuales incluyen los términos A_w , Z_w y J_w que dependen de la geometría de la junta y son descritos en la Figura 60.

- Tensión directa o Compresión: $f = P/A_w$
- Corte vertical directo: $f = V/A_w$

- Flexión: $f = M/Z_w$
- Torsión: $f = T_c/J_w$

Resumen del Método para Tratar la Soldadura como una Línea

- Definir la geometría de la junta y el diseño de los miembros a ensamblar.
- Identificar los tipos de tensiones a los que se halla sujeta la junta, flexión, torsión, corte vertical, tensión directa o compresión.
- Determinar la magnitud y el sentido de la fuerza en la soldadura debido a cada carga.
- Combinar las fuerzas vectorialmente en el punto donde las fuerzas parecen alcanzar su máximo.
- Dividir la fuerza máxima en la soldadura entre la fuerza permisible dada en la Tabla 27.

Cuando se sueldan placas de gran espesor se recomienda utilizar los tamaños mínimos de cordón dados en la Tabla 28.

Tabla 28 Tamaños Mínimos de Soldadura para Placas de Gran Espesor

Espesor de la Placa pulg	Tamaño mínimo de lado para soldadura de chaflán pulg
$\leq 1/2$	3/16
$1/2 - 3/4$	1/4
$3/4 - 1 1/2$	5/16
$1 1/2 - 2 1/4$	3/8
$2 1/4 - 6$	1/2
> 6	5/8

4 ESTRUCTURA O BASTIDOR DE MAQUINAS

El diseño de la estructura de una maquina es en gran medida un arte, ya que requiere de acomodar los componentes de la misma, con la limitante de colocar

los soportes o elementos estructurales donde no interfieran con el funcionamiento de la maquina y permitan el acceso para su montaje o mantenimiento.

4.1 Factores para el Diseño de Estructuras de Maquinas

Debido a la infinidad de detalles de diseño para bastidores y estructuras de maquinas se listan a continuación los factores a tener en cuenta durante la ejecución de un diseño de estructura:

- Fuerzas que ejercen los componentes de la maquina a través de los puntos de montaje como cojinetes, pivotes, abrazaderas y bases de otros elementos mecánicos.
- Forma en que se soporta la propia estructura.
- Precisión del sistema; deflexión permisible de los componentes
- Cantidades que se van a producir e instalaciones disponibles
- Disponibilidad de herramientas analíticas como análisis de tensiones por computadora y análisis experimental de tensiones.
- Relaciones con otras maquinas muros y demás.

De lo anterior puede concluirse que gran parte del diseño dependen del criterio del diseñador, quien puede ejercer mayor control sobre aspectos tales como la selección del material, la geometría de las partes que soportan cargas y el proceso de fabricación.

4.1.1 Materiales

Un diseño se puede realizar con varios materiales posibles con el fin de evaluar el rendimiento general.

La razón de resistencia a densidad a la que a veces se le llama resistencia específica, puede originar una selección diferente. Por tal motivo es que se utiliza aluminio, titanio y materiales compuestos en aeronaves, vehículos aeroespaciales y equipo para transporte.

La rigidez de una estructura, y no la resistencia, suele ser el factor determinante en el diseño. En estos casos la rigidez del material, indicada por su coeficiente de elasticidad, es el factor más importante, con lo cual se hace necesario evaluar la relación rigidez a densidad, llamada rigidez específica.

4.1.2 Sugerencias de Diseño para Resistir Flexión

La relación básica para obtener la deflexión de una viga dada es:

$$\Delta = \frac{P \cdot L^3}{K \cdot E \cdot I}$$

donde: P = Carga

L = Longitud entre soportes

E = Módulo de elasticidad del material de la viga

I = Momento de inercia de la sección transversal de la viga

K = Factor que depende de la forma en que se carga y se soporta la viga

Al analizar la anterior relación se obtiene la obvia conclusión que las carga y la longitud deben ser pequeñas y que E e I han de ser lo mas grande posible.

En resumen para obtener un diseño resistente a la flexión se recomienda:

- Mantener la longitud de la viga lo más corta posible y colocar las cargas cerca de los soportes.
- Maximizar el momento de inercia de la sección transversal en el sentido de la flexión. En general esto se logra colocando la mayor parte del material lo mas lejos posible del eje neutral de flexión, como en una viga de reborde ancho o en una sección rectangular hueca.
- Utilizar un material cuyo modulo de elasticidad sea alto.
- En lo posible utilizar extremos fijos para la viga.
- Considerar la deflexión lateral además de la deflexión en el sentido principal de la viga. Tales cargas pueden presentarse durante el proceso de fabricación, el manejo, embarque, uso poco adecuado o golpes adicionales.

- Evaluar en el diseño final la resistencia y rigidez. Algunos enfoques para mejorar la rigidez, incrementar I pueden incrementar la tensión en la viga debido a que se incrementa el modulo de la sección.
- Proporcionar apuntalamiento fijo en las esquinas de estructuras abiertas.
- Cubrir la sección abierta con un armazón o estructura de material laminado para resistir la distorsión.
- Considerar construcciones tipo armadura o entramado para obtener rigidez estructural con miembros livianos.
- En estructural de espacio abierto, utilizar riostras o apuntalamientos diagonales para dividir secciones en partes triangulares.
- Considere usar montantes de refuerzo para paneles de gran tamaño a fin de reducir la vibración y el ruido.
- Agregar riostras o apuntalamientos donde se aplican cargas o en los soportes para ayudar a transferir las fuerzas hacia los miembros adyacentes.
- Tener Cuidado con los miembros que soportan cargas provistos de rebordes extendidos que pueden colocarse en compresión. Es probable que se origine pandeo a nivel local, lo que se conoce como desgarramiento.
- En lo posible ubicar las conexiones en zonas de baja tensión.

4.1.3 Sugerencias de Diseño para Resistir a la Torsión

La torsión en un miembro de una estructura para una maquina se puede generar por diversos motivos: la superficie de soporte puede estar dispereja; una maquina o motor puede transmitir un torque de reacción hacia la estructura; una fuerza que actúa a un lado del eje de la viga o cualquier lugar lejos del centro de flexión de la viga, originará torsión.

La deflexión por torsión se evalúa a partir de la siguiente relación:

$$\theta = \frac{T \cdot L}{G \cdot R}$$

donde, T = Torque o momento de torsión aplicado.

L = Longitud a lo largo de la cual actúa el torque.

G = Modulo de Elasticidad ante esfuerzo de corte del material.

R =Constante de rigidez torsional.

Durante el diseño se debe elegir con cuidado la forma del miembro de torsión para obtener una estructura rígida, para lo cual se recomiendan las siguientes sugerencias:

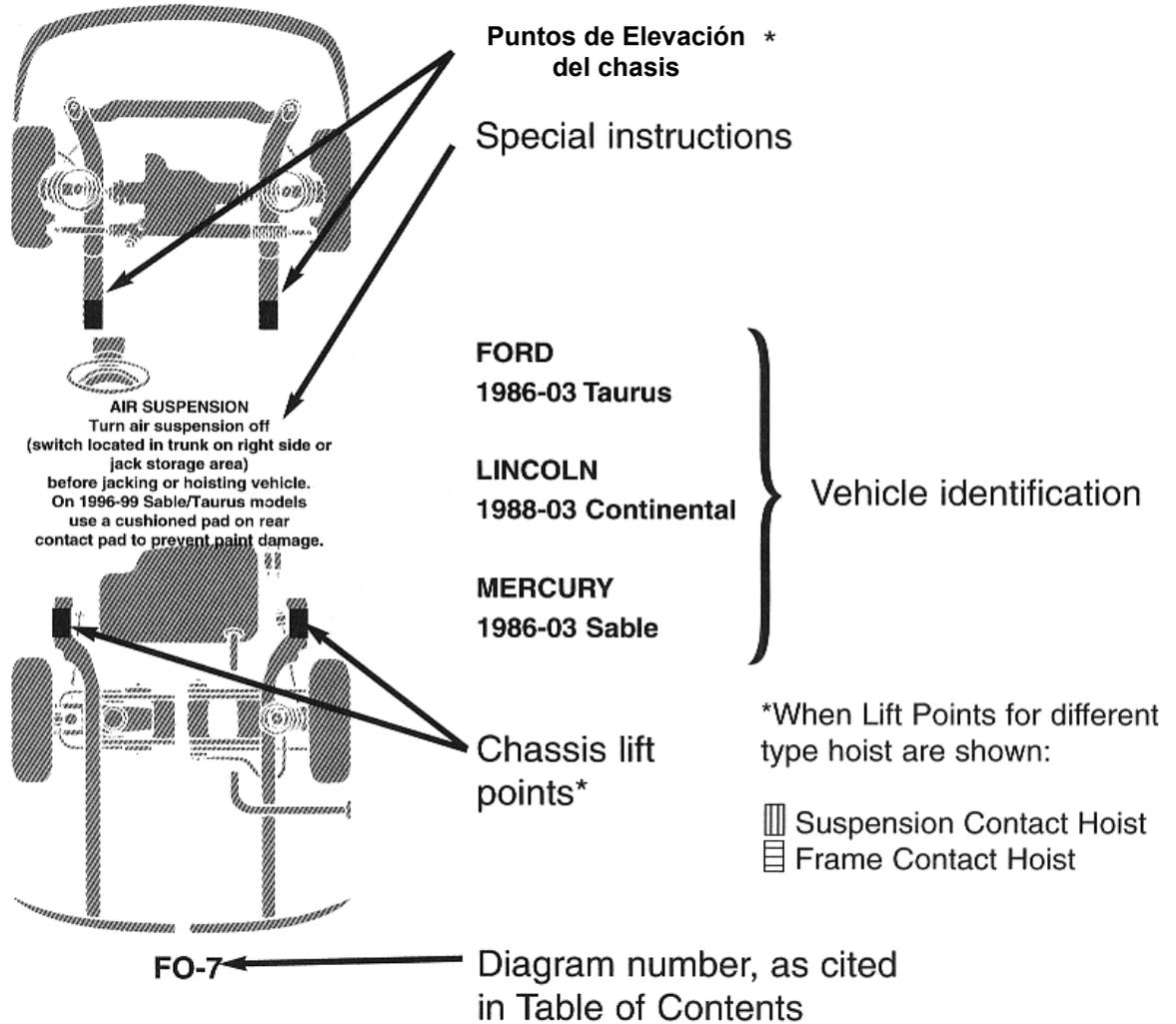
- En cuanto sea posible utilice secciones cerradas. Algunos ejemplos son barras sólidas con secciones transversales grandes, tuberías y ductos huecos, tubería rectangular o cuadrada cerrada, formas cerradas especiales similares a la de un tubo.
- Evitar secciones abiertas que se fabriquen con materiales delgados.
- En armazones anchos, abrazaderas, mesas, bases y demás, utilizar riostras diagonales colocadas a 45° a los lados de la estructura o armazón.
- Utilizar conexiones rígidas, como elementos soldados.

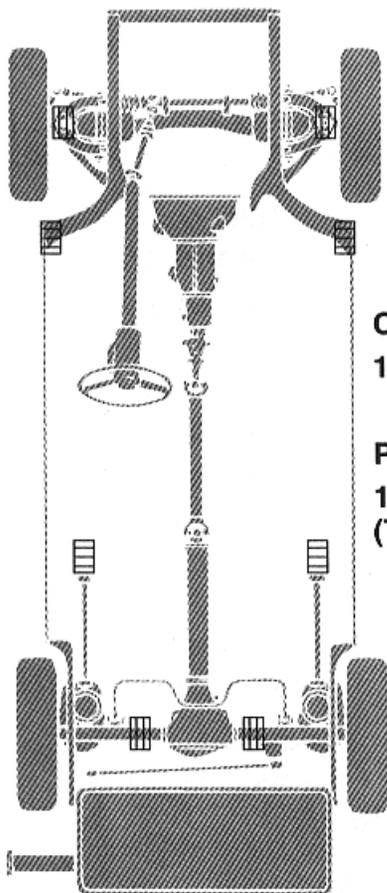
ANEXO B PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL
DISEÑO DEL ELEVADOR

Tabla 29 Propiedades de los Materiales

Componente	Materiales	Designacion	Sy		Su		E		ν	G	
			ksi	kgf/cm ²	ksi	kgf/cm ²	ksi	kgf/cm ²		ksi	kgf/cm ²
Tornillo	Acero	1045 CR	90	6327.7	103	7241.7	3.00E+05	2.11E+07	0.285	1.17E+05	8.207E+06
Tuerca	Bronce	C54400	57	4007.6	68	4781.0	1.40E+07	9.84E+08	0.330	5.26E+06	3.700E+08
Estructura	Acero	A36	36	2531.1	69	4850.0	3.00E+05	2.11E+07	0.285	1.17E+05	8.207E+06
Pernos	Acero	ASTM A325	92	6468.3	120	4850.0	3.00E+05	2.11E+07	0.285	1.17E+05	8.207E+06
Electrodo 7014	Acero	E-7014	63	4450.0	75	5250.0	3.00E+05	2.11E+07	0.285	1.17E+05	8.207E+06

ANEXO C PUNTOS DE ELEVACIÓN DE ALGUNOS VEHICULOS
COMERCIALIZADOS EN COLOMBIA

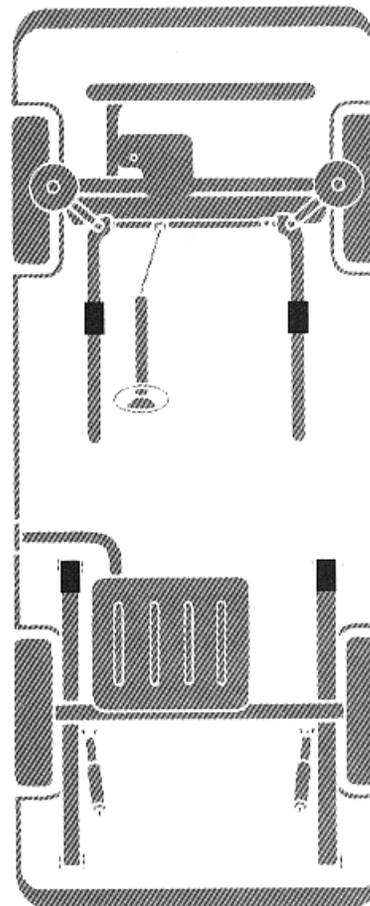




GM-1

CHEVROLET
1984-87 Chevette

PONTIAC
1984-87 Acadian,
(T)1000



GM-16

CHEVROLET
1985-88 Sprint

PONTIAC
1985-88 Firefly



Frame contact hoist pads must not contact fenders, floor pan or rocker panels. Position front hoist pads under front frame rail shipping slot reinforcement with long side of pad parallel to frame rails. Position rear hoist pads under rear frame shipping slot reinforcement with long side parallel to frame rails. Outer edge of rear hoist pad must be aligned with outer edge of frame rail shipping slot reinforcement outer edge.

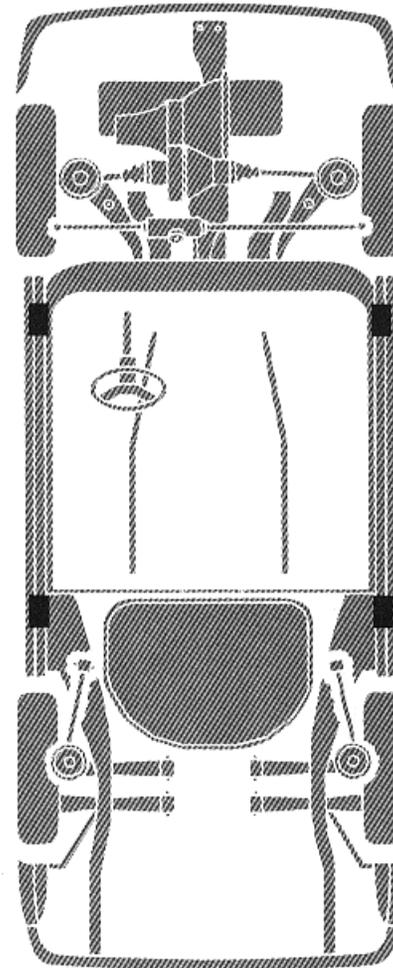
GM-34

CHEVROLET
1998-01 Metro

GEO
1989-97 Metro

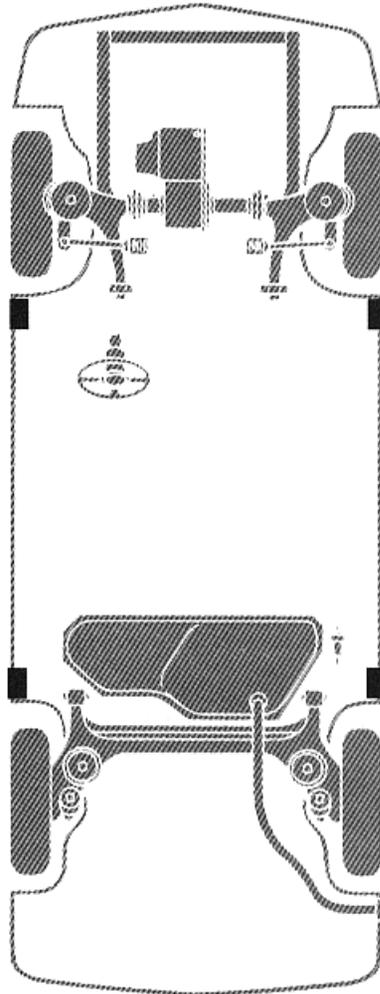
PONTIAC
1989-01 Firefly

SUZUKI
1989-01 Swift



SUZUKI
1995-02 Esteem

SI-2

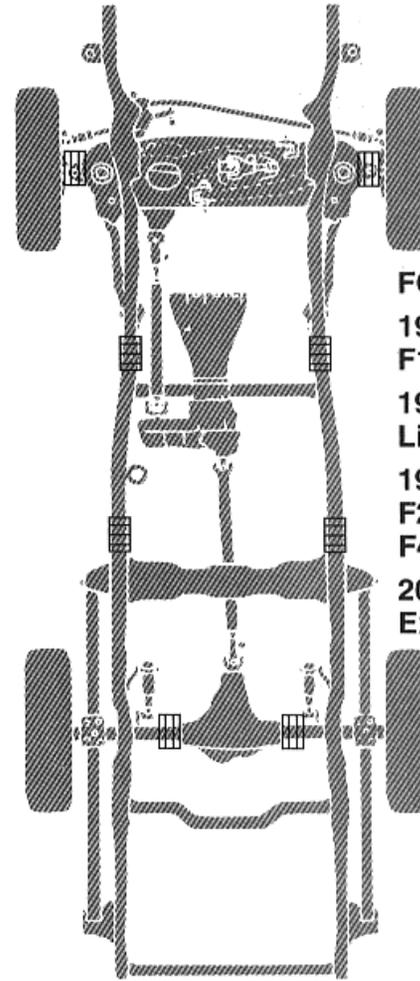


GM-19

DAEWOO
1998-02 Lanos

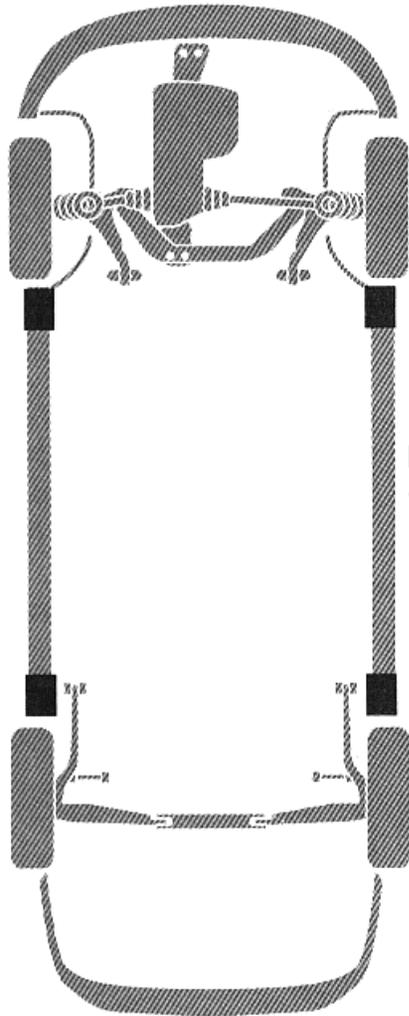
PASSPORT
1988-91 Optima

PONTIAC



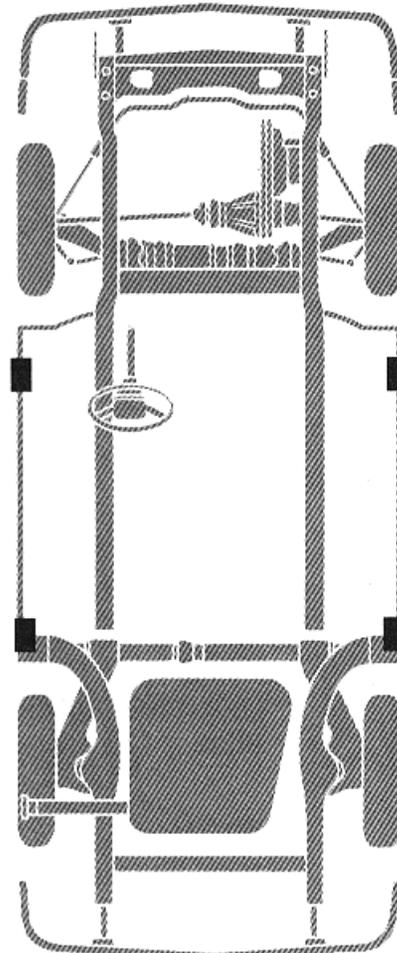
FT-4

FORD
1984-96
F100-350, Bronco
1993-95
Lightning
1997-03
F250HD, F350,
F450, F550 4WD
2000-03
Excursion



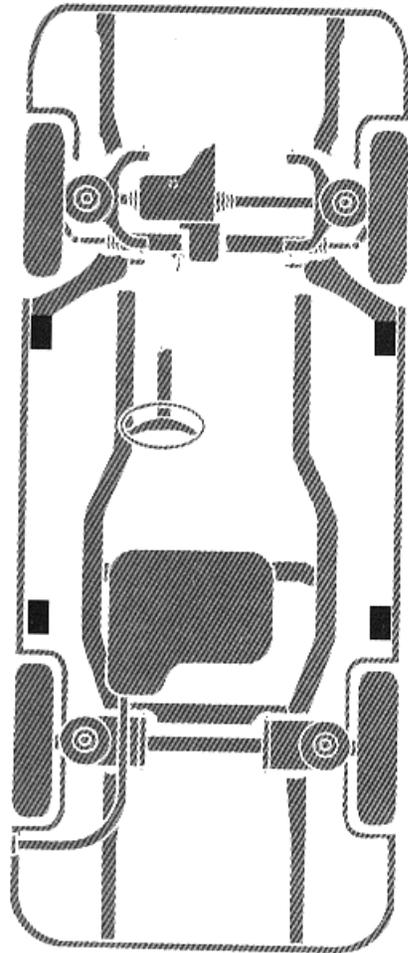
**HYUNDAI
1995-03 Accent**

HY-3



**HYUNDAI
1986-94 Excel
1991-95 Scoupe**

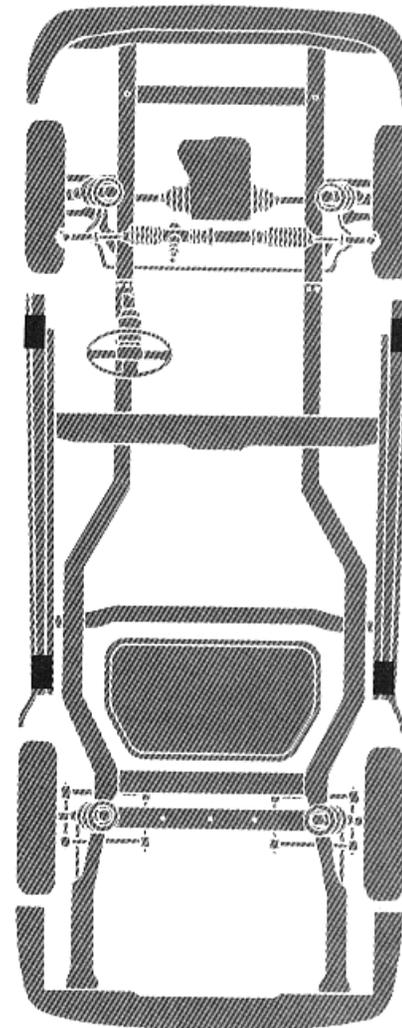
HY-1



2WD shown

MA-2

MAZDA
1984-85 GLC FWD
1986-02 323,
Protegé, MP3,
MX-3, Precidia



MAZDA
1984-02 626
1988-97 MX-6
2000-03 MPV

MA-3

ANEXO D COMPONENTES ESTANDAR PRINCIPALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO DEL ELEVADOR

MOTOR ELECTRICO

Motores trifásicos de 6 y 8 polos

Tensión conmutable 220/440V. Arranque directo a 220V ó 440V, en todos los tipos. Arranque estrella-triángulo a partir del tipo 1LA7 130 tanto a 220V como a 440V. Ejecución B3, totalmente cerrados (TEFC). - IP55 para toda la serie 1LA7 y tamaños constructivos superiores al 250M. **Los únicos aptos para ser accionados con Variador de Velocidad sin pérdida de potencia.**
Aislamiento tropicalizado, clase F.

Oct. 1/2003

No. de Depósito	Descripción							Precio Lista Unit. - Col. \$(*)
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; text-align: center; width: 150px;"> <p>¡Su motor es muy valioso! Protéjalo únicamente con productos Siemens: MICROMASTER Ver páginas 2/2 a 3/3</p> </div> <div style="text-align: center;">  1LA7 132 </div> <div style="text-align: center;">  1LA4 200 </div> </div>								
Tipo	Tamaño Constructivo	Potencia		FS	Corriente (A)			
		HP	KW		220V	440V		
VELOCIDAD 1.200 RPM (6 polos)								
01135	1LA7 072 - 6YA60	71	0.4	0.29	1.05	1.6	0.80	337.100
01137	1LA7 080 - 6YC60	80	0.6	0.45	1.05	2.4	1.20	398.800
01139 ²⁾	1LA7 082 - 6YA60	80	0.9	0.66	1.05	3.6	1.80	495.000
01140	1LA7 083 - 6YA60	80	1.0	0.74	1.15	4.2	2.10	577.700
01142	1LA7 090 - 6YA60	90	1.5	1.12	1.15	6.6	3.30	605.800
01143	1LA7 096 - 6YA60	90	2.0	1.50	1.15	7.8	3.90	694.500
01144	1LA7 112 - 6YA60	112	3.0	2.20	1.15	11.8	5.90	832.400
01145	1LA7 113 - 6YA60	112	4.0	3.00	1.15	15.0	7.50	929.100
01146	1LA7 130 - 6YA70	132 S/M	5.0	3.73	1.15	16.4	8.20	1.254.300
01147	1LA7 133 - 6YA70	132 S/M	7.5	5.60	1.15	26.0	13.0	1.420.600
01148	1LA7 135 - 6YA70	132 S/M	10	7.5	1.05	33.0	16.5	1.826.200
01149	1LA7 164 - 6YA70	160 M/L	15	11.2	1.15	47.4	23.7	2.546.500
01150	1LA7 167 - 6YA70	160 M/L	20	14.9	1.10	66.0	33.0	3.371.500

CONTACTORES

Contactores principales SIRIUS 3RT

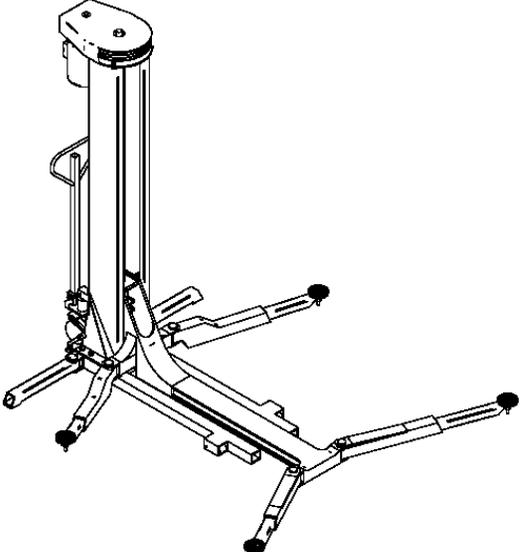
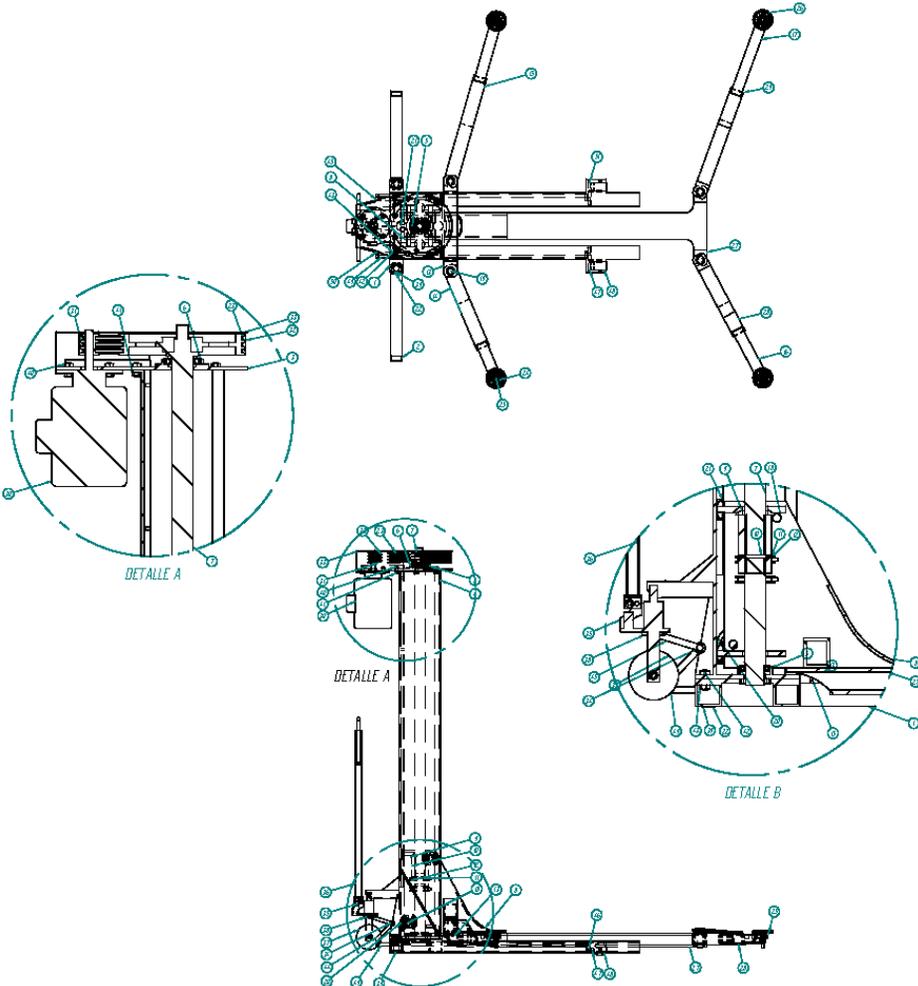
Cambio de contactos principales a partir de 32 Amperios (3RT1034 en adelante).



Oct. 1/2003

No. de Depósito	Descripción								Precio Lista Unit. - Col. \$(*)	
	  									
	<p>Tensión de mando (Bobinas): 110 Vac y 220 Vac, según se indica en la tabla Otras tensiones disponibles: 24, 48, 440 V. Favor indicar en el pedido¹⁾</p>									
	Tipo	Bobina	Tamaño	Intensidad (A)		Potencia del motor (HP)		Cont. Aux. Integrados		
				AC1	AC3	220 V	440 V			
	Contactores principales tripolares SIRIUS									
66208	3RT1015 - 1AF01	110 Vac	S00	18	7	2.0	4.0	1NA	104.300	
26801	3RT1015 - 1AN21	220 Vac	S00	18	7	2.0	4.0	1NA	104.300	
84835	3RT1023 - 1AG24	110 Vac	S0	40	9	3.0	6.0	2NA + 2NC	128.600	
26934	3RT1023 - 1AN24	220 Vac	S0	40	9	3.0	6.0	2NA + 2NC	128.600	
84836	3RT1024 - 1AG24	110 Vac	S0	40	12	4.0	9.0	2NA + 2NC	153.900	
26936	3RT1024 - 1AN24	220 Vac	S0	40	12	4.0	9.0	2NA + 2NC	153.900	
83739	3RT1025 - 1AG24	110 Vac	S0	40	17	6.0	12.0	2NA + 2NC	194.800	
26938	3RT1025 - 1AN24	220 Vac	S0	40	17	6.0	12.0	2NA + 2NC	194.800	
66211	3RT1026 - 1AG24	110 Vac	S0	40	25	9.0	18.0	2NA + 2NC	272.900	
26940	3RT1026 - 1AN24	220 Vac	S0	40	25	9.0	18.0	2NA + 2NC	272.900	
66212	3RT1034 - 1AG20	110 Vac	S2	50	32	12.0	20.0	2NA + 2NC	400.400	
26942	3RT1034 - 1AN24	220 Vac	S2	50	32	12.0	20.0	2NA + 2NC	400.400	
66214	3RT1035 - 1AG24	110 Vac	S2	60	40	15.0	30.0	2NA + 2NC	525.300	
26944	3RT1035 - 1AN24	220 Vac	S2	60	40	15.0	30.0	2NA + 2NC	525.300	
66216	3RT1036 - 1AG24	110 Vac	S2	60	50	20.0	40.0	2NA + 2NC	653.000	
26945	3RT1036 - 1AN24	220 Vac	S2	60	50	20.0	40.0	2NA + 2NC	653.000	
66217	3RT1044 - 1AG24	110 Vac	S3	100	65	25.0	50.0	2NA + 2NC	824.700	
26809	3RT1044 - 1AN24	220 Vac	S3	100	65	25.0	50.0	2NA + 2NC	824.700	
66218	3RT1045 - 1AG24	110 Vac	S3	120	80	30.0	60.0	2NA + 2NC	1.050.900	
26810	3RT1045 - 1AN24	220 Vac	S3	120	80	30.0	60.0	2NA + 2NC	1.050.900	
26811	3RT1046 - 1AN24	220 Vac	S3	120	95	35.0	75.0	2NA + 2NC	1.096.600	

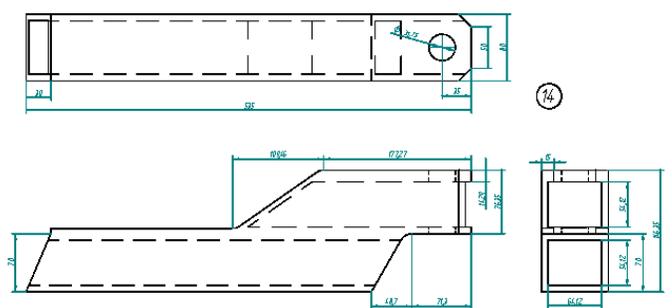
ANEXO E PLANOS DEL ELEVADOR



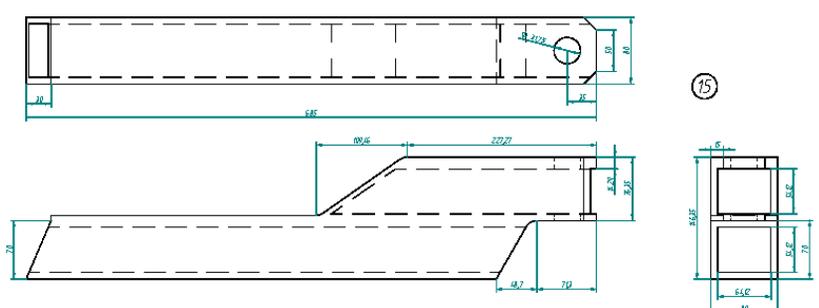
51	BRAS D1 DE DEVIATION	Acier AISI 304	1				
52	PROFILER D'ORIENTER DE DEVIATION	Acier AISI 304	4	D1	ORIENT	Acier	4
45	BRAS FLEXIBLE	Acier	Z	Z4	Support bras, gauche	Acier	4
46	BRAS FLEXIBLE	Acier AISI 304	Z	Z3	BRAS FLEXIBLE	Acier	1
47	BRAS D1 DE DEVIATION	Acier AISI 304	1	Z2	PROFILER PUNTS PUNTS D1	Acier	Z
48	PROFILER	Acier	Z	D1	PUNTS PUNTS D1	Acier	Z
49	BRAS D1 DE DEVIATION	Acier AISI 304	1	D1	PUNTS PUNTS D1	Acier	4
44	BRAS D1 DE DEVIATION	Acier AISI 304	1	D1	PROFILER PUNTS	Acier	4
43	TRAVAILLEUR	Acier	6	65	LES TRAVAILLEUR	Acier	Z
42	TRAVAILLEUR	Acier	6	17	TRAVAILLEUR	Acier	Z
41	TRAVAILLEUR	Acier	18	16	TRAVAILLEUR	Acier	Z
40	TRAVAILLEUR	Acier	18	15	TRAVAILLEUR	Acier	1
39	TRAVAILLEUR	Acier	6	14	TRAVAILLEUR	Acier	1
38	TRAVAILLEUR	Acier	1	13	TRAVAILLEUR	Acier	1
37	LES TRAVAILLEUR	Acier AISI 304	1	12	TRAVAILLEUR	Acier	1
36	TRAVAILLEUR	Acier	1	11	TRAVAILLEUR	Acier	Z
35	TRAVAILLEUR	Acier	1	10	TRAVAILLEUR	Acier	1
34	LES TRAVAILLEUR	Acier AISI 304	1	9	TRAVAILLEUR	Acier	1
33	TRAVAILLEUR	Acier	1	8	TRAVAILLEUR	Acier	1
32	TRAVAILLEUR	Acier	1	7	TRAVAILLEUR	Acier	1
31	TRAVAILLEUR	Acier	1	6	TRAVAILLEUR	Acier	1
30	TRAVAILLEUR	Acier	1	5	TRAVAILLEUR	Acier	1
29	TRAVAILLEUR	Acier	1	4	TRAVAILLEUR	Acier	1
28	TRAVAILLEUR	Acier	1	3	TRAVAILLEUR	Acier	1
27	TRAVAILLEUR	Acier	1	2	TRAVAILLEUR	Acier	Z
26	TRAVAILLEUR	Acier	4	1	TRAVAILLEUR	Acier	1
Résumé des pièces							
	Titre	Quantité	Quantité	Quantité	Titre	Quantité	Quantité

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

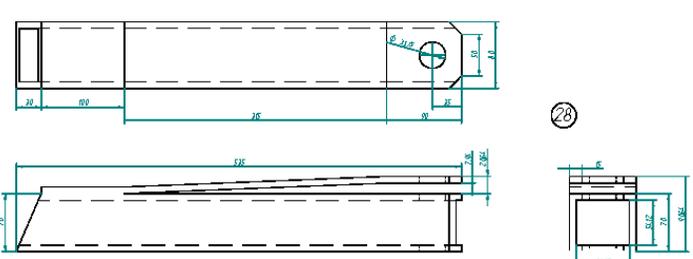
Éditéur	École de l'EST	Éditéur	École de l'EST
De l'Est	École de l'EST	De l'Est	École de l'EST
Éditéur	École de l'EST	Éditéur	École de l'EST
Niveau de l'Est		Niveau de l'Est	
École		École	
Éditéur		Éditéur	



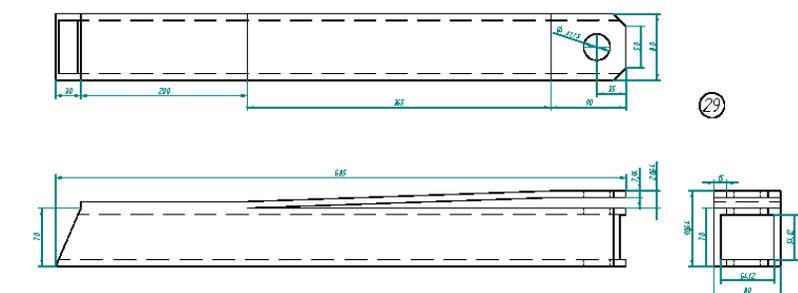
14



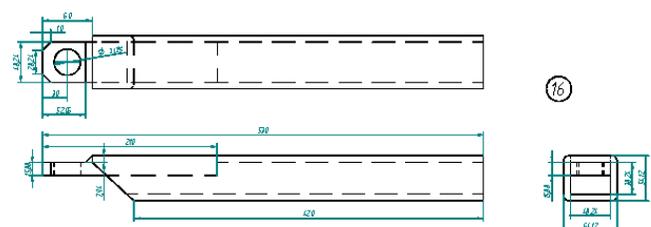
15



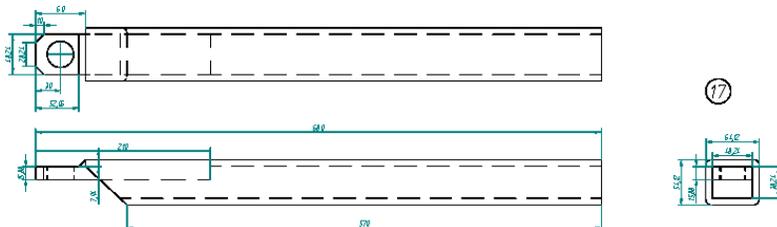
18



19



16



17

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Skema	Skema 1811 S47D1	INSTRUKSI JAWABAN & SWAKOR
Daftar	Skema 1811 S47D1	INSTRUKSI JAWABAN & SWAKOR
Revisi	Revisi 17 dan 200	INSTRUKSI JAWABAN & SWAKOR
Page No. dan Total		Page 1 dari 1
Revisi		Revisi 1-2

