

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DISEÑO DE UN ELEVADOR MOVIL CON CAPACIDAD DE 400 kg Y 6 m
DE ELEVACION PARA REALIZAR TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN
LA EMPRESA EL DETALLE SRL.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ZAPANA LORENZO CRISTHIAN ANDRES

Villa El Salvador

2018

DEDICATORIA

A mis queridos padres que se sacrifican por darme lo mejor en esta vida. Siendo ellos mi ejemplo de seguir por el camino del éxito.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por haberme guiado en el camino del bien y haberme dado salud para lograr mis objetivos. A mis maestros de la universidad, por sus adecuados consejos y disposición para guiarme a conseguir mi título profesional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	10
1.2. Justificación del Problema.....	11
1.3. Delimitación del Proyecto.....	11
1.4. Formulación del Problema.....	12
1.5. Objetivos.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	13
2.2 Bases Teóricas.....	18
2.3 Definición de términos básicos.....	35
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	
3.1.-Modelo de solución propuesto.....	38
3.2.-Resultados.....	49
CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	93

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA N°1: Plataforma elevadora móvil de brazo articulado	18
FIGURA N°2: Plataforma elevadora móvil de tipo tijera	20
FIGURA N°3: Líneas de vuelco de plataforma tipo 1	21
FIGURA N°4: Líneas de vuelco de plataforma tipo 3	21
FIGURA N°5: Líneas de vuelco de plataforma tipo 2 y 3 (combinada)	22
FIGURA N°6: Elevador Snorkel A46JRT	23
FIGURA N°7: Elevador Snorkel TM12E	23
FIGURA N°8: Elevador Bravi Sprint	24
FIGURA N°9: Elevador S1530E	25
FIGURA N°10: Procedimientos para diseñar nuevos productos	28
FIGURA N°11: Lista de exigencias o requerimientos	30
FIGURA N°12: Ejemplo de estructura de funciones	30
FIGURA N°13: Caja o matriz morfológica	31
FIGURA N°14: Escala de calificación de puntos	32
FIGURA N°15: Diagrama S	32
FIGURA N°16: Plataforma cara al obstáculo	34
FIGURA N°17: Ejemplo de cálculo de vuelco	34
FIGURA N°18: Momentos de inercia de formas geométricas	35
FIGURA N°19: Planta principal de la empresa El Detalle SRL	39
FIGURA N°20: Estructura de funciones.....	43
FIGURA N°21: Solución 1.....	45

FIGURA N°22: Solución 2.....	45
FIGURA N°23: Solución 3.....	46
FIGURA N°24: Diagrama S del diseño.....	49
FIGURA N°25: Distribución de carga a lo largo del mayor de los lados.....	52
FIGURA N°26: Distribución de carga a lo largo del menor de los lados.....	52
FIGURA N°27: Localización de cargas según norma.....	53
FIGURA N°28: Área de la plataforma más desfavorable	53
FIGURA N°29: Soporte y plancha estriada.....	56
FIGURA N°30: Barandas de seguridad	57
FIGURA N°31: Diagrama de ubicación del cilindro hidráulico	58
FIGURA N°32: Ubicación del cilindro con $\alpha = 7^\circ$	61
FIGURA N°33: Ubicación del cilindro con $\alpha = 60^\circ$	61
FIGURA N°34: Ubicación de la fuerza puntual en la estructura	66
FIGURA N°35: Trabajo virtual en la estructura	67
FIGURA N°36: Catálogo de productos hidráulicos industriales.....	70
FIGURA N°37: Ecuaciones de pandeo.....	71
FIGURA N°38: Cilindro hidráulico diferencial	73
FIGURA N°39: Catalogo de bombas de engranajes del fabricante Marzocchi	75
FIGURA N°40: Diagrama de bomba ALP2-16	76
FIGURA N°41: Diagrama de fuerzas en la estructura	77
FIGURA N°42: Diagrama de fuerzas en apoyos a y b	78
FIGURA N°43: Brazo de elevación “ae”.....	78
FIGURA N°44: Brazo de elevación “db”.....	79

FIGURA N°45: Brazo de elevación “dh”	80
FIGURA N°46: Brazo de elevación “ge”	80
FIGURA N°47: Brazo de elevación “gi”	81
FIGURA N°48: Brazo de elevación “kh”	81
FIGURA N°49: Brazos de elevación.....	83
FIGURA N°50: Elementos para determinar el centroide	86
FIGURA N°51: Localización del centro de gravedad en la plataforma.....	88

LISTADO DE TABLAS

TABLA N°1: Análisis del entorno empresarial	26
TABLA N°2: Análisis de costos en el mercado.....	26
TABLA N°3: Lista de requerimientos.....	42
TABLA N°4: Matriz o caja morfológica.....	44
TABLA N°5: Evaluación técnica.....	47
TABLA N°6: Evaluación económica.....	48
TABLA N°7: Pequeñas deflexiones	54
TABLA N°8: Masa total de plataforma de trabajo	56
TABLA N°9: Masa total de barandas	57
TABLA N°10: Carrera del cilindro hidráulico	62
TABLA N°11: Distancias y ángulos del cilindro hidráulico	65
TABLA N°12: Relación entre el factor de carga y velocidad del pistón	69
TABLA N°13: Datos para seleccionar el cilindro	70
TABLA N°14: Fuerzas internas del elevador móvil.....	82
TABLA N°15: Masa total en brazos de elevación	82
TABLA N°16: Soluciones para prevenir vuelco y peligro de sobrepasar esfuerzos.....	84
TABLA N°17: Cálculo de áreas para cada elemento	87

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo surge por la necesidad de implementar una máquina que reemplace el uso de escaleras o montacargas para realizar trabajos de mantenimiento y actividades que se requieran en la empresa El Detalle SRL, De la exploración del estado del arte sobre el tema, se pudo conocer que los elevadores móviles o también llamados en otros países como plataformas elevadoras móviles se emplean para todo tipo de trabajos tales como mantenimiento industrial, construcción civil, operaciones de logística y distribución, etc. asimismo la mayoría de estas máquinas que se utilizan en nuestro país, son diseñadas y fabricadas en el extranjero; trayendo consigo un elevado costo de adquisición. Este trabajo está compuesto por tres capítulos que abarcan información selecta que permite dar a conocer el diseño de la máquina. El capítulo 1 se hizo la justificación y delimitación del proyecto donde se da a conocer porque es importante realizar el diseño del elevador móvil. En el capítulo 2 se da a conocer trabajos e investigaciones que se han realizado referente al diseño, este capítulo contiene información que permite conocer la estructura, funcionamiento y clases de elevadores que existen en la actualidad. Se hizo una recopilación de datos técnicos y económicos de los elevadores móviles en nuestro país. También se planteó la metodología de diseño presentada por las normas alemanas VDI 2222 y VDI 2225. Para los cálculos de diseño estructural del elevador móvil se toma como referencia la norma europea EN 280:2001 "plataformas elevadoras móviles de personal". En el capítulo 3 se empieza a elaborar un diseño conceptual siguiendo las pautas de la norma alemana, el cual será nuestro punto de partida para empezar a realizar los cálculos matemáticos de las cargas y fuerzas del diseño, del dimensionamiento de la plataforma de trabajo, de la posición y fuerza del cilindro hidráulico, de la velocidad permitida para evitar el vuelco, del sistema hidráulico y el sistema eléctrico.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En el Perú los pequeños y medianos empresarios desempeñan un papel muy significativo en el desarrollo social y económico de nuestra nación. Los empresarios responsables bien asesorados pueden desempeñar una función importante en lo relativo a mejorar la eficacia de la utilización de los recursos, reducir los riesgos y peligros, reducir al mínimo los desechos y preservar las características del medio ambiente. El Detalle SRL, es una empresa líder en la fabricación de estructuras metálicas en nuestro país. El autor ha podido observar durante los primeros meses del año 2018, que los operarios utilizan escaleras de largo alcance y montacargas para realizar trabajos de mantenimiento y producción en altura, también se ha podido observar que estos dispositivos y maquinas no brindan una seguridad plena al operario. Asimismo, los trabajos de mantenimiento toman demasiado tiempo en realizar sus funciones, pues la empresa no cuenta con equipos auxiliares para este fin, existiendo probabilidades que puedan ocurrir accidentes de trabajo y siendo necesario reducir los tiempos de mantenimiento a las máquinas para que estas puedan ser utilizadas en las actividades operativas de la empresa mencionada.

1.2 Justificación del problema

a) Económica

El desarrollo del trabajo tiene la finalidad de lograr la solución real de un problema presentado en la empresa. La solución al problema se realiza analizando algunas alternativas, ya que se desea que la solución sea la más óptima, económica y real posible y que por su presupuesto este dentro del alcance de la empresa, permitiendo la mejora de las condiciones operativas.

b) Técnica

El diseño planteado corresponde a un equipo auxiliar que pueda ser instalado en cualquier ubicación de la planta, no siendo necesario modificar otros equipos o las instalaciones en donde se desee implementar, asimismo este diseño podrá ser montado y desmontado en la medida que sea requerido.

1.3 Delimitación del proyecto

1.3.1. Delimitación teórica o Académica

El trabajo planteado cumplirá con lo exigido por la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur en torno al esquema de presentación. Para esto se sustentará bibliografía, textos y estudios que proporcionan conceptos y teorías sobre el diseño de elevadores, esto se complementara con el uso de normas técnicas enfocadas al tema de investigación

1.3.2. Delimitación temporal

Los datos que serán considerados para la realización del trabajo propuesto serán analizados durante los meses comprendidos entre Abril y Junio del presente año

1.3.3. Delimitación espacial

El presente trabajo se ejecuta dentro del distrito de Villa el Salvador, en las instalaciones de la empresa Electromecánica El Detalle SRL. Es aquí donde se ha encontrado el problema de la investigación y donde se cuenta con la información necesaria

1.4 Formulación del problema

En base a lo ya establecido surgen las siguientes interrogantes:

1.4.1. Problema general

¿Cómo se podría diseñar un elevador móvil para mejorar y agilizar los trabajos de mantenimiento y producción en la empresa El Detalle SRL?

1.4.2. Problemas específicos

¿Cómo proponer la configuración del diseño conceptual?

¿Cómo elaborar los cálculos estructurales del diseño?

¿Cómo determinar la potencia del motor eléctrico para cumplir con los requerimientos del diseño?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Diseñar un elevador móvil para mejorar y agilizar los trabajos de mantenimiento y producción en la empresa El Detalle SRL.

1.5.2 Objetivos específicos

- Proponer la configuración del diseño conceptual.
- Elaborar los cálculos estructurales del diseño.
- Determinar la potencia útil del motor eléctrico para cumplir con los requerimientos del diseño.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN ELEVADOR DE CARGA CON CAPACIDAD DE 200 Kg y 20 m DE ELEVACION PARA EL LABORATORIO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS Y EFICIENCIA ENERGETICA”, por Byron Mauricio Rosales Sarmiento de la Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, para optar el grado de ingeniero mecánico.

En este trabajo se desarrolló una metodología de cálculo basado en el diagrama de fuerza cortante y el momento de los componentes del elevador fijo, la cual se tomara como referencia para el presente estudio.

Un elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes alturas. Puede ser utilizado ya sea para ascender o descender en un edificio o una construcción subterránea. Se conforma con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad, como en los:

Elevadores eléctricos.- Este tipo de elevadores se caracteriza principalmente por la constitución de su sistema de tracción: un grupo motor, freno, reductor y polea de adherencia o tambor de arrollamiento, aunque éste último está en desuso. Este

elevador incorpora el cuarto de máquinas en la parte superior del hueco, donde van ubicados los componentes principales del sistema de tracción ya denominados y un contrapeso que equilibra el peso de la cabina y una parte de la carga útil, que suele ser la mitad en la mayoría de los casos.

Elevadores oleodinámicos.- En los ascensores hidráulicos el accionamiento se logra mediante un motor eléctrico acoplado a una bomba, que impulsa aceite a presión por unas válvulas de maniobra y seguridad, desde un depósito a un cilindro, cuyo pistón sostiene y empuja la cabina, para ascender. En el descenso se deja vaciar el pistón del aceite mediante una válvula con gran pérdida de carga para que se haga suavemente. De este modo el ascensor oleodinámico solamente consume energía en el ascenso. Por el contrario, la energía consumida en el ascensor es cuatro veces superior a la que consume el ascensor electro-mecánico, por lo que el resultado es que, por término medio, consumen más o menos el doble que éstos.

“DISEÑO DE UNA PRENSA HIDRAULICA DE 100 TN PARA EL CONFORMADO DE CALAMINAS DE FIBROCEMENTO DE 1,2 X 0.5 m”, por Joel Ángel Apolinario Julca de la Pontificia Universidad Católica Del Perú , Lima, Perú, para optar el grado de ingeniero mecánico

En esta tesis se desarrolló un sistema de circuitos hidráulicos que serán referencia para el trabajo a desarrollar, en donde el uso de un sistema hidráulico para generar la fuerza de prensado resulto muy conveniente ya que brinda facilidad para el control de la fuerza y tiempo.

Las bombas hidráulicas son las encargadas de transformar la energía mecánica del motor en energía hidráulica. En el circuito hidráulico desarrollado en esta tesis, se tiene dos bombas en paralelo acopladas al mismo motor. Una de alto caudal y baja presión para aumentar la velocidad del vástago durante la carrera de aproximación, y la otra de bajo caudal y alta presión para generar la presión de trabajo. En esta parte serán seleccionadas ambas bombas en función a los dos requerimientos principales de este sistema. El primero está relacionado con la carga máxima de trabajo y el segundo con la velocidad del vástago en la carrera de aproximación. En función a los valores de estos, solicitados en la lista de exigencias, serán seleccionadas ambas bombas. Como se sabe, las bombas entregan solamente caudal y la presión es solo un producto de las restricciones y resistencias en el sistema. Durante la carrera de aproximación, al no encontrarse mayor resistencia, las bombas entregan su máximo caudal. En este punto el vástago alcanza su máxima velocidad. De lo establecido en la lista de exigencias, el vástago debe alcanzar una velocidad máxima de 8,3 mm/s. A partir de esto se puede calcular el caudal de aceite requerido.

“DISEÑO DE UNA PLATAFORMA BASCULANTE CON CAPACIDAD DE 4 TN PARA EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SANITARIOS”, por Edwin Huamán Huerta de la Universidad Nacional del Ingenieria, Lima, Perú, para optar el grado ingeniero mecánico.

Este trabajo da a conocer la forma de calcular y seleccionar el tanque o depósito de aceite hidráulico. Donde se recomienda que la capacidad del tanque sea entre 3 a 5 veces mayor que la capacidad de los cilindros. El tanque utilizará plancha estructural

que deberá pasar por un proceso de arenado antes de ser pintado con pintura base anticorrosiva.

La instalación del tanque hidráulico en el sistema obedece a las siguientes finalidades: almacenar el fluido de transmisión de potencia, compensar las fugas, actuar como regulador térmico, proteger al fluido contra la suciedad y cuerpos extraños, permitir que el fluido se decante y completar las funciones de filtrador. Accesorios con que contara el tanque: una tapa de registro para las limpiezas periódicas, un amplio orificio de llenado provisto de un tamiz desmontable, una varilla de nivel perfectamente accesible y un nivel óptico, un separador colocado entre los orificios de alimentación y de retorno con la finalidad de que el aceite de retorno disminuya su velocidad de recirculación para favorecer la sedimentación de las impurezas, un filtro en la alimentación, un tapón de purga con espiga magnética para atraer las impurezas metálicas, y finalmente una placa de características indicando el contenido y la norma del fluido que se usara en el sistema. Además se tendrá en cuenta que la tubería de retorno desemboque por debajo del nivel de fluido con el objeto de resolver los fenómenos de emulsión.

“DISEÑO DE UN EQUIPO MOVIL DE DESCARGA NEUMATICO PARA GRANOS DE 100 Tm/H EN EMBARCACIONES DE 8000 m³”, por Renato Nunura Cáceres de la Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima, Perú, para optar el grado de ingeniero mecánico.

Esta tesis nos informa que, al realizar el diseño de la estructura del equipo, es fundamental identificar qué tipos de carga se encuentran presentes en dicha

estructura, se tomaran en cuenta el estudio de las siguientes cargas a recomendación de la tesis estudiada:

Cargas muertas: son aquellas cuyas magnitudes permanecen constantes y fijas durante el tiempo de vida útil de la estructura metálica. Estas representan el peso propio de la estructura y equipos permanentes. Cargas vivas: son cargas cuyas magnitudes y posiciones son variables en dicha estructura debido al funcionamiento o propio impulso de estas y representan a las personas, fluidos, maquinaria entre otras cargas transitorias. Cargas de impacto: están representadas por las caídas, vibraciones o detención de cargas debido a las condiciones de funcionamiento de los equipos que están soportados o por factores externos tales como la irregularidad de la vía por la que circula (un bache, una trocha) las cargas de impacto se determinan multiplicando las cargas vivas por un factor de impacto que dependerá del tipo de carga dinámica. Cargas de nieve y lluvia: estas cargas se deben a precipitaciones por los cambios climáticos y su intensidad depende fundamentalmente de la zona climática. Su influencia hacia las estructuras es notoria en los techos causando encharcamiento y ocasionando altas deflexiones puesto que el equipo descargador se encuentra en zonas costeras, estas cargas no se consideran pues estas precipitaciones no se presentan con frecuencia. Cargas sísmicas: se originan por la interacción entre el movimiento de los suelos en la estructura cuando ocurre un sismo originando vibraciones y desplazamientos en toda la estructura. Esto conlleva a que la estructura está sometida a altas deformaciones y esfuerzos que como resultado colapse. Cargas de viento: el efecto del viento varía dependiendo de la localidad geográfica, la altura sobre el nivel del terreno como su pendiente, el tipo de terreno que rodea a la estructura, la geometría y rigidez de la estructura, el tipo de edificación que la estructura adopta y de la velocidad del aire.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Elevador móvil

También denominado plataforma elevadora móvil de personas (PEMP), es una maquina destinada a desplazar personas hasta una posición de trabajo, donde se llevara a cabo una o varias tareas concretas; la PEMP tiene una única y definida posición de entrada y salida. Está constituida como mínimo por una plataforma de trabajo con órganos de servicio, una estructura extensible y un chasis. Existen gran variedad de plataformas de este tipo, por ejemplo: plataformas sobre camión articuladas y telescópicas, autopropulsadas de tijera, autopropulsadas articuladas o telescópicas y plataformas remolcables, entre otras. Son equipos utilizados en una amplia variedad de actividades, entre las que destaca el montaje de carpintería exterior. puesto que se trata de un equipo que el operador debe manipular directamente para llevar a cabo sus tareas, es imprescindible que este conozca perfectamente sus partes principales, sus dispositivos de seguridad y las normas.(Fundación Metal Asturias,2010, p.48)



Figura N°1: Plataforma elevadora móvil de brazo articulado

Nota: recuperado de fundación Metal Asturias, 2010, p. 48

2.2.1.1. Partes principales de una PEMP

Existen diferentes tipos de plataformas elevadoras, sin embargo, todas ellas se asemejan en los elementos que las componen:

-Una plataforma de trabajo o cesta: rodeada por una barandilla cuya altura mínima es de 90 cm. esta plataforma deberá estar equipada con: una puerta de acceso que no debe abrirse hacia el exterior y debe cerrarse y bloquearse automáticamente, o que impida todo movimiento de la plataforma mientras no esté en posición cerrada y bloqueada. Un suelo antideslizante con aberturas o intersticios para permitir la salida del agua. Las aberturas deben estar dimensionadas para impedir el paso de una esfera de 15mm de diámetro. Puntos de enganche para que cada persona que ocupe la plataforma pueda anclar el arnés.

-Una estructura flexible: que se encuentre unida al chasis sobre la que está instalada la plataforma de trabajo, permitiendo moverla hasta la situación deseada. Puede constar de uno o varios tramos, plumas o brazos simples, telescópicos o articulados, estructura de tijera o cualquier combinación entre todos ellos; con o sin posibilidad de orientación con relación a la base.

-El chasis: es la base de la plataforma elevadora. Puede ser autopropulsado, empujado o remolcado. Puede estar situado sobre el suelo, ruedas, cadenas, orugas o bases especiales; montado sobre remolque, semi remolque, camión. Fijado con estabilizadores, ejes exteriores, gatos u otros sistemas que aseguren su estabilidad.

(Fundación Metal Asturias, 2010, p.49)



Figura N°2: Plataforma elevadora móvil de tipo tijera

Nota: recuperado de fundación Metal Asturias, 2010, p. 49

2.2.1.2. Clasificación de una PEMP

Las plataformas elevadoras móvil de personal se dividen en dos grupos principales:

- Grupo A: PEMP en las que la proyección vertical del centro de gravedad de la carga está siempre en el interior de las líneas de vuelco.
- Grupo B: PEMP en las que la proyección vertical del centro de gravedad de la carga puede estar en el exterior de las líneas de vuelco.

En función de sus posibilidades de traslación, las PEMP se dividen en tres tipos.

Asimismo los tipos 2 y 3 pueden estar combinados

- Tipo 1: la traslación sólo es posible si la PEMP se encuentra en posición de transporte.
- Tipo 2: la traslación con la plataforma de trabajo en posición elevada sólo se controla por un órgano situado sobre el chasis.
- Tipo 3: la traslación con la plataforma de trabajo en posición elevada se controla por un órgano situado sobre la plataforma de trabajo.

Se debe entender las líneas de vuelco como las líneas que componen el cuadrado o rectángulo, según el caso, que limitan exteriormente a los elementos de apoyo, ya se trate de ruedas o estabilizadores; las ilustraciones 1, 2 y 3 plasman esta idea. Por tanto, serán plataformas de grupo A las de tijera o las de mástil vertical, mientras que pertenecen al grupo B las plataformas articuladas (generalmente de brazo telescópico). Por lo que respecta al tipo (1, 2 o 3), está claro que una plataforma remolcable con estabilizadores como la que se muestra en la ilustración 2.7 ejemplo de grupo A, es de tipo 1, puesto que su traslación no es posible si no se encuentra en posición de transporte. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, España, noviembre 2011, p.7-8)

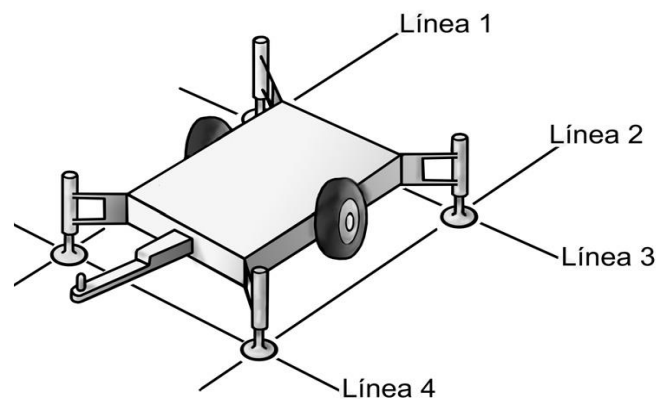


Figura N°3: Líneas de vuelco de plataforma tipo 1

Nota: recuperado del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, España, 2014, p. 08

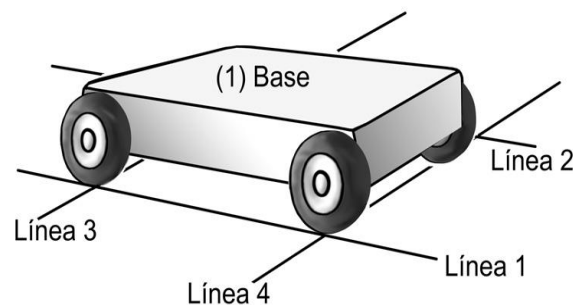


Figura N°4: Líneas de vuelco de plataforma tipo 3

Nota: recuperado del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, España, 2014, p. 09

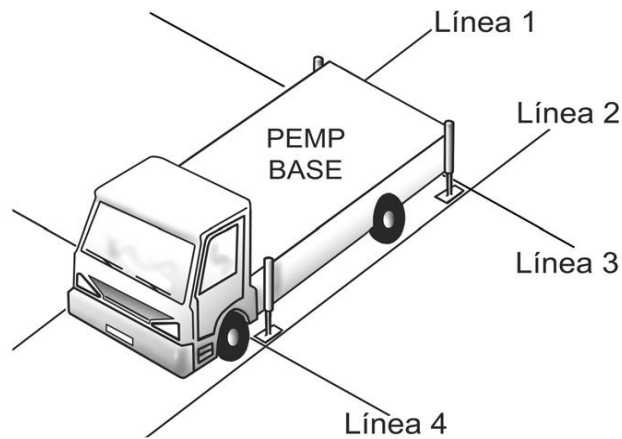


Figura N°5: Líneas de vuelco de plataforma tipo 2 y 3 (combinada)

Nota: recuperado del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, España, 2014, p. 09

2.2.1.3. Estudio de las tendencias tecnológicas

En la actualidad se tiene en el mercado internacional diferentes tipos de plataformas elevadoras que cumplen la función de elevación vertical de forma segura, a continuación se detalla algunas tecnologías existentes.

- Elevador articulado Snorkel A46JRT: cuando la precisión es esencial, este elevador de brazo articulado ofrece un excelente control de brazo y gran maniobrabilidad. El terreno accidentado ya no es problema gracias a su potente tracción a las 4 ruedas y oscilante desde el eje. Es valorado por su excelente trabajo, el ascensor ofrece también excelentes capacidades mejoradas. Está diseñado para la manipulación sin esfuerzos en espacios confinados con un balanceo de cola cero y un radio de giro cerrado; y los controles ponen el poder en las manos del operador, asegurando el posicionamiento seguro y preciso en cualquier proyecto. (Lift and Access, mayo 2018,p.17)



Figura N°6: Elevador Snorkel A46JRT

Nota: recuperado de la revista Lift and Acces, mayo 2018, p. 17

- Elevador mástil de piston Snorkel TM12E: es la nueva versión de tracción eléctrica del elevador de mástil telescópico original Snorkel TM12. Con un sistema de accionamiento eléctrico eficiente, un radio de giro interior nulo y un nuevo sistema de frenado eléctrico. Este modelo está diseñado para trabajar más tiempo e ir más allá. Capaz de levantar hasta 500 lbs. a una altura de trabajo de 18 pies. la TM12E incluye una extensión de plataforma de despliegue AS estándar y una nueva caja de control superior con una toma de corriente integrada, haciéndolo un artista real en el lugar de trabajo. (Lift and Access, marzo 2018,p.28)



Figura N°7: Elevador Snorkel TM12E

Nota: recuperado de la revista Lift and Acces, marzo 2018, p. 28

- Elevador mástil telescópico Bravi Sprint: modelo de la marca italiana Bravi Platforms. a la fecha el equipo ha tenido una muy buena aceptación del mercado debido a sus innovadoras cualidades. La plataforma elevadora que llega a un altura máxima de trabajo de 5,3 m, tiene la capacidad de carga de 90 kg en la bandeja de materiales y de hasta 113 Kg en la de transporte. Además su batería posee una autonomía para más de 30 Km con una sola carga y es ideal para ser utilizada en lugares donde el espacio es primordial, tales como tiendas minoristas y retail. Entre sus características destacan: la bandeja de materiales se opera eléctricamente con un botón situado en la caja de control superior. La altura de la plataforma de carga coincide con la de la columna facilitando la operación al operador. Cuenta con un innovador sistema de levantamiento. La columna especialmente extruida de una aleación de aluminio no necesita ningún tipo de mantenimiento. Las cubiertas son ergonómicamente diseñadas y selladas completamente para mejorar la protección contra golpes y daños causados por objetos que puedan caer desde arriba. El movimiento de avance y retroceso es proporcional y el control está cerca del botón de levante y de la plataforma del operador para permitir que se mueva mientras avanza. (Negocios Globales, diciembre 2017,p.40)



Figura N°8: Elevador Bravi Sprint

Nota: recuperado de la revista Negocios Globales, diciembre 2017, p. 40

- Elevador tipo tijeral S1530E: Elevador eléctrico de tijera perteneciente a la empresa británica JCB es alimentado con baterías de litio. Este elevador alcanza altura de 10,1 m. La empresa de alquiler de equipos, holandesa Hoogwerkt, ya ha realizado un pedido de 420 nuevas unidades. Ofrece hasta 40% de operación más larga y un corte de 50% en los tiempos de recarga; nos dice Jhonathan Gamham, director en JCB, a diferencia de las baterías de plomo ácido; las baterías de litio se pueden dejar en un estado de carga bajo sin dañar las celdas. Las máquinas vienen con una aplicación de teléfono inteligente con conectividad inalámbrica para verificar la condición real de las baterías. . (Construction Machinery, abril 2018,p.43)



Figura N°9: Elevador S1530E

Nota: recuperado de la revista Construction Machinery, abril 2018, p. 43

2.2.1.3. Situación del mercado peruano

Un estudio de mercado es una tentativa de definir, identificar y luego evaluar la estructura de un ámbito particular en el cual transcurren las actividades económicas, empresariales, industriales y comerciales: el mundo de los negocios propiamente dicho. Este análisis se lleva a cabo usando información experimental y de referencia, recopilada y tabulada con la que se organiza un documento que ofrezca una visión conceptual detallada, precisa e imparcial. Un análisis de mercado experimenta

grandes cambios cada año (por ejemplo un mercado de alta tecnología), habría que repetir el estudio anualmente. El estudio de mercado brinda una clara concepción de la dinámica del mismo en un cuadro prefijado. (Parmerlee, 1998, P.13)

Tabla N°1: Análisis del entorno empresarial

Cliente potencial	<ul style="list-style-type: none"> • EI Detalle SRL
financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Caja Huancayo • Caja de Piura • Recursos de la empresa
proveedores	<ul style="list-style-type: none"> • Aceros Arequipa • Motorex S.A • Promelsa • Invemet SRL • Edipesa

Se ha realizado una recopilación de datos sobre las empresas comercializadoras en nuestro país, pues se desea conocer el valor económico de los elevadores. De los análisis de estos datos se realizara una evaluación económica posteriormente.

Tabla N°2: Análisis de costos en el mercado

Empresas Comercializadoras	Nivel de aceptación			Elevadores que comercializan	Marca y Modelo	¿A qué precio lo venden?
	Alta	Regular	Poca			
IPERMAQ		X		De tijera	MIEVE PE 8R	\$20100
				De tijera	MIEVE PE 6.4	\$7400
Z & T Maquinarias		X		Articulada	HAULOTTE HA18PX	\$50000
				De tijera	HAULOTTE COMPACT	\$20000
OLX			X	Articulada	CTE TRACCESS 170	\$60000

ALORENTAL	X			De tijera	ALOLIFT 140W	\$24900
				Telescopica	FARESIN FH 174	\$81900

Nota: los datos son recuperados de páginas web de las empresas mencionadas en mayo 2018

2.2.2. Diseño en la ingeniería

La esencia de la ingeniería es la utilización de los recursos y las leyes de la naturaleza para beneficiar a la humanidad. El diseño en la ingeniería mecánica trata de la concepción, diseño, desarrollo, refinamiento y aplicación de las máquinas y los aparatos mecánicos de todas las clases. El interés se centra en los usos creativos y racionales de la mecánica de sólidos y las ciencias relacionadas, en situaciones de la vida real. (Juvinal, 1996, p. 25)

2.2.2.1. Metodología de diseño

La razón por el que se diseña una maquina nueva es la existencia de su necesidad presente o predecible. El proceso de la creación se inicia con la idea de un dispositivo que sirva para un determinado propósito. A la idea concebida sigue el estudio de la disposición de las diversas partes, de la posición y longitud de las conexiones, así como de los movimientos relativos o cinemática. Por modificaciones y mejoras sucesivas de las ideas, lo más probable es que se llegue a varias soluciones, de las cuales se seleccionara la que parezca más considerada. En la actualidad en los países industrializados, el proyectar y diseñar empleando las diversas metodologías es una técnica normal. Estos métodos permiten formar diseñadores, innovadores, idóneos de resolver problemas de ingeniería generando soluciones en forma metódica, en un tiempo muy corto. Estos métodos de diseño se pueden aplicar en nuestro país, más aun por la diversificación de nuestras necesidades. Se hace

necesario dominar los métodos de diseño, por tal motivo se emplea la metodología de diseño de la normas alemanas VDI 2222 y norma VDI 2225.

2.2.2.2. Procedimientos Para diseñar nuevos productos

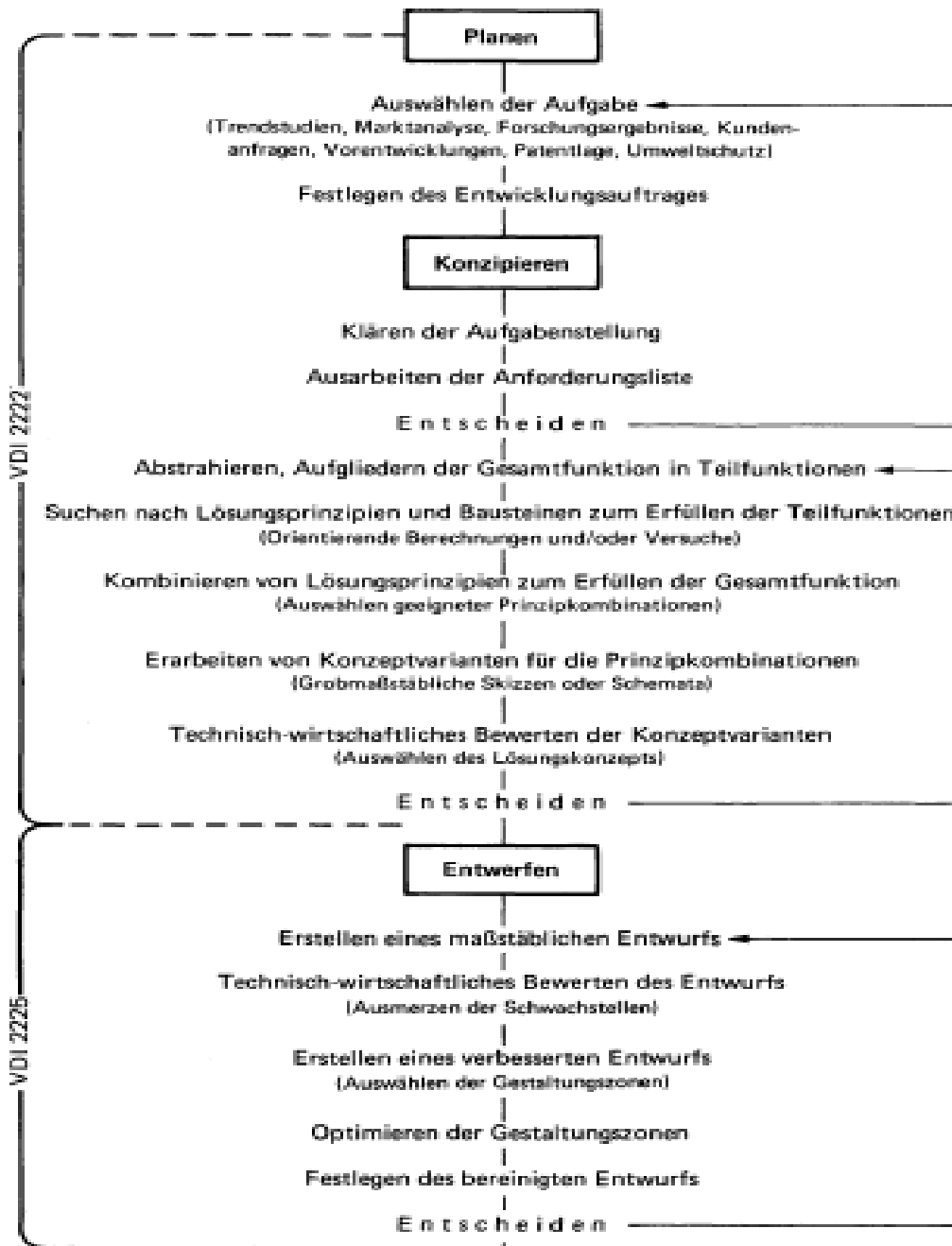


Figura N°10: Procedimientos para diseñar nuevos productos

Nota: recuperado de la norma VDI 2225, noviembre 1998, p. 3

A continuación se detalla los conceptos presentados en la figura 2.10 relacionados a las normas alemanas VDI 2222 y VDI 2225.

- **Norma VDI 2222 Métodos de diseño: desarrollo metodológico de los principios de solución**

Procedimientos a considerar según la norma:

A. Planeación (Planen)

-Realizar tareas: estudios de tendencias, análisis de mercado, resultados de investigación. Consulta de clientes, estudio de los recursos

-Definimos el orden del desarrollo

B. Concepción (Konzipieren)

-aclarar las tareas

-Elaborar la lista de requisitos o exigencias.

Anforderungsliste		<i>Papier-Längsschneider</i>	
Anforderungen	Quantifizierung	Bedeutung	
1. Festforderungen			
<i>1.1 Arbeitsbreite</i>	<i>200 mm</i>		
<i>1.2 Anbaubarkeit</i>			
<i>1.3 Verarbeitbare Qualität</i>	<i>40 - 130 g/m²</i>		
<i>1.4 Unfallschutz</i>	<i>intern. Normen</i>		
2. Mindestforderungen			
<i>2.1 Arbeitsgeschwindigkeit</i>	<i>≥100 m/min</i>		•
<i>2.2 Schnittqualität</i>	<i>faserfrei</i>		•••
<i>2.3 Anzahl Bahnen</i>	<i>≥ 4</i>		••
<i>2.4 Minimale Bahnbreite</i>	<i>15 mm</i>		••
<i>2.5 Bahnbeitentoleranz</i>	<i>≤ 0,5 mm</i>		••••
<i>2.6 Anbauaufwand</i>	<i>≤ 10 mm</i>		•
<i>2.7 Umrüstaufwand</i>	<i>≤ 7 mm</i>		•••••
<i>2.8 Herstellkosten</i>	<i>≤.....</i>		•••••
3. Wünsche			
<i>3.1 Hohe Betriebssicherheit</i>			
<i>3.2 Einfache Bedienung</i>			
<i>3.3 Anbau durch Kunden</i>			
<i>3.4 Wartungsfreie Ausführung</i>			

Genehmigt:	Abteilung:	Name:	Datum:
------------	------------	-------	--------

Figura N°11: Lista de exigencias o requerimientos

Nota: recuperado de https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0006_fertigungsorganisation/page21.html

- desglosar de la función general en funciones parciales.

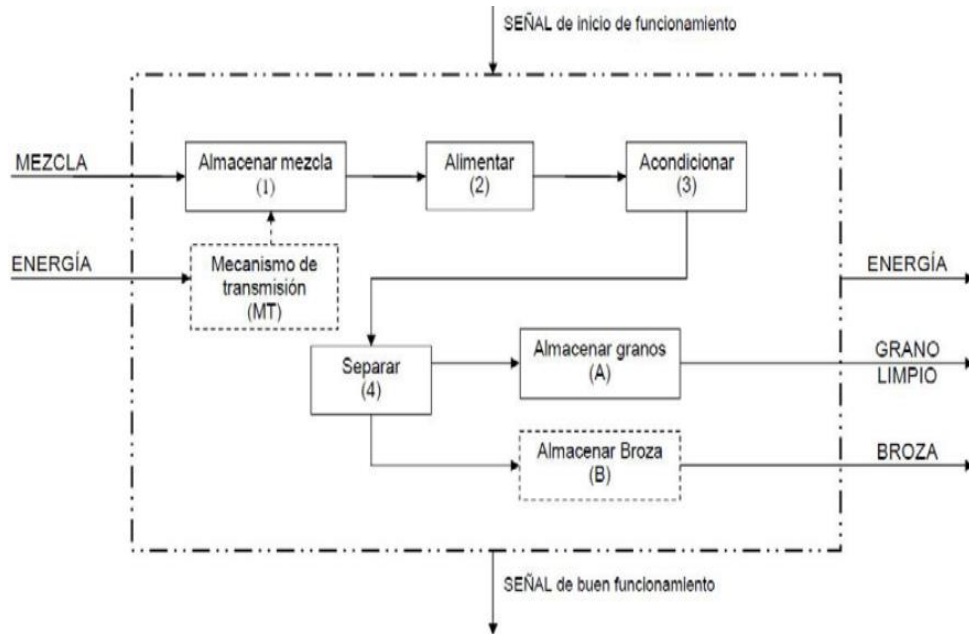


Figura N°12: Ejemplo de estructura de funciones

Nota: recuperado de <http://congreso.pucp.edu.pe/vii-cobim/F.1.6.pdf>

-buscar principios de solución y bloques de construcción para cumplir las funciones parciales.

-combinar principios de solución para cumplir la función general.

-desarrollo de variantes conceptuales para las combinaciones principales.

Teilfunktionen	Lösungsprinzipien und -elemente				
Relativbewegung erzeugen	Eigenantrieb	Fremdantrieb			
Papier trennen	Klinge	Kreismesser	Laserstrahl		
Einstellung ermöglichen	mechanisch	Elektro-mechanisch	pneumatisch	von Hand	hydraulisch
Trennprozess überwachen	elektronisch	Elektro-mechanisch	fluidisch	mechanisch	
Befestigung ermöglichen	Schraub- verbindung	Schnell- verschluss	Streck- verbindung	Klemm- verbindung	Fest- verbindung
Unfallschutz gewährleisten	Schutzblech	Optischer Schutzvorhang	Warnschild		
Variante	2	1	3		

Figura N°13: Caja o matriz morfológica

Nota: recuperado de https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0006_fertigungsorganisation/page21.html

-evaluación técnica y económica de las variantes conceptuales.

g = peso de la característica técnica p = puntuación

y = valor económico x = valor técnica

H_i = costo ideal H_{zul} = costo de fabricación

H = costo del producto en el mercado

$$x_g = \frac{g_1 p_1 + g_2 p_2 + g_3 p_3 + \dots + g_n p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) p_{\max}} \dots\dots\dots(1)$$

$$H_i = 0,7 \cdot H_{zul} \dots\dots\dots(2)$$

$$y = \frac{H_i}{H} = \frac{0,7 H_{zul}}{H} \dots\dots\dots(3)$$

Annäherung an die ideale Verwirklichung:	
sehr gut (ideal)	$\rho = 4$ Punkte
gut	$\rho = 3$ Punkte
ausreichend	$\rho = 2$ Punkte
gerade noch tragbar	$\rho = 1$ Punkt
unbefriedigend	$\rho = 0$ Punkte

Figura N°14: Escala de calificación de puntos

Nota: recuperado de la norma VDI 2225, noviembre 1998, P. 4

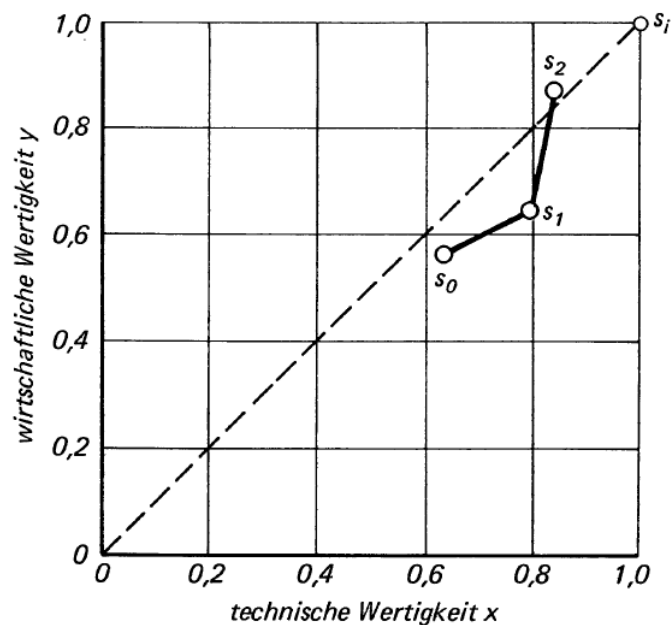


Figura N°15: Diagrama S

Nota: recuperado de la norma VDI 2225, noviembre 1998, P. 5

-seleccionar el diseño conceptual.

- **Norma VDI 2225 Metodología de diseño: construcción técnica económica**

Procedimientos a considerar según la norma:

C. diseño (Entwerfen)

-crear un diseño matemático

-evaluación técnica económica

- crear un diseño mejorado

- optimizar las zonas de diseño

- definir un diseño ajustado

2.2.2.3. Norma EN 280:2001

Esta norma europea ha sido aprobada por el comité europeo de normalización (CEN) el 2001-06-15. Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Tiene por objeto la definición de las disposiciones relativas a la seguridad de personas y bienes durante la utilización de plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP).

Esta norma europea especifica los requisitos y las medidas técnicas de seguridad para las plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP) de todos los tipos y de todas las capacidades, destinadas a desplazar personas hasta una posición de trabajo, donde llevan a cabo una tarea desde la plataforma de trabajo, con la intención de que las personas entren y salgan de la plataforma de trabajo en una posición de acceso definida. Es aplicable a los cálculos de diseño estructural, a los criterios de estabilidad, a la construcción, a los exámenes y ensayos de seguridad antes de la primera puesta en servicio de las PEMP.

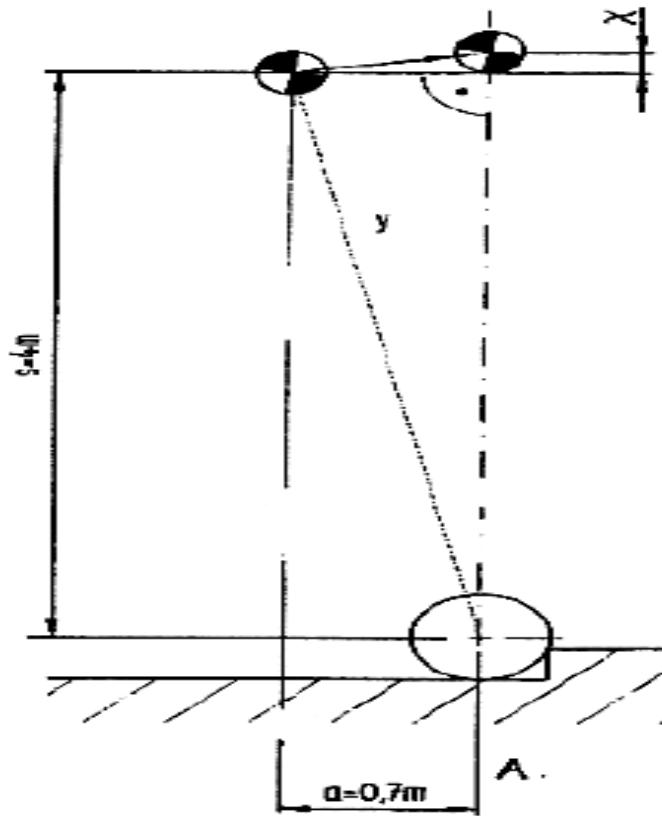


Figura N°16: Plataforma cara al obstáculo

Nota: recuperado de la norma EN 280:2001, P. 75

m masa de la PEMP (kg)
 v velocidad (0,7 m/s)
 A línea de vuelco

a) Energía cinética de la PEMP

$$E_{kin} = \frac{m}{2} v^2 = \frac{m}{2} \cdot 0,7^2 m^2 s^{-2}$$

$$= m \cdot 0,245 m^2 s^{-2}$$

(es decir $z = 0,0245$)

b) Energía potencial necesaria para el vuelco

$$E_{pot} = m \cdot x = m \cdot (y - s)$$

$$= m \cdot (\sqrt{s^2 + a^2} - s)$$

$$= m \cdot (\sqrt{4^2 + 0,7^2} - 4) m$$

$$= m \cdot 0,6 m^2 s^{-2}$$

Conclusión:

$$E_{kin} < E_{pot} = \text{es decir, no vuelca}$$

Figura N°17: Ejemplo de cálculo de vuelco

Nota: recuperado de la norma EN 280:2001, P. 75

Rectángulo		$\bar{I}_{x'} = \frac{1}{12}bh^3$ $\bar{I}_{y'} = \frac{1}{12}b^3h$ $I_x = \frac{1}{3}bh^3$ $I_y = \frac{1}{3}b^3h$ $J_C = \frac{1}{12}bh(b^2 + h^2)$
Triángulo		$\bar{I}_{x'} = \frac{1}{36}bh^3$ $I_x = \frac{1}{12}bh^3$
Círculo		$\bar{I}_x = \bar{I}_y = \frac{1}{4}\pi r^4$ $J_C = \frac{1}{2}\pi r^4$

Figura N°18: Momentos de inercia de formas geométricas

Nota: recuperado del libro mecánica vectorial para ingenieros, 2007, P. 487

2.3. Definición de términos básicos

-Plataforma de trabajo: Plataforma rodeada por una barandilla o una cabina que puede desplazarse con su carga hasta una posición que permita efectuar trabajos de montaje, reparación, inspección u otros trabajos similares.

-Estructura extensible: Estructura unida al chasis sobre la cual está instalada la plataforma de trabajo. Puede constar, por ejemplo, de una pluma o de una escala, simple, telescópica o articulada, o de una estructura de tijera, o de cualquier combinación entre ellas.

-Chasis: Base de la plataforma elevadora móvil de personal. Puede ser remolcado, empujado, autopropulsado, etc.

-Estabilizadores: Todos los dispositivos o sistemas concebidos para asegurar la estabilidad de las plataformas elevadoras, que soportan o nivelan el conjunto de la

PEMP o la estructura extensible, por ejemplo, gatos, bloqueo de suspensión, ejes extensibles.

-Carga nominal: Carga para la cual ha sido diseñada la plataforma elevadora en utilización normal. La carga nominal está constituida por las personas, útiles y materiales que actúan verticalmente sobre la plataforma de trabajo.

-Límite de fluencia: es el punto donde comienza el fenómeno conocido como fluencia, que consiste en un alargamiento muy rápido. Hasta el punto de fluencia el material se comporta elásticamente, siguiendo la ley de Hooke,

-Fluido: En un sistema hidráulico lo que transmite energía es el fluido. Esto es posible porque los líquidos son virtualmente incompresibles. A medida que se bombea fluido por todo el sistema se ejerce la misma fuerza en todas las superficies.

-Filtro: Los filtros eliminan los contaminantes del fluido hidráulico. De esta forma se evita que los componentes sufran daños y se asegura el funcionamiento correcto del sistema. La ubicación y los tipos de filtros varían.

-Accionador: El accionador convierte la energía hidráulica en energía mecánica para realizar trabajo. Los cilindros producen un movimiento lineal utilizado para operar cucharones, hojas, plumas y otros implementos.

-Válvula de Alivio: válvula de control de la presión, limita la presión del sistema. La válvula se abre si la presión supera un límite preestablecido

-Viscosidad: Una de las propiedades más críticas del aceite es la viscosidad, es decir su resistencia al flujo. La viscosidad está directamente relacionada a la buena protección y lubricación que el aceite brinda a los componentes.

- Acumulador. Recipiente que contiene un fluido a presión
- Calor. Es una forma de energía que tiene la capacidad de crear un aumento de temperatura en una sustancia.
- Carrera: Longitud que se desplaza el vástago de un cilindro de tope a tope
- Caudal: Volumen de fluido que circula en un tiempo determinado
- Eficiencia. Es la relación entre la salida y la entrada, esta puede ser volumen, potencia, energía y se mide en porcentaje.
- Flujo. Es producido por la bomba que suministra el fluido.
- Fuerza. Efecto necesario para empujar o jalar, depende de la presión y el área. $F = P \times A$. Es la aplicación de una energía.
- Ley de Pascal: La fuerza hidráulica se transmite en todas direcciones. La presión ejercida sobre un líquido confinado se transmite con igual intensidad en todas direcciones y actúa con igual fuerza sobre todas las áreas iguales.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA

3.1. Modelo de solución propuesto

Se empieza dando a conocer el problema al que se deberá dar solución mediante un análisis donde se indicará el trabajo que se debe efectuar. Luego se detallará los requerimientos que deberá cumplir el sistema de elevación a desarrollar. En base a estos criterios se realizará una estructura de funciones en donde se apreciarán las funciones parciales con los que deberá contar la máquina a diseñar. Luego se presentará una matriz morfológica en donde se revelarán bosquejos de las distintas opciones de solución, las cuales combinadas entre sí representaran una gama de posibilidades de solución al problema planteado. Posteriormente se realizará una valoración técnico-económica para establecer cuál de las soluciones planteadas es la más óptima; la cual será la base para desarrollar los cálculos de detalle posteriormente.

3.1.1. Análisis del problema

La empresa Electromecánica El Detalle SRL, realiza la fabricación de estructuras metálicas, Actualmente los operarios utilizan escaleras de largo alcance y montacargas para realizar trabajos de mantenimiento en altura, estos equipos no

brindar una seguridad plena al operario como se puede apreciar en la imagen siguiente.

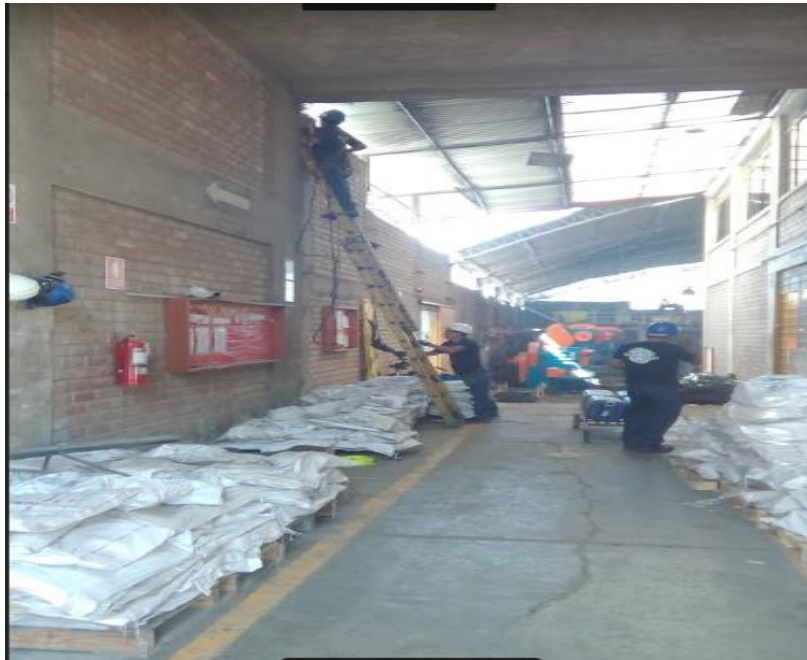


Figura N°19: Planta principal de la empresa El Detalle SRL

El problema a resolver consiste en diseñar un elevador en donde su función principal será transportar al técnico y sus herramientas hacia una altura determinada para realizar los trabajos de mantenimiento. Para lo cual se evaluará el diseño en función de cálculos aplicados a la ingeniería. El sistema de elevación a diseñar deberá brindarle toda la seguridad que sea requerida en su traslado al operador y en función a las necesidades de las instalaciones, respetando los espacios y vías de circulación.

3.1.2. Requerimientos al problema planteado

*Función principal

El elevador se utilizará para el transporte del operario, herramientas y materiales. Este transportará al operario por una trayectoria vertical rectilínea desde el piso hacia una altura menor o igual a 6 metros.

*Fabricación

La estructura del elevador deberá resistir el peso durante un viaje en trayectoria vertical rectilínea. Se deberá tener en cuenta el peso del operario, herramientas y así como del mismo elevador al momento de determinar el peso máximo admisible que soportará la estructura. El sistema de elevación deberá ser construido en base a materiales que garanticen la rigidez y estabilidad; de modo tal que en los trayectos de ida y vuelta del elevador no se generen deformaciones en las piezas que lo componen

*Aplicación

El diseño del elevador se utilizará para suplir las escaleras de largo alcance y el uso de montacargas que se vienen utilizando en la empresa antes mencionada. Mejorará los trabajos de mantenimiento, también podría utilizarse para trabajos de producción y logística.

*Dimensiones

El espacio a ocupar del elevador dentro las instalaciones de la empresa debe estar en promedio, dentro de las distancias de las vías de circulación. Siendo el área del elevador de 2,94 m², teniéndose 1,4 metros de ancho por 2,1 metros de largo.

*Desplazamiento

El elevador deberá permitir realizar movimientos en un desplazamiento vertical tanto ascendente como descendente para desplazarse, teniendo como velocidad de desplazamiento vertical de 0,4 metros /segundo. El elevador podrá ser remolcado con facilidad lográndose su traslado a las diferentes plantas de la empresa.

*Costos

El elevador deberá ser lo más económico posible en función de su eficiencia, según la valoración técnico – económica del presente capítulo, es decir deberá ser

construido en base a materiales que obtengan la mejor relación costo – beneficio. Asimismo, se debe tener en cuenta los costos de mantenimiento del mismo, los cuales deberán ser los más económicos posibles.

*Operación

El elevador deberá ser fácil de utilizar y no debe requerir especialización técnica. Además, los operarios deberán acceder a un mando de control del elevador, el cual deberá ser fácil de manipular dentro de la plataforma. Asimismo se debe considerar la posibilidad de que un segundo usuario pueda direccionar el elevador, es decir deberán existir controles para la regulación del movimiento del elevador dentro de un tablero de control cercano a la máquina.

*Seguridad

El elevador deberá cumplir con medidas de seguridad que aseguren el funcionamiento de la plataforma elevadora, garantizando la seguridad y salud de las personas que transporte. El elevador deberá tener barandas que eviten la caída de los pasajeros al suelo. Contar con botones de emergencia en caso de fallas en el equipo.

*Ergonomía

El diseño del elevador deberá garantizar una fácil manipulación del mismo, es decir la persona que utilice el equipo deberá acceder con facilidad a los controles del mismo, el acceso a la plataforma del elevador deberá ser lo más sencilla posible, contemplando los espacios necesarios para que el usuario ingrese sin dificultad y no tenga que inclinarse o comprimirse para acceder al mismo.

*Mantenimiento

Los trabajos de mantenimiento no deben ser complejos para evitar mantenimientos

prolongados. Asimismo, los repuestos de la maquina deben ser de fácil obtención en el mercado local, permitiendo la rapidez de los trabajos de mantenimiento en caso se tenga que sustituir algún componente.

***Ensamblaje**

El montaje y desmontaje de la maquina debe ser posible con herramientas tradicionales.

***Ambiental**

Mediante las tecnologías que nos ayudan a ser más eficientes en nuestros diseños, debemos encontrar alternativas que puedan mitigar el riesgo de contaminar el ambiente.

Tabla N°3: Lista de requerimientos

LISTA DE REQUERIMIENTOS		Pág.:	1 de 1
Proyecto:	DISEÑO DE UN ELEVADOR MOVIL CON CAPACIDAD DE 400 KG Y 6 M DE ELEVACION PARA REALIZAR TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA EL DETALLE SRL	Fecha:	28/05/2018
		Revisado:	Ing. S. M. R.
Requisitos	Descripción	deseo / exigencia	
Función principal	trasportar al operario por una trayectoria vertical	exigencia	
Fabricación	considerar el peso del operario, herramientas y de la estructura utilización de materiales de calidad	exigencia	
Aplicación	suplir las escaleras de largo alcance y montacargas	exigencia	
	Mejorar los trabajos de mantenimiento Utilización en trabajos de producción y logística	deseo	
Dimensiones	Ocupar un área no mayor de 2.94 metros cuadrados	exigencia	
	Alcanzar una altura de 6 metros y un peso de 400 kg		
Desplazamiento	realizar un desplazamiento vertical a 0,4 metros/segundo	exigencia	
	Permitir ser remolcado con facilidad		
Costos	Deberá ser lo mas económico posible	exigencia	
	Evaluar los costos de mantenimiento y de funcionamiento	deseo	
Operación	No debe requerir especialización técnica	exigencia	
	La operación del elevador es mediante controles eléctricos		
Seguridad	incluir un sistema de paro para emergencias	exigencia	
	Los motores o partes calientes deben estar protegidos		
	El elevador debe incluir barandas para evitar caídas		
Ergonomía	El operador debe acceder con facilidad a los controles	exigencia	
	Contemplar los espacios adecuados para un ingreso sin dificultad		
Mantenimiento	No deben ser complejos los trabajos de mantenimiento	deseo	
	Los repuestos deben ser de fácil obtención en el mercado	exigencia	
Ensamblaje	El montaje y desmontaje debe ser con herramientas tradicionales	deseo	
Ambiental	mitigar el riesgo de contaminar el medio ambiente	exigencia	

3.1.3. Estructura de funciones

Dicho esto se procede a explicar la secuencia de funciones parciales seleccionadas en la estructura de funciones óptima con las que deberá contar el sistema de elevación para un funcionamiento eficiente. Éstas se explicarán a partir de los parámetros de entrada al sistema

-Encender elevador: consiste en energizar el equipo de manera correcta,

-Asegurar elevador: Se refiere a la función de verificar que el elevador se mantenga estable de modo tal que no se produzca movimiento alguno al momento que el operador realice sus labores.

-Subir elevador: Se refiere a la acción de utilizar el botón de ascenso del sistema de elevación con la finalidad de que se inicie el traslado del operario.

-Descender el elevador: Se refiere a la acción de utilizar el botón de descenso del sistema de elevación con la finalidad de que se inicie el traslado del operador hacia el suelo.

.Apagar elevador: consiste en desenergizar el equipo de manera correcta,

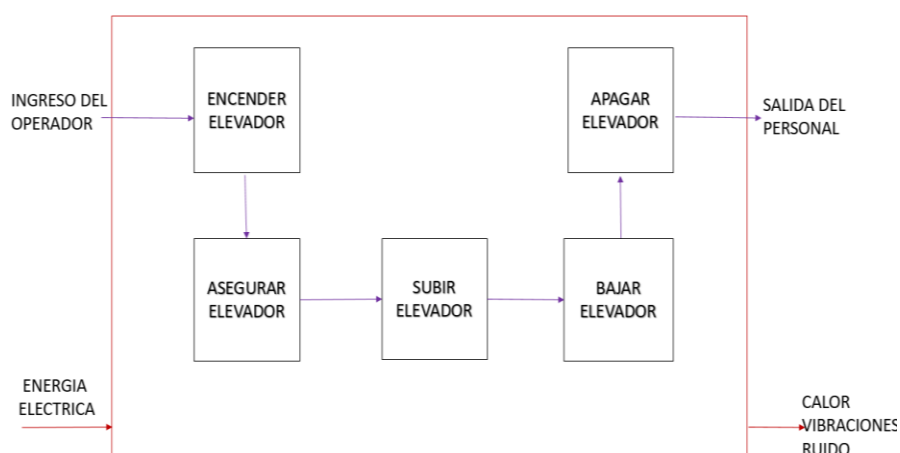














Figura N°20: Estructura de funciones

3.1.4. Matriz morfológica

Esta tabla mediante su técnica en cuanto a posibilidades de combinación, permitió crear soluciones al problema propuesto; en donde presento tres posibles conceptos de soluciones al problema.

Tabla N°4: Matriz o caja morfológica

FUNCION PARCIAL	ELEMENTOS DE LA SOLUCION		
	ELEMENTO 1	ELEMENTO 2	ELEMENTO 3
ENCENDER ELEVADOR	LLAVE 	INTERRUPTOR BIPOLAR 	PULSADOR 
ASEGURAR EL ELEVADOR	PATA ESTABILIZADORA 	FRENOS DE DISCO 	FRENO DE MANO 
SUBIR Y BAJAR ELEVADOR	CILINDRO 	TIJERAL 	CILINDRO TELESCOPICO 
APAGAR ELEVADOR	PULSADOR 	LLAVE 	INTERRUPTOR BIPOLAR 
	SOLUCION 1	SOLUCION 2	SOLUCION 3

3.1.5. Bosquejo y descripción de propuestas

a) Solución 1: Elevador de tipo tijeral

El elevador es alimentado con energía eléctrica, para asegurar su funcionamiento se empleará 4 patas estabilizadoras ubicadas estratégicamente. El ascenso y descenso del elevador será mediante un tijeral compuesto de dos cuerpos, el sistema de mando será mediante pulsadores y se instalará una plataforma amplia para que el usuario pueda desplazarse con facilidad

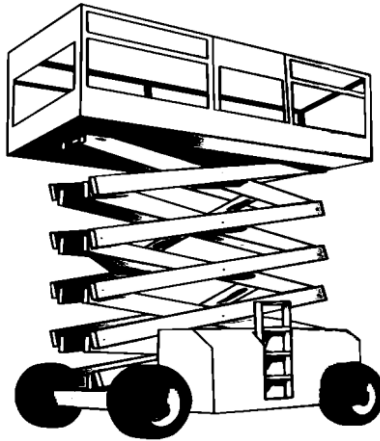


Figura N°21: Solución 1

b) Solución 2: Elevador de tipo articulado

Este equipo es alimentado con energía eléctrica proveniente de baterías, para asegurar el elevador se utiliza frenos de disco ubicados en las llantas traseras. Está conformada por tres brazos o plumas articuladas por medio de pistones hidráulicos. Este diseño permitirá trabajar en zonas de difícil acceso y su desplazamiento horizontal es mediante un motor hidráulico. Su plataforma puede desplazarse hasta tocar el piso permitiéndose el ingreso del operador sin dificultad.

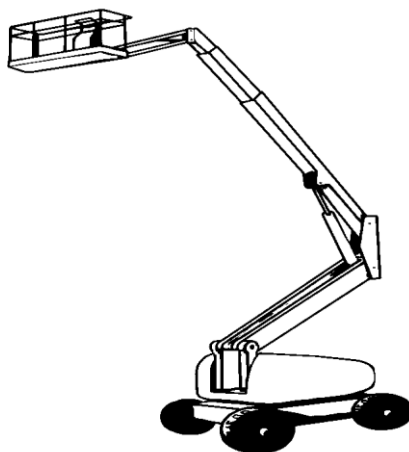


Figura N°22: Solución 2

c) Solución 3: Elevador de tipo telescópico

El diseño permite el ingreso del operador con facilidad debido a que la plataforma puede bajar hasta tocar el piso. El sistema de mando es mediante energía eléctrica, para asegurar el elevador se emplea un freno hidráulico de mano. El desplazamiento vertical es mediante un cilindro telescópico. Un motor hidráulico se encarga del desplazamiento horizontal y su tamaño y peso podrían ser menor en comparación de los diseños propuestos anteriormente.

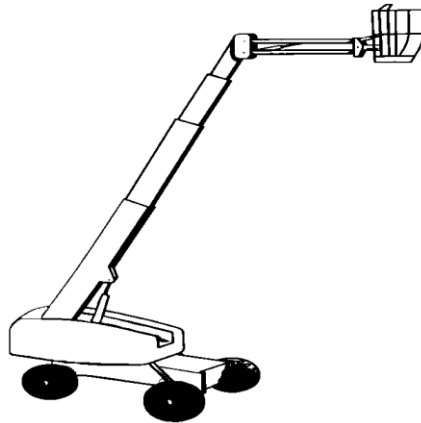


Figura N°23: Solución 3

3.1.6. Evaluación técnica – económica

Teniendo las tres propuestas de diseño se procede a realizar el análisis técnico - económico de las mismas que permita determinar el concepto de solución óptimo. En la tabla de evaluación técnica se puede observar que el diseño y la seguridad, son los criterios más importantes a tomar en cuenta. Además en la solución 1 presenta una puntuación de 2 con respecto a la ergonomía, pues el operario necesita subir por una pequeña escalera que ira soldada al elevador. En la solución 2 se presenta una puntuación de 2 con respecto a la fabricación, es debido a que presenta más dispositivos y accesorios a fabricar. En la solución 3 se presenta una puntuación 2 con respecto al diseño, debido a que esta solución es más compleja para ser desarrollada; necesitándose de más tiempo. El valor técnico es calculado mediante la ecuación siguiente:

$$X = \frac{g_1P_1 + g_2P_2 + g_3P_3 + \dots + g_nP_n}{(g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_n)P_{max}}$$

$$X_1 = \frac{15+15+3+12+9+9+12+9}{(5+5+2+4+3+3+4+3)4} = 0,72$$

$$X_2 = \frac{15+10+6+8+6+6+12+6}{(5+5+2+4+3+3+4+3)4} = 0,59$$

$$X_3 = \frac{10+10+6+12+9+6+12+9}{(5+5+2+4+3+3+4+3)4} = 0,64$$

$$X_{ideal} = \frac{20+20+8+16+12+12+16+12}{(5+5+2+4+3+3+4+3)4} = 1$$

Tabla N°5: Evaluación técnica

Variantes del diseño		Solución 1			Solución 2		Solución 3		Solución ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Diseño	5	3	15	3	15	2	10	4	20
2	Seguridad	5	3	15	2	10	2	10	4	20
3	Ergonomía	2	2	3	3	6	3	6	4	8
4	Fabricación	4	3	12	2	8	3	12	4	16
5	Montaje	3	3	9	2	6	3	9	4	12
6	Mantenimiento	3	3	9	2	6	2	6	4	12
7	Transporte	4	3	12	3	12	3	12	4	16
8	Operación	3	3	9	2	6	3	9	4	12
Puntaje maximo		29		84		69		74		116
Valor tecnico (X)		0.72			0.59		0.64		1.00	

En la tabla de evaluación económica se muestra primeramente el precio del producto en el mercado (H), el cual ha sido recopilado de la tabla 2.2 (análisis de costos en el mercado). Seguidamente se encuentra el precio de fabricación (Hzul) que se ha determinado restando los costos de transporte, costos de almacenamiento, costos de gestión (aduanas, recolección de impuestos, procesos administrativos) y costos de ganancia de las empresas comercializadora. El costo ideal (Hi) resulta ser la

multiplicación del valor más rentable de los precios de fabricación por 0,7. Finalmente se obtiene el valor económico es igual a Y.

$$H_i = 0,7(H_{zul}) \quad H_i = 0,7(11\ 800) = \$8260$$

$$Y = \frac{H_i}{H}$$

$$Y_1 = \frac{8260}{15800} = 0,52$$

$$Y_2 = \frac{8260}{55000} = 0,2$$

$$Y_3 = \frac{8260}{81900} = 0,1$$

Tabla N°6: Evaluación económica

Variables	Solucion 1	Solucion 2	Solucion 3
H	\$15 800	\$55 000	\$81 900
H zul	\$11 800	\$49 000	\$73 900
H _i	\$8260		
Valor economico (Y)	0.52	0.2	0.1

Los valores económicos y los valores técnicos hallados anteriormente son ingresados en el diagrama S, el cual nos muestra que la solución 1 es la solución óptima, debido a que es la solución que más se aproxima a la solución ideal; además está más cerca a la pendiente de 45 grados.

- Superficie $1,1 \times 1,4 = 1,54 \text{m}^2$
- Presión del viento 100N/m^2
- Coeficiente de forma $1,2$
- Carga total $= 184,8 \text{N}$

b) En la persona

- Superficie expuesta $0,35 \text{m}^2$
- Presión del viento 100N/m^2
- Coeficiente de forma $1,0$
- Carga total $= 35 \text{N}$

b) En los materiales

- Masa a considerar (3%) $0,03 \times 320 \text{Kg} = 9,6 \text{Kg}$
- Carga total $= 9,6 \text{Kg} \times 9,8 \text{m/s}^2 = 94 \text{N}$

Fuerza Manual: 200N

- Fuerza 200N
- Número de personas 1
- Carga total $= 200 \text{N}$

Cargas debidas a la estructura: 3302 N

- Barandas de seguridad $526,8 \text{N}$
- Plataforma de trabajo $1725,6 \text{N}$
- Brazos de elevación $1049,6 \text{N}$

3.2.2. Cálculo de posición del equipo de trabajo

La condición según la norma EN 280:2001 para la posición del equipo de trabajo es que la carga repartida sobre la plataforma $< 3\text{KN/m}^2$. Se analizó dos casos variándose el porcentaje de superficie de la plataforma. Además la plataforma de trabajo tiene un área de $2,94\text{m}^2$ y el peso del equipo es de 3136N

- Caso 1: 25% superficie

$$0,25 \times 2,94\text{m}^2 = 0,735\text{m}^2$$

$$F \text{ equipo}/25\% \text{superficie} = 3136\text{N}/0,735\text{m}^2 = 42663\text{N/m}^2$$

$$42663\text{N/m}^2 > 3\text{KN/m}^2 \text{ NO CUMPLE}$$

- Caso 2: 36% superficie

$$0,36 \times 2,94\text{m}^2 = 1,058\text{m}^2$$

$$F \text{ equipo}/36\% \text{superficie} = 3136\text{N}/1,058\text{m}^2 = 2964\text{N/m}^2$$

$$2964\text{N/m}^2 < 3\text{KN/m}^2 \text{ SI CUMPLE}$$

-Análisis de la distribución de la carga en ambos lados de la plataforma de trabajo:

- distribución a lo largo del mayor de sus lados

$$2,1 \times D = 1,058\text{m}^2$$

$$D = 0,50\text{m}$$

Este es el estado menos desfavorable, pues la fuerza del equipo está posicionada sobre el apoyo móvil permitiéndose que el trabajador realice sus labores con mayor seguridad

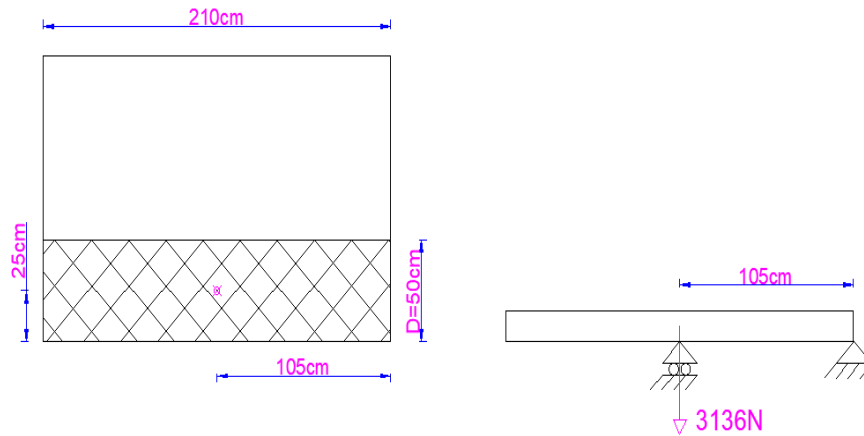


Figura N°25: Distribución de carga a lo largo del mayor de los lados

- distribución a lo largo del menor de sus lados

$$1,4 \times C = 1,058 \text{ m}^2$$

$$C = 0.75 \text{ m}$$

Este es el estado más desfavorable. Pues en la posición superior, esta fuerza va a quedar fuera del área de alcance y más alejada del apoyo más cercano; ocasionando una mayor flexión de la plancha.

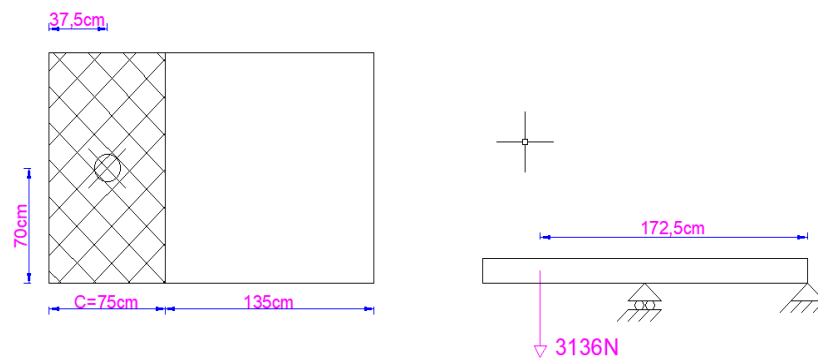


Figura N°26: Distribución de carga a lo largo del menor de los lados

Las fuerzas que se han determinado anteriormente se sitúan sobre el eje X, asimismo las distancias mostradas son ubicadas según nos dice la norma EN 280: 2001

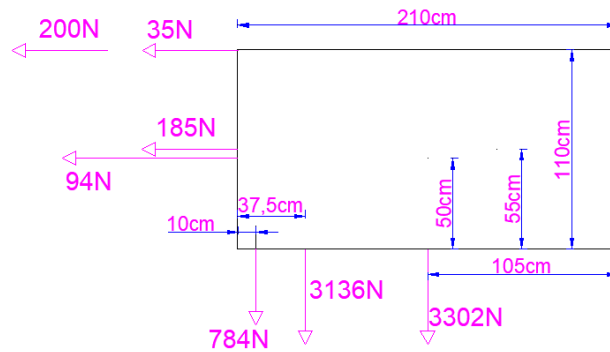


Figura N°27: Localización de cargas según norma

3.2.3. Plataforma de trabajo

Siendo el material a utilizar el acero de propiedades estándar y de uso comercial en nuestro país. Se escoge una plancha estriada bajo norma ASTM A36 empleada en construcción de plataformas, pisos, escaleras y estructuras en general. Asimismo para realizar los cálculos de la plataforma de trabajo, se considera el límite de fluencia del material el cual es $250\text{N/mm}^2=2530\text{KgF/cm}^2$. Se emplea un factor de seguridad igual a 2, que es para materiales promedio que operan en ambientes comunes y sujetos a cargas y esfuerzos que pueden determinarse.

$$FS= 2$$

$$FS=S/S \text{ adm}$$

$$S \text{ ad}= 2530/2 \text{ KgF/cm}^2 =1265 \text{ KgF/cm}^2$$

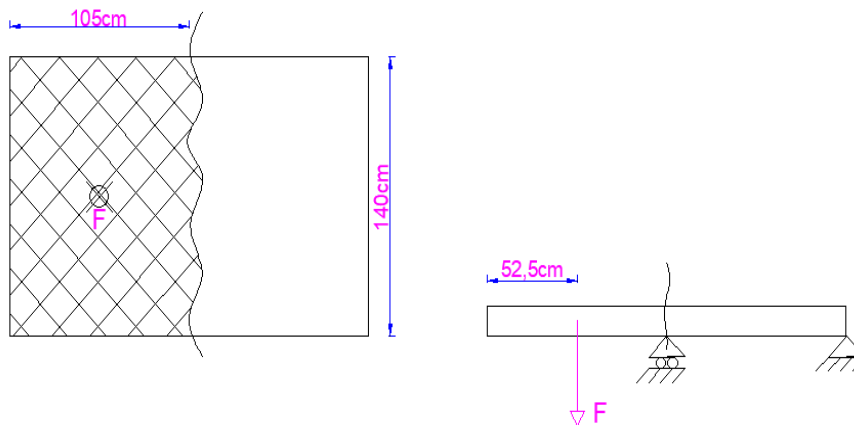


Figura N°28: Área de la plataforma más desfavorable

$$\Sigma M a = 784N \times 0,95m + 3136N \times 0,675m = 2861,6Nm$$

$$2861,6Nm = F \times (1,05/2)$$

$$F = 5450,6N$$

Finalmente la presión que se utiliza en el área seccionada es:

$$P = 5450,6N / (1,4m \times 1,05m) = 3707,9 N/m^2 = 0,038KgF/cm^2$$

Con la finalidad de que la plancha no se deforme se emplea la ecuación para hallar el esfuerzo máximo " σ_{max} ". Asimismo el coeficiente β se obtiene de la tabla 3.5

Tabla N°7: Pequeñas deflexiones

Tabla 1: Pequeñas deflexiones

h : espesor
 ν : módulo de Poisson
 q : carga distribuida
 W_{max} : flecha en el centro

$W_{max} < h/2$


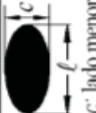
$\delta = \frac{1-\nu^2}{\delta_0}$

$\frac{W_{max}}{h} = \delta \frac{q}{E} \left(\frac{c}{h}\right)^4$

Error! Reference source not found.

$\sigma = \beta q \left(\frac{c}{h}\right)^2$

c : lado menor
 ℓ : lado mayor
 $\alpha = \frac{c}{\ell}$

Forma	Lados	δ_0	$1/\beta_c$ centro	$1/\beta_c$ empotramiento
	1 Apoyados	$85,333 \frac{1+\nu}{5+\nu}$	$\frac{10,667}{3+\nu}$	//////////
	2 Empotrados	85,333	$\frac{10,667}{1+\nu}$	5,333
	3 Apoyados	$6,37 + 5,91\alpha + 8,63\alpha^4$	$1,33 + 1,9\alpha^{2,2}$	//////////
	4 Empotrados	$32 + 53,33\alpha^3$	$4 + 4,2\alpha^3$	$2 + 3,33\alpha^3$
	5 Apoyados	$6,4 + 14,3\alpha^3$	$1,33 + 2,2\alpha^{2,8}$	//////////
	6 Empotrados	$32(1+\alpha^4)$	$4(1+\alpha^4)$	$2(1+\alpha^4)$
	7 Cortos apoyados Largos empotrados	$32 + 9,8\alpha^4$	$4 + \alpha^5$	$2 + 0,4\alpha^5$
	8 Cortos empotrados Largos apoyados	$6,4 + 37,4\alpha^{3,5}$	$\alpha < 0,8 \rightarrow 1,3 + 5,6\alpha^{3,2}$ $\alpha \geq 0,8 \rightarrow 3 + 2\alpha^3$	$1,33 + 1,1\alpha^{3,6}$

Nota: recuperado del libro compendio de cálculo estructural, 2017, P. 83

$$\alpha = c/l = 1,4\text{m}/2\text{m} = 0,7$$

$$\frac{1}{\beta} = 1,33 + 2,2 \times \alpha^{2,8} = 2,14$$

$$\beta = 0,467$$

- Caso1: esfuerzo máximo para h= 10 mm

$$\sigma_{max} = 0,467 \times 0,038 \times \left(\frac{1400}{10}\right)^2 = 347,8\text{KgF}/\text{cm}^2$$

- Caso2: esfuerzo máximo para h= 6 mm

$$\sigma_{max} = 0,467 \times 0,038 \times \left(\frac{1400}{6}\right)^2 = 966,2\text{KgF}/\text{cm}^2$$

- Caso3: esfuerzo máximo para h= 5.3 mm

$$\sigma_{max} = 0,467 \times 0,038 \times \left(\frac{1400}{5,3}\right)^2 = 1238,2\text{KgF}/\text{cm}^2$$

Se ingresó tres diferentes tipos de espesores en la ecuación, donde se concluye que para un h=5,3mm se obtiene un esfuerzo máximo de 1238,2KgF/cm²; lo cual indica que la plancha no se deformara ya que el límite de fluencia del material es de 1265KgF/cm² utilizando un factor de seguridad igual a 2, por lo tanto se emplea una plancha estriada que tenga un espesor igual o mayor a 5,3mm.

- **Selección de la plataforma de trabajo**

Se considera una estructura que soporte la plataforma de trabajo, la cual está compuesta por 5 ángulos estructurales; los cuales estarán soldados en forma invertida. Esta estructura tiene como función reforzar la plataforma de trabajo, mejorando su resistencia a la deformación. Mediante los cálculos mostrados abajo, procedemos a seleccionar una plancha estriada laminada en caliente de 5,9 x 1,2 x 2,4mm del fabricante Aceros Arequipa (tabla en el anexo 7)

P Acero=7850 Kg/m³

Volumen= (2,1 x 1,4 x 5,9 x 10⁻³) m³

V=0,01735 m³

W=P (V)

W=7850 Kg/m³ (0,01735 m³)

W=136,2Kg

Tabla N°8: Masa total de plataforma de trabajo

Material	Elemento	Cantidad	Longitud "m"		Masa "Kg"	
			Individual	Total	Individual	Subtotal
Angulo 2x2x1/4	1	2	2,1	4,2	4,747	19,94
Angulo 2x2x1/4	2	3	1,4	4,2	4,747	19,94
Plancha 5,9x1,4x2,1	3	1			136,2	136,2
					Total	176,08

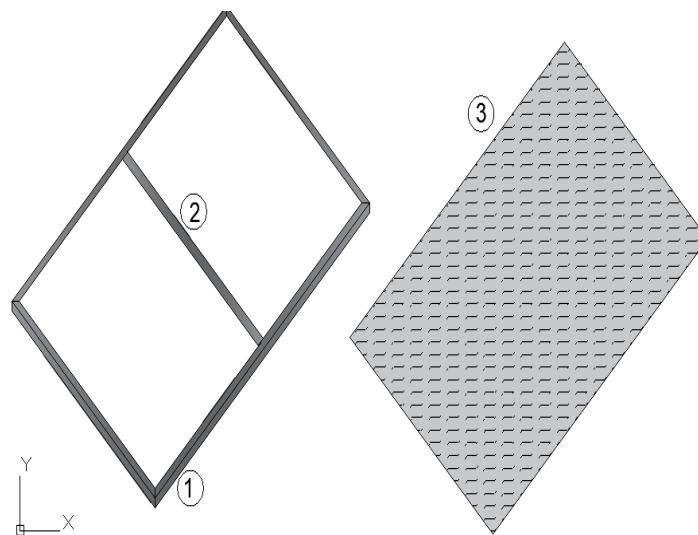


Figura N°29: Soporte y plancha estriada

- **Selección de barandas**

La norma EN 280:2001 dice: se deben colocar protecciones en todos los lados de la plataforma de trabajo para prevenir caídas de personas y materiales. Las protecciones deben fijarse sólidamente a la plataforma y consistir como mínimo

en un pretil de al menos 1,1m, un zócalo con altura entre 0,1m y 0,15m. También llevar un pretil intermedio a 0,55m del pretil superior. Según las disposiciones antes mencionadas se selecciona tubos laminados en frío y para los zócalos; se utiliza platinas de sección transversal rectangular. Ambos son seleccionados de catálogos de Aceros Arequipa (Anexos 8 y 9).

Tabla N°9: Masa total de barandas

Material	Elemento	Cantidad	Longitud "m"		Masa "Kg"	
			Individual	Total	Individual	Subtotal
Tubo red 2"x1,5mm	1	2	2,1	4,2	1,824	12,77
	2	2	1,4	2,8		
Tubo red 1 1/2"x1,5mm	3	11	1,1	12,1	1,354	16,38
Tubo red 1"x1,5mm	4	11	0,7	7,7	0,884	6,8
platina 1/8" x2"	5	4	1,4	5,6	1,27	17,8
	6	4	2,1	8,4		
					Total	53,75

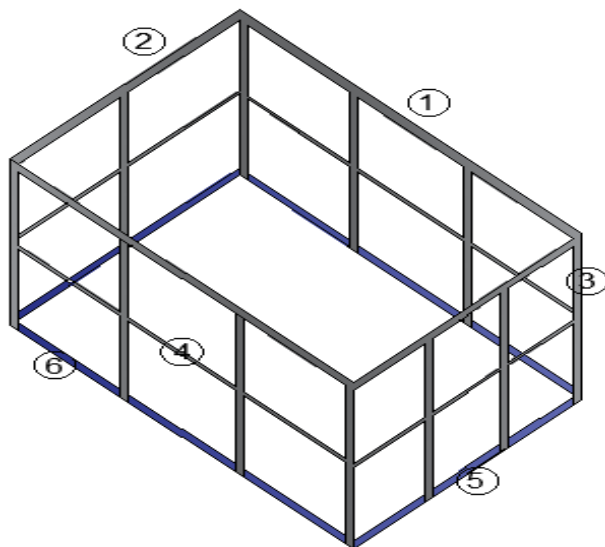


Figura N°30: Barandas de seguridad

3.2.4. Calculo de la posición y fuerza del cilindro hidráulico

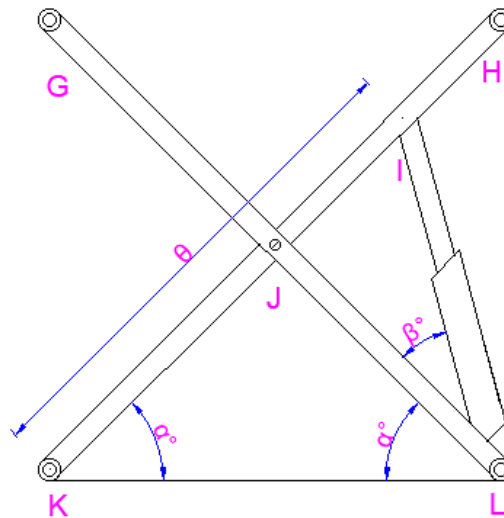


Figura N°31: Diagrama de ubicación del cilindro hidráulico

El cilindro hidráulico se encuentra ubicado en un plano paralelo a los brazos de elevación. El vástago del cilindro está ubicado en el punto I respecto al brazo HK siendo la distancia Θ el valor de la distancia. Se considera que los brazos de elevación tengan una longitud de 2,1m igual al largo de la plataforma de trabajo y al chasis. se procede a determinar la distancia más óptima en donde debe estar situado el cilindro hidráulico con respecto al brazo de elevación KH; se planteó la ubicación del punto I en cinco diferentes posiciones para calcular la distancia deseada como se muestra a continuación:

- Caso 1: $\Theta=800\text{mm}$

Hallando distancia más corta =IL1

$$\frac{1050}{\sin 7 + \beta} = \frac{250}{\sin 7 - \beta} = \frac{IL}{\sin 166}$$

$$\frac{\sin 7 - \beta}{\sin 7 + \beta} = 0,238$$

$$\beta = 4,3^\circ$$

$$\frac{250}{\sin 2,7} = \frac{IL1}{\sin 166}$$

$$IL1 = 1284\text{mm}$$

Hallando distancia más larga=IL2

$$\begin{aligned}\frac{1050}{\sin 60 + \beta} &= \frac{250}{\sin 60 - \beta} = \frac{IL}{\sin 60} \\ \frac{\sin 60 - \beta}{\sin 60 + \beta} &= 0,238 \\ \beta &= 47,7^\circ \\ \frac{250}{\sin 60 - 47,7} &= \frac{IL2}{\sin 60} \\ IL2 &= 1016,3mm\end{aligned}$$

Hallando carrera del cilindro=C

$$C = IL2 - IL1 = -267,7mm$$

- Caso 2: $\Theta=1200mm$

Hallando distancia más corta =IL1

$$\begin{aligned}\frac{1050}{\sin 166 - \beta} &= \frac{150}{\sin \beta} = \frac{IL}{\sin 14} \\ \frac{\sin \beta}{\sin 166 - \beta} &= 0,143 \\ \beta &= 2,3^\circ \\ \frac{250}{\sin 2,7} &= \frac{IL1}{\sin 166} \\ IL1 &= 1284mm\end{aligned}$$

Hallando distancia más larga=IL2

$$\begin{aligned}\frac{1050}{\sin 60 - \beta} &= \frac{150}{\sin \beta} = \frac{IL}{\sin 120} \\ \frac{\sin \beta}{\sin 60 - \beta} &= 0,143 \\ \beta &= 6,6^\circ \\ \frac{150}{\sin 6,6} &= \frac{IL2}{\sin 120} \\ IL2 &= 1130,2mm\end{aligned}$$

Hallando carrera del cilindro=C

$$C = IL2 - IL1 = 226,0mm$$

- Caso 3: $\Theta=1400mm$
Hallando distancia más corta =IL1

$$\frac{1050}{\sin 166 - \beta} = \frac{350}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\sin 14}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\sin 166 - \beta} = 0,333$$

$$\beta = 7^\circ$$

$$\frac{350}{\text{sen}7} = \frac{IL1}{\sin 14}$$

$$IL1 = 694,8\text{mm}$$

Hallando distancia más larga=IL2

$$\frac{1050}{\sin 60 - \beta} = \frac{350}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\sin 120}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\sin 60 - \beta} = 0,333$$

$$\beta = 14^\circ$$

$$\frac{350}{\text{sen}14} = \frac{IL2}{\sin 120}$$

$$IL2 = 1252,9\text{mm}$$

Hallando carrera del cilindro=C

$$C = IL2 - IL1 = 558,5\text{mm}$$

- Caso 4: $\Theta=1700\text{mm}$

Hallando distancia más corta =IL1

$$\frac{1050}{\sin 166 - \beta} = \frac{650}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\sin 14}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\sin 166 - \beta} = 0,620$$

$$\beta = 21^\circ$$

$$\frac{650}{\text{sen}21} = \frac{IL1}{\sin 14}$$

$$IL1 = 438,8\text{mm}$$

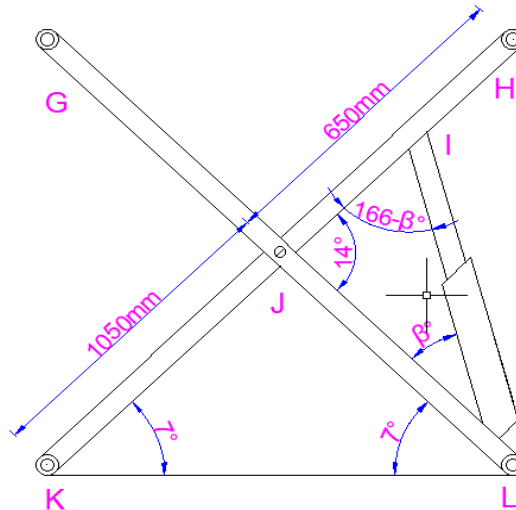


Figura N°32: Ubicación del cilindro con $\alpha=7^\circ$

Hallando distancia más larga= $IL2$

$$\frac{1050}{\sin 60 - \beta} = \frac{650}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\sin 120}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\sin 60 - \beta} = 0,620$$

$$\beta = 22,5^\circ$$

$$\frac{650}{\text{sen}22,5} = \frac{IL2}{\sin 120}$$

$$IL2 = 1470,9\text{mm}$$

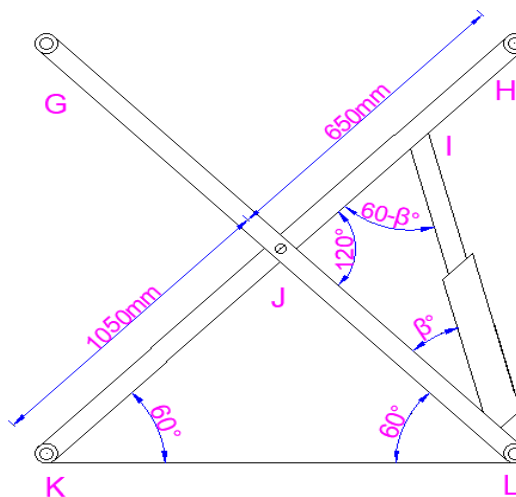


Figura N°33: Ubicación del cilindro con $\alpha=60^\circ$

Hallando carrera del cilindro= C

$$C = IL2 - IL1 = 1032,2\text{mm}$$

- Caso 5: $\Theta=2000\text{mm}$

Hallando distancia más corta =IL 1

$$\frac{1050}{\sin 166 - \beta} = \frac{950}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\sin 14}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\sin 166 - \beta} = 0,905$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$\frac{950}{\text{sen}60} = \frac{IL1}{\sin 14}$$

$$IL1 = 265,4mm$$

Hallando distancia más larga=IL2

$$\frac{1050}{\sin 60 - \beta} = \frac{950}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\sin 120}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\sin 60 - \beta} = 0,905$$

$$\beta = 28,5^\circ$$

$$\frac{950}{\text{sen}28,5} = \frac{IL2}{\sin 120}$$

$$IL2 = 1724,2mm$$

Hallando carrera del cilindro=C

$$C = IL2 - IL1 = 1458,8mm$$

se calculó la distancia más corta de IL, la cual corresponde a la posición más baja de la plataforma y presenta una inclinación en los brazos de elevación igual a 7°.se calculó la distancia más larga de IL, la cual corresponde a la posición más alta de la plataforma de trabajo y presenta una inclinación de igual a 60°. Se calculó la carrera del cilindro hidráulico, la cual es determinada por la diferencia entre la distancia más larga y la distancia más corta.

Tabla N°10: Carrera del cilindro hidráulico

distancia θ	distancia IL1	distancia IL2	carrera C	Conclusión
800	1284	1016,3	-267,70	no cumple
1200	904,2	1130,2	226	si cumple
1400	694,8	1252,9	558,1	si cumple
1700	438,8	1470,9	1032,2	no cumple
2000	265,4	1724,2	1458,8	no cumple

De tabla mostrada arriba se aprecia que para una distancia de 800mm se obtiene una carrera de valor negativo, por lo cual se descarta esta opción. Asimismo para las distancias 1700 y 2000mm la carrera del cilindro resulta ser superior a la distancia más corta; por lo cual ambos son descartados debido a que es imposible encontrar un cilindro hidráulico que presente una carrera de mayor tamaño que el cuerpo del cilindro. Se tiene como distancias validas de 1200mm y 1400mm, entonces se utiliza la distancia promedio de los dos para este diseño. Se obtiene una distancia $\Theta = 1300\text{mm}$, se realiza cálculos en diferentes ángulos de elevación para evaluar el comportamiento del cilindro hidráulico.

Hallando distancia con ángulo $\alpha = 7^\circ$

$$\frac{1050}{\sin 166 - \beta} = \frac{250}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\sin 14}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\sin 166 - \beta} = 0,238$$

$$\beta = 4,3^\circ$$

$$\frac{250}{\text{sen}4,3} = \frac{IL}{\sin 14}$$

$$IL = 806,6\text{mm}$$

Hallando distancia con ángulo $\alpha = 17^\circ$

$$\frac{1050}{\sin 146 - \beta} = \frac{250}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\sin 34}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\sin 146 - \beta} = 0,238$$

$$\beta = 9,5^\circ$$

$$\frac{250}{\text{sen}9,5} = \frac{IL}{\sin 34}$$

$$IL = 847\text{mm}$$

Hallando distancia con ángulo $\alpha = 27^\circ$

$$\frac{1050}{\sin 126 - \beta} = \frac{250}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\sin 54}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\sin 126 - \beta} = 0,238$$

$$\beta = 12,5^\circ$$

$$\frac{250}{\text{sen}12,5} = \frac{IL}{\text{sin} 54}$$

$$IL = 934,5\text{mm}$$

Hallando distancia con ángulo $\alpha=37^\circ$

$$\frac{1050}{\text{sin} 106 - \beta} = \frac{250}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\text{sin} 74}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\text{sin} 106 - \beta} = 0,238$$

$$\beta = 13,5^\circ$$

$$\frac{250}{\text{sen}13,5} = \frac{IL}{\text{sin} 74}$$

$$IL = 1029,5\text{mm}$$

Hallando distancia con ángulo $\alpha=47^\circ$

$$\frac{1050}{\text{sin} 86 - \beta} = \frac{250}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\text{sin} 94}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\text{sin} 86 - \beta} = 0,238$$

$$\beta = 13^\circ$$

$$\frac{250}{\text{sen}13} = \frac{IL}{\text{sin} 94}$$

$$IL = 1108,7\text{mm}$$

Hallando distancia con ángulo $\alpha=60^\circ$

$$\frac{1050}{\text{sin} 60 - \beta} = \frac{250}{\text{sen}\beta} = \frac{IL}{\text{sin} 120}$$

$$\frac{\text{sen}\beta}{\text{sin} 60 - \beta} = 0,238$$

$$\beta = 10,5^\circ$$

$$\frac{250}{\text{sen}10,5} = \frac{IL}{\text{sin} 120}$$

$$IL = 1188\text{mm}$$

Hallando carrera del cilindro=C

$$C = IL2 - IL1 = 381,5\text{mm}$$

Tabla N°11: Distancias y ángulos del cilindro hidráulico

Angulo en tijeras α	angulo en cilindro $\alpha+\beta$	distancia IL
7°	11,3°	0,8m
17°	26,5°	0,85m
27°	39,5°	0,93m
37°	50,5°	1,03m
47°	60°	1,10m
60°	70,5°	1,18m

La fuerza del cilindro hidráulico se calculó utilizando el método de trabajo virtual, siendo este método muy utilizado cuando el problema propuesto posee 1 grado de libertad. Se analiza la figura mostrada para evaluar el comportamiento del elevador móvil y se procede a realizar cálculos en función del método mencionado. Primero se introduce una fuerza puntual aplicada en el centro de la plataforma que nos facilitara realizar los cálculos. Donde A y B son los pesos de la persona y las herramientas respectivamente. Entonces la fuerza puntual W viene a ser aplicada en el centro de la plataforma y origina el mismo momento que las fuerzas individuales ubicadas sobre la plataforma.

-aplicando sumatoria de momentos en el punto b, se obtiene un trabajo el cual es equivalente al desplazar todo, por una fuerza W

$$784\text{N} \times 2\text{m} + 3136\text{N} \times 1,725\text{m} + 3302\text{N} \times 1,05 =$$

$$1568\text{Nm} + 5409,6\text{Nm} + 3467,1\text{Nm} = 10444,7\text{Nm}$$

$$W (1,05\text{m}) = 1568\text{Nm}$$

$$W = 9947,3\text{N}$$

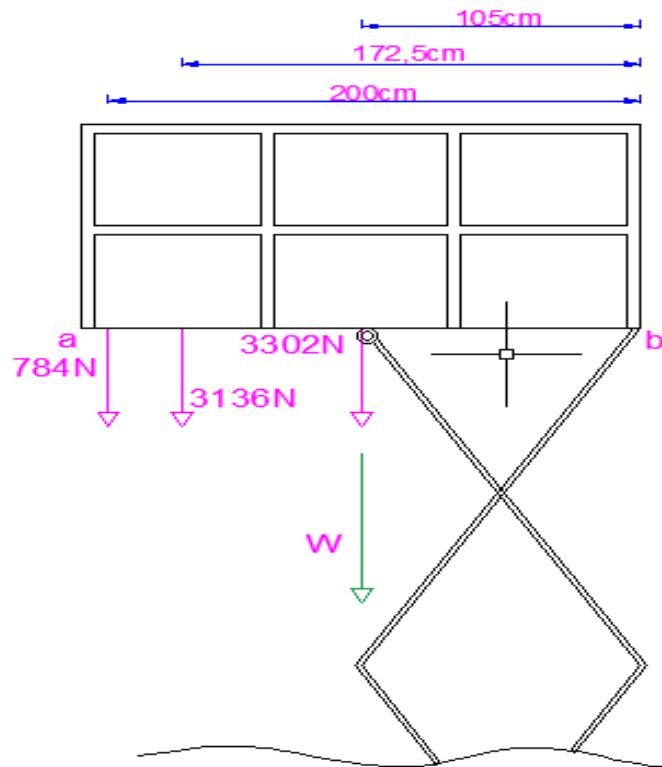


Figura N°34: Ubicación de la fuerza puntual en la estructura

Aplicando el método de trabajo virtual:

$$U = \sum_i^n F_{yi} \times \delta y = 0$$

$$-W\delta y + F_p (\delta S) = 0$$

Se halla el desplazamiento de la plataforma de trabajo en el eje vertical aplicando derivada de y

$$y = 3 \text{sen}(\alpha)$$

$$\delta y = 3L \cos(\alpha) \delta \alpha$$

Aplicando la ley de cosenos se obtiene:

$$S^2 = \theta^2 + (L \cos \alpha)^2 - 2L \cos \alpha (\theta) \cos \alpha$$

$$\delta S = \frac{\cos \alpha \sin \alpha [4L\theta - 2L^2]}{2S} \times \delta \alpha$$

Remplazando las ecuaciones en la formula principal para determinar la fuerza del cilindro hidráulico.

$$-W\delta y + F_p (\delta S) = 0$$

$$\frac{(F_p) \cos \alpha \sin \alpha [4L\theta - 2L^2]}{2S} \delta \alpha = W3L\cos(\alpha)\delta \alpha$$

$$F_p = \frac{6WLS}{\sin \alpha [4L\theta - 2L^2]}$$

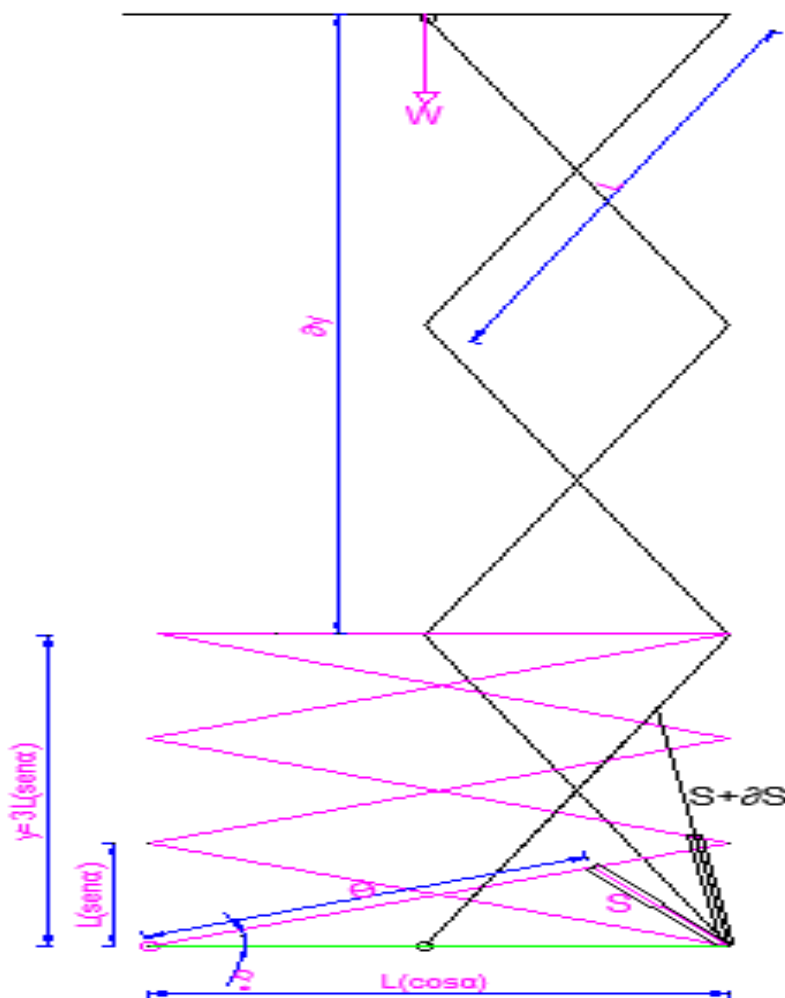


Figura N°35: Trabajo virtual en la estructura

Datos calculados anteriormente para remplazar en la ecuación obtenida:

$$L = 2,1\text{m}$$

$$S = \langle 0,80\text{m}; 1,18\text{m} \rangle$$

$$W = 9947,3\text{N}$$

$$\Theta = 1,3\text{m}$$

$$F_{p1} = \frac{6 \times 9947,3 \times 2,1 \times 0,80}{\sin 7^\circ (4 \times 2,1 \times 1,3 - 2 \times 2,1^2)} \frac{\text{Nm}^2}{\text{m}^2} = 391788,8\text{N}$$

$$F_{p2} = \frac{6 \times 9947,3 \times 2,1 \times 0,85}{\sin 17^\circ (4 \times 2,1 \times 1,3 - 2 \times 2,1^2)} \frac{\text{Nm}^2}{\text{m}^2} = 173516,2\text{N}$$

$$F_{p3} = \frac{6 \times 9947,3 \times 2,1 \times 0,93}{\sin 27^\circ (4 \times 2,1 \times 1,3 - 2 \times 2,1^2)} \frac{\text{Nm}^2}{\text{m}^2} = 122262,3\text{N}$$

$$F_{p4} = \frac{6 \times 9947,3 \times 2,1 \times 1,03}{\sin 37^\circ (4 \times 2,1 \times 1,3 - 2 \times 2,1^2)} \frac{\text{Nm}^2}{\text{m}^2} = 102148,2\text{N}$$

$$F_{p5} = \frac{6 \times 9947,3 \times 2,1 \times 1,1}{\sin 47^\circ (4 \times 2,1 \times 1,3 - 2 \times 2,1^2)} \frac{\text{Nm}^2}{\text{m}^2} = 89768\text{N}$$

$$F_{p6} = \frac{6 \times 9947,3 \times 2,1 \times 1,18}{\sin 60^\circ (4 \times 2,1 \times 1,3 - 2 \times 2,1^2)} \frac{\text{Nm}^2}{\text{m}^2} = 81322\text{N}$$

Mediante los cálculos mostrados, se interpreta que cuando el elevador se encuentra en su posición inferior, es donde el cilindro tiene que desarrollar una mayor fuerza. Esto también se debe a que el cilindro parte del reposo y tiene que romper la inercia que existe debida a la carga que está sometida. Por lo tanto para realizar los demás cálculos se utiliza la fuerza de 391788N

- **Selección del cilindro hidráulico**

La norma EN 280:2001 dice que no se debe sobrepasar la velocidad de 0.4 m/s para la subida de la plataforma de trabajo. Entonces teniendo esta restricción, se determina el tiempo de subida de la plataforma de trabajo.

$$v = e / t$$

$$t = 6m / (0,4 \text{ m/s}) = 15 \text{ s}$$

Hallando la velocidad en el cilindro hidráulico:

$$v = 0,382m / 15s = 0,025 \text{ m/s} = 25\text{mm/s}$$

En el catálogo de cilindros hidráulicos de la empresa Bosch, se encuentra cilindros que trabajan a presiones máximas de 70, 160 y 210 bar. Para el cálculo se escoge 160 bares.

Tabla N°12: Relación entre el factor de carga y velocidad del pistón

Velocidad del pistón (mm/s)	Factor máximo de carga
8 a 100	70%
101 a 200	30%
201 a 300	10%

Nota: recuperado del libro neumática e hidráulica, 2007, P. 161

La fuerza de salida del cilindro es:

$$FC \times \text{carga total} = 70\% \times 391788\text{N} = 274252,2\text{N}$$

$$F_{ex} = P \frac{\pi \times D_p^2}{4} \times 0,9$$

$$D_p = \sqrt[2]{\frac{4 \times F_{ex}}{0,9 \times \pi \times P}} = \sqrt[2]{\frac{4 \times 274252,2}{0,9 \times \pi \times 160 \times 10^5}}$$

$$D_p = 0,155\text{m} = 155\text{mm}$$

Tabla N°13: Datos para seleccionar el cilindro

Parametro	Valor	unidad
Fuerza de salida	274252,2	N
Carrera	0,382	m
Diametro embolo	0,155	m
Distancia mas corta	0,80	m
Distancia mas larga	1,18	m
Presion	160	bar

Teniéndose definido los valores de la tabla de arriba, se selecciona el cilindro diferencial con serie CDT3 marca Bosch, con características técnicas mostradas en la figura siguiente:

Piston ØAL mm	Piston rod ØMM mm		Area ratio φ A_1/A_3	Areas			Force ¹⁾						Flow at 0.1 m/s ²⁾			Max. avail- able stroke length (mm)		
	160 bar	210 bar		Piston A_1 cm ²	Rod A_2 cm ²	Ring A_3 cm ²	Pressure F_1 kN		Diff. F_2 kN		Pulling F_3 kN		Off q_{v1} l/min	Diff. q_{v2} l/min	On q_{v3} l/min			
							160 bar	210 bar	160 bar	210 bar	160 bar	210 bar						
25	12 18	- 18	1.3 2.07	4.91	1.13 2.54	3.78 2.37	7.86	-	1.81 4.06	-	5.33	6.05 3.79	-	4.98	2.9	0.70 1.50	2.30 1.40	600
32	14 22	- 22	1.25 1.90	8.04	1.54 3.80	6.5 4.24	12.86	-	2.46 6.08	-	7.98	10.40 6.78	-	8.90	4.8	0.90 2.30	3.90 2.50	800
40	18 22 ³⁾ 28	- 22 ³⁾ 28	1.25 1.43 1.96	12.56	2.54 3.80 6.16	10.02 8.76 6.4	20.10	-	4.06 6.08 9.86	-	7.98	16.03 14.02 10.24	-	18.40 13.44	7.5	1.50 2.30 3.70	6.00 5.30 3.80	1000
50	22 28 ³⁾ 36	- 28 ³⁾ 36	1.25 1.46 2.08	19.63	3.8 6.16 10.18	15.83 13.47 9.45	31.41	-	6.08 9.86 16.29	-	12.94	25.33 21.55 15.12	-	19.85	11.8	2.30 3.70 6.10	9.50 8.10 5.70	1200
63	28 36 ³⁾ 45	- 36 ³⁾ 45	1.25 1.48 2.04	31.17	6.16 10.18 15.90	25.01 20.99 15.27	49.87	-	9.86 16.29 25.44	-	12.94	40.02 33.58 24.43	-	32.07	18.7	3.70 6.10 9.50	15.00 12.60 9.20	1400
80	36 45 ³⁾ 56	- 45 ³⁾ 56	1.25 1.46 1.96	50.26	10.18 15.90 24.63	40.08 34.36 25.63	80.42	-	16.29 25.44 39.41	-	21.38	64.13 54.98 41.01	-	53.82	30.2	6.10 9.50 14.80	24.00 20.60 15.40	1700
100	45 56 ³⁾ 70	- 56 ³⁾ 70	1.25 1.46 1.96	78.54	15.90 24.63 38.48	62.64 53.91 40.06	125.66	-	25.44 39.41 61.57	-	33.39	100.22 86.26 64.10	-	84.13	47.1	9.50 14.80 23.10	37.60 32.30 24.00	2000
125	56 70 ³⁾ 90	- 70 ^{3;4)} 90 ⁴⁾	1.25 1.46 2.08	122.72	24.63 38.48 63.62	98.09 84.24 59.1	196.35	- 4)	39.41 61.57 101.79	-	51.72	156.94 134.78 94.56	-	4)	73.6	14.80 23.10 38.20	58.90 50.50 35.50	2300
160	70 110	- 110 ⁴⁾	1.25 1.90	201.06	38.48 95.03	162.58 106.03	321.70	- 4)	61.57 152.05	-	80.81	260.13 169.65	-	4)	120.6	23.10 57.00	97.50 63.60	2600
200	90 140	- 140 ⁴⁾	1.25 1.96	314.16	63.62 153.94	250.54 160.22	502.66	- 4)	101.79 246.30	-	133.60	400.86 256.35	-	4)	188.5	38.20 92.40	150.30 96.10	2700

Figura N°36: Catálogo de productos hidráulicos industriales

Nota: recuperado de www.boschrexroth.com, julio 2018, p. 371

Para la elección del diámetro del vástago, el fabricante nos recomienda: para determinar la longitud de carrera admisible para cargas no guiadas bajo solicitud o pedido, los cálculos de pandeo son llevados con las siguientes formulas:

Kinking

The admissible stroke length with flexibly guided load and a factor of 3.5 for safety against kinking can be seen from the relevant table. For other installation positions of the cylinder, the admissible stroke length must be interpolated. Admissible stroke length for non-guided load on request.

Kinking calculations are carried out according to the following formulas:

1. Calculation according to Euler

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{v \cdot L_K^2} \text{ if } \lambda > \lambda_g$$

2. Calculation according to Tetmajer

$$F = \frac{d^2 \cdot \pi (335 - 0,62 \cdot \lambda)}{4 \cdot v} \text{ if } \lambda \leq \lambda_g$$

Explanation:

E = modulus of elasticity in N/mm²

= 2.1×10^5 for steel

I = geometrical moment of inertia in mm⁴

$$\text{for circular cross-section} = \frac{d^4 \cdot \pi}{64} = 0.0491 \cdot d^4$$

v = 3.5 (safety factor)

L_K = free kinking length in mm (depending on the type of mounting see sketches A, B, C)

d = piston rod Ø in mm

λ = slenderness ratio

$$= \frac{4 \cdot L_K}{d} \quad \lambda_g = \pi \sqrt{\frac{E}{0.8 \cdot R_e}}$$

R_e = yield strength of the piston rod material

Influence of the type of mounting on the kinking length:

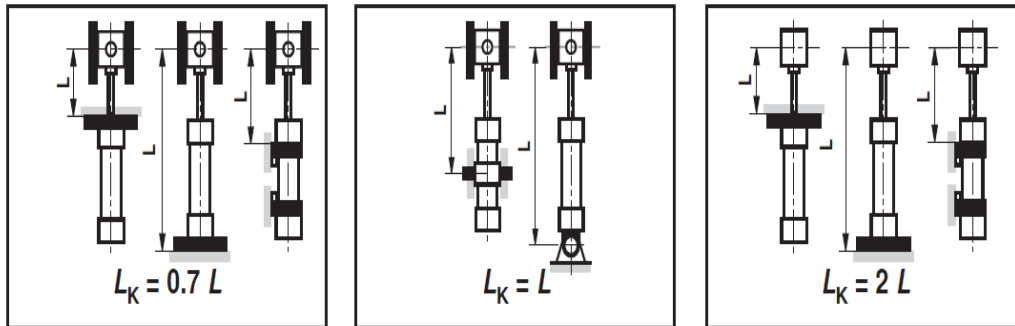


Figura N°37: Ecuaciones de pandeo

Nota: recuperado de www.boschrexroth.com, julio 2018, p. 418

Caso 1: para diámetro $d=70\text{mm}$

- usando ecuación de Euler:

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{v \cdot L_K^2}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi (0,07^4)}{64} = 1,18 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$Lk^2 = \frac{\pi^2 \times E \times I}{F \times V} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 1,8 \times 10^{-6}}{274252,2 \times 3,5} \frac{\frac{N}{m^2} \times m^4}{N}$$

$$Lk = 1,59m = 2L$$

$$L = 0,798m$$

- usando ecuación de Tetmajer:

$$F = \frac{\pi d^2 (335 - 0,62\lambda)}{4V}$$

$$0,62\lambda = 335 - \frac{F4V}{d^2\pi} = 335 - \frac{274252,2 \times 4 \times 3,5}{\pi(0,07^2)}$$

$$\lambda = -402290642$$

$$\lambda = \frac{4Lk}{d}$$

$$L = \frac{\lambda(d)}{4 \times 2} = -3696045m$$

Caso 2: para diámetro d=110mm

- usando ecuación de Euler:

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi(0,11^4)}{64} = 7,187 \times 10^{-6} m^4$$

$$Lk^2 = \frac{\pi^2 \times E \times I}{F \times V} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 7,187 \times 10^{-6}}{274252,2 \times 3,5} \frac{\frac{N}{m^2} \times m^4}{N}$$

$$Lk = 3,94m = 2L$$

$$L = 1,97m$$

- usando ecuación de Tetmajer:

$$0.62\lambda = 335 - \frac{F4V}{d^2\pi} = 335 - \frac{274252,2 \times 4 \times 3,5}{\pi(0,11^2)}$$

$$\lambda = -101004674,3$$

$$\lambda = \frac{4Lk}{d}$$

$$L = \frac{\lambda(d)}{4 \times 2} = -2352024,4m$$

Con los cálculos efectuados se concluye que mediante la ecuación de Euler, es posible determinar el diámetro idóneo para el diseño propuesto. Obteniéndose que un diámetro igual a 70mm es factible para ser seleccionado.

Carrera admisible > carrera de diseño

$$0,975m > 0,382m$$

3.2.5 Bomba hidráulica

La presión que suministra la bomba tiene que ser necesaria para desplazar el pistón, pero también se debe considerar las pérdidas de presión en las tuberías, válvulas y accesorios del sistema hidráulico. Para el diseño presentado se considera una pérdida del 5%.

$$P_{bomba} = P_{cilindro} + P_{perdida}$$

$$P_{bomba} = 160 + 5\%(160) = 168 \text{ bar} = 168 \times 10^5 \text{ Pa}$$

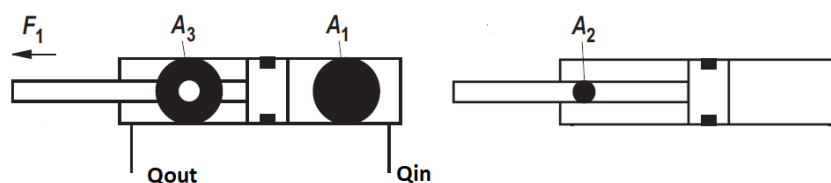


Figura N°38: Cilindro hidráulico diferencial

Nota: recuperado de www.boschrexroth.com, julio 2018, p. 371

A1= área del pistón

Q out= caudal de salida

A2= área del vástago

Q in= caudal de entrada (bomba)

A3= área diferencial

$$A1 = \frac{\pi(Dp^2)}{4} = \frac{\pi(0,16^2)}{4} = 0,0201m^2$$

$$A2 = \frac{\pi(Dv^2)}{4} = \frac{\pi(0,07^2)}{4} = 3,848 \times 10^{-3}m^2$$

$$A3 = \frac{\pi(Dp^2)}{4} - \frac{\pi(Dv^2)}{4} = \frac{\pi(0,16^2)}{4} - \frac{\pi(0,07^2)}{4} = 0,016m^2$$

$Q_{in} = \text{Velocidad} \times \text{Area del pistón}$

$$Q_{in} = 0,0255 \times 0,021 \frac{m \times m^2}{s} = 5,127 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 30,76 \frac{l}{min}$$

$Q_{out} = \text{Velocidad} \times \text{Area diferencial}$

$$Q_{out} = 0,0255 \times 0,016 \frac{m \times m^2}{s} = 4,08 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 24,50 \frac{l}{min}$$

La bomba a seleccionar debe proporcionar una presión igual o mayor a 168 bar, para determinar el valor de la cilindrada es necesario es necesario conocer a cuantas revoluciones de giro va a trabajar la bomba, para el diseño se empleara N=2000rpm. Con los datos mencionados se selecciona la bomba de engranajes ALPD22 del fabricante Marzocchi; la cual cumple con los requisitos según los cálculos realizados.

$$\text{Cilindrada} = Q/N$$

$$C = \frac{5,127 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} \times \frac{(100cm)^3}{(1m)^3}}{2000 \frac{rev}{min} \times \frac{1min}{60s}} = 15,38 \frac{cm^3}{rev}$$

TIPO TYPE	CILINDRADA DISPLACEMENT	CAUDAL a 1500 giros/min FLOW at 1500 rev/min	PRESIÓN MÁXIMA MAX PRESSURE			VELOCIDAD MÁXIMA MAX SPEED	DIMENSIONES DIMENSIONS					
			P ₁	P ₂	P ₃		L	M	d	D	h	H
	cm ³ /giro [cm ³ /rev]	litros /min [litres/min]	bar	bar	bar	giros/min [rpm]	mm	mm	mm	mm	mm	mm
ALP2-D-6	4,5	6,4	250	270	290	4000	45,5	93,5	13	13	M6	30
ALP2-D-9	6,4	9,1	250	270	290	4000	47	96,5	13	13	M6	30
ALP2-D-10	7,0	10,0	250	270	290	4000	47,5	97,5	13	13	M8	40
ALP2-D-12	8,3	11,8	250	270	290	3500	48,5	99,5	13	13	M8	40
ALP2-D-13	9,6	13,7	250	270	290	3000	49,5	101,5	13	13	M8	40
ALP2-D-16	11,5	16,4	230	250	270	4000	51	104,5	19	13	M8	40
ALP2-D-20	14,1	20,1	230	250	270	4000	53	108,5	19	13	M8	40
ALP2-D-22	16,0	22,8	210	225	240	4000	54,5	111,5	19	13	M8	40
ALP2-D-25	17,9	25,5	210	225	240	3600	56	114,5	19	13	M8	40
ALP2-D-30	21,1	30,1	180	195	210	3200	58,5	119,5	19	19	M8	40
ALP2-D-34	23,7	33,7	180	195	210	3000	60,5	123,5	19	19	M8	40
ALP2-D-37	25,5	36,4	170	185	200	2800	62	126,5	19	19	M8	40
ALP2-D-40	28,2	40,1	170	185	200	2500	64	130,5	19	19	M8	40
ALP2-D-50	35,2	50,2	140	155	170	2500	69,5	141,5	21	19	M8	40

Figura N°39: Catálogo de bombas de engranajes del fabricante Marzocchi

Nota: recuperado de www.italmatic.es/assets/catalogo-marzocchi-alp-es-en.pdf, julio 2018, p. 22

3.2.6 Motor eléctrico

$$P_m = \frac{\text{Presion} \times \text{caudal}}{n}$$

$$P_m = \frac{168 \times 10^5 \frac{N}{m^2} \times 5,127 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{0,9} = 9560 \text{ w} = 9,5 \text{ Kw}$$

Asimismo el fabricante Marzocchi, en su catálogo de bombas de engranajes muestra un diagrama que permite determinar la potencia que necesita la bomba a seleccionar; relacionando la presión de la bomba y velocidad de giro a la cual va a trabajar. Por

lo tanto del diagrama siguiente también nos permite contrastar que la potencia útil de 9,5 Kw calculada es la idónea para el diseño.

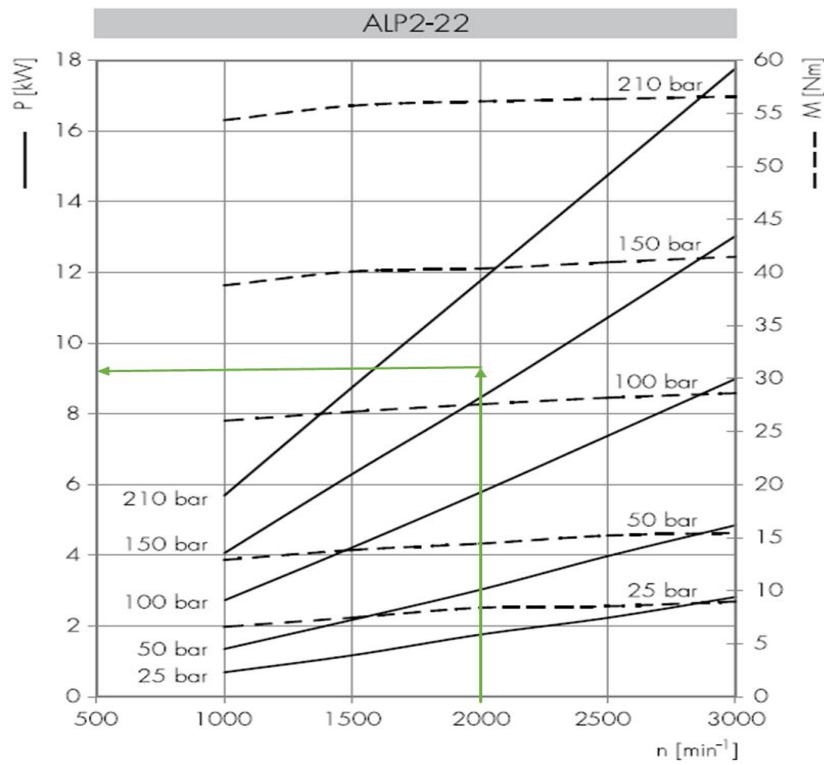


Figura N°40: Diagrama de bomba ALP2-16

Nota: recuperado de www.italmatic.es/assets/catalogo-marzocchi-alp-es-en.pdf, julio 2018, p. 81

3.2.7 Calculo de fuerzas en la estructura

La estructura del elevador está compuesta por brazos de elevación tipo tijeral, de dos cuerpos, siendo simétrico cada cuerpo de elevación. Por lo tanto cada cuerpo recibe la mitad del peso. Esta estructura consta de apoyos fijos en los puntos b y l. también presenta dos apoyos móviles en los puntos a y k.

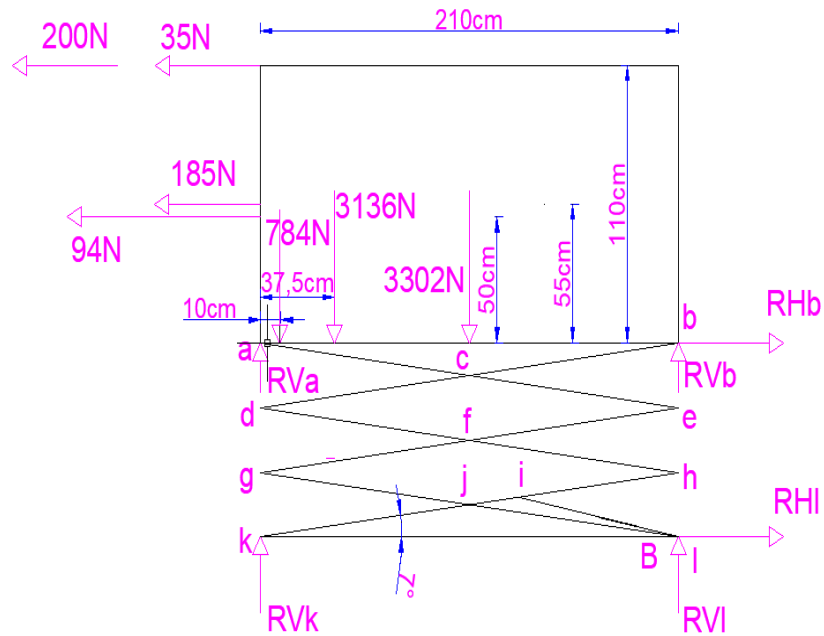


Figura N°41: Diagrama de fuerzas en la estructura

En esta posición inferior, los brazos de elevación tienen una inclinación de 7° con respecto a la horizontal, entonces:

- distancia de la proyección sobre la vertical del brazo

$$2,1m \times \sin 7 = 0,256m$$

- distancia de la proyección sobre la horizontal del brazo

$$2,1m \times \cos 7 = 2,08m$$

- Altura de los apoyos K y L hasta la base de la plataforma

$$0,256m \times 3 = 0,768m$$

- Calculo de reacciones en ab:

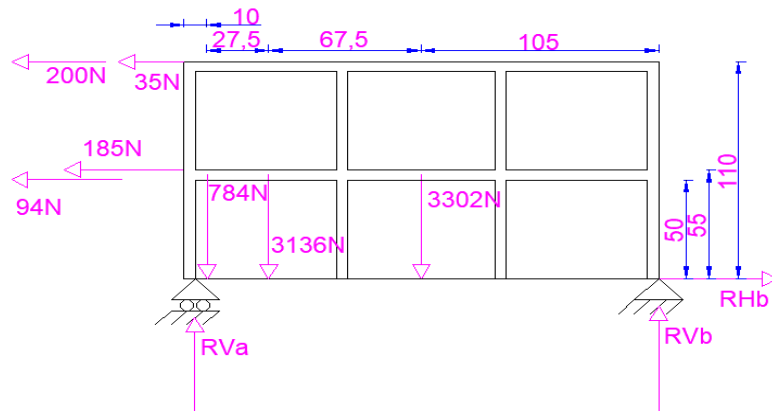


Figura N°42: Diagrama de fuerzas en apoyos a y b

$$\Sigma F \text{ horizontal} = 0$$

$$RHb = 514N$$

$$\Sigma \text{ Momentos } b = 0$$

$$RVa(2,1) + 392(2) + 1568(1,725) + 1651(1,05) + 235(1,1) + 185(0,55) + 94(0,5) = 0$$

$$RVa \times 2,1m = 5629,6N$$

$$RVa = 2680,8N$$

$$\Sigma F \text{ vertical} = 0$$

$$RVa + RVb - 392 - 1568 - 1651 = 0$$

$$RVb = 930,2N$$

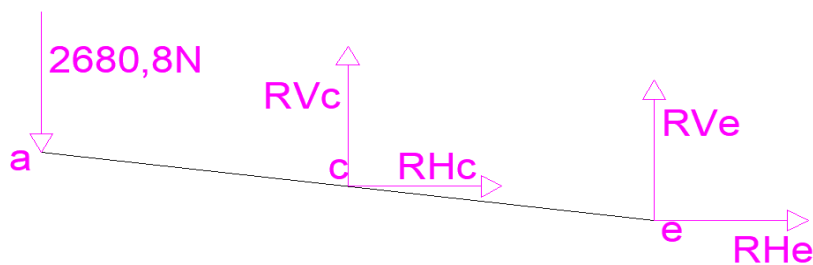


Figura N°43: Brazo de elevación "ae"

$$\Sigma F \text{ horizontal} = 0$$

$$RHc + RHe = 0$$

$$RHc = -RHe$$

$$\Sigma \text{ Momentos } e = 0$$

$$2680,8 \times 2,08 - RVc \times 1,04 - RHc \times 0,128 = 0$$

$$5576,1 - RVc \times 1,04 - RHc \times 0,128 = 0$$

$$\Sigma F \text{ vertical} = 0$$

$$-2680,8 + RVc + RVe = 0$$

$$RVc + RVe = 2680,8 \text{ N}$$

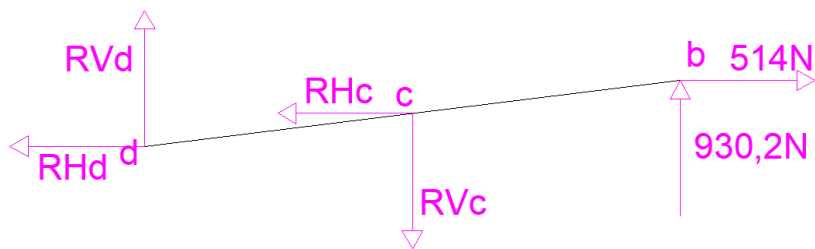


Figura N°44: Brazo de elevación "db"

$$\Sigma F \text{ horizontal} = 0$$

$$-RHc - RHd + 514 = 0$$

$$RHc + RHd = 514 \text{ N}$$

$$\Sigma \text{ Momentos } d = 0$$

$$930,2 \times 2,08 - 514 \times 0,256 + RHc \times 0,128 - RVc \times 1,04 = 0$$

$$1803,2 \text{ Nm} + RHc \times 0,128 \text{ m} - RVc \times 1,04 \text{ m} = 0$$

$$\Sigma F \text{ vertical} = 0$$

$$RVd - RVc + 930,2 \text{ N} = 0$$

$$RVd - RVc = -930,2 \text{ N}$$

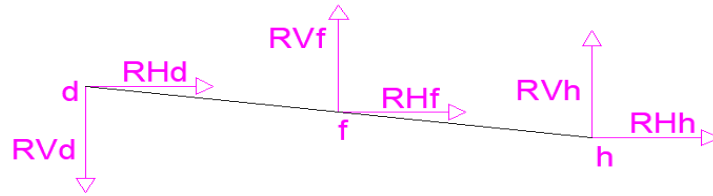


Figura N°45: Brazo de elevación "dh"

$$\Sigma F \text{ horizontal} = 0$$

$$R_{Hd} + R_{Hf} + R_{Hh} = 0$$

$$\Sigma \text{ Momentos en } h = 0$$

$$R_{Vd} \times 2,08\text{m} - R_{Hd} \times 0,256\text{m} - R_{Vf} \times 1,04\text{m} - R_{Hf} \times 0,128\text{m} = 0$$

$$\Sigma F \text{ vertical} = 0$$

$$-R_{Vd} + R_{Vf} + R_{Vh} = 0$$

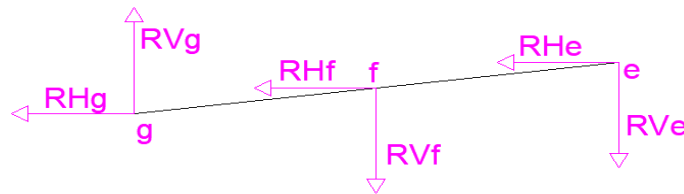


Figura N°46: Brazo de elevación "ge"

$$\Sigma F \text{ horizontal} = 0$$

$$-R_{Hg} - R_{Hf} - R_{He} = 0$$

$$\Sigma \text{ Momentos en } g = 0$$

$$R_{He} \times 0,256\text{m} - R_{Ve} \times 2,08\text{m} + R_{Hf} \times 0,128\text{m} - R_{Vf} \times 1,04\text{m} = 0$$

$$\Sigma F \text{ vertical} = 0$$

$$R_{Vg} - R_{Vf} - R_{Ve} = 0$$

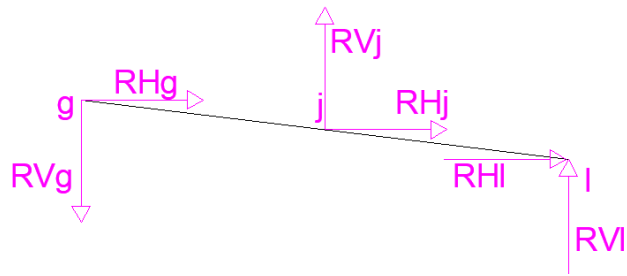


Figura N°47: Brazo de elevación "gi"

$$\Sigma F \text{ horizontal} = 0$$

$$RHg + RHj + RHI = 0$$

$$\Sigma \text{ Momentos en } i = 0$$

$$RVg \times 2,08m - RHg \times 0,256m - RVj \times 1,04m - RHj \times 0,128m = 0$$

$$\Sigma F \text{ vertical} = 0$$

$$-RVg + RVj + RVI = 0$$

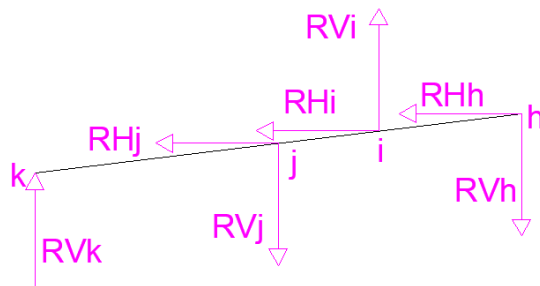


Figura N°48: Brazo de elevación "kh"

$$Ri = Fp/2 \text{ con } 11.3^\circ \text{ de elevación}$$

$$Ri = 195894N$$

$$\Sigma F \text{ horizontal} = 0$$

$$-RHj - 192096,5 - RHh = 0$$

$$RHj + RHh = -192096,5$$

$$\Sigma \text{ Momentos } k = 0$$

$$-RV_h \times 2,08m + RH_h \times 0,256m + 38384,7 \times 1,29m + 192096,5 \times 0,158m -$$

$$RV_j \times 1,04m + RH_j \times 0,128m = 0$$

$$\Sigma F_{\text{vertical}} = 0$$

$$RV_k - RV_j + 38384,7 - RV_h = 0$$

$$RV_k - RV_j - RV_h = -38384,7N$$

Tabla N°14: Fuerzas internas del elevador móvil

Fuerzas en brazos de elevación "Newton"			
RHc	11585	RHh	-22656
RVc	3548	RVh	998
RHd	-11071	RHg	-22142
RVd	2423	RVg	-8164
Rhe	-11585	RHj	-169440
Rve	-1062	RVj	9977
RHf	33727	RVk	-27410
RVf	3421	RHi	191582
RVI	-18141		

Habiendo calculados las fuerzas internas como se resume en la tabla mostrada, nos permite evaluar el comportamiento de la estructura

- **Selección de los brazos de elevación**

Se toma como referencia un espesor igual a 3mm, espesor que se encuentra en catálogos de elevadores tipo tijeral antes revisados. De la tabla de propiedades mecánicas de tubos laminados en caliente del anexo 8, escogemos una sección cuadrada debido que este tipo de sección presenta un mayor límite de fluencia

Tabla N°15: Masa total en brazos de elevación

Material	Elemento	Cantidad	Longitud "m"		Masa "Kg"	
			Individual	Total	Individual	Subtotal
Tubo cuad 40x60x3mm	1	12	2,1	25,2	4,25	107,1
					Total	107,1

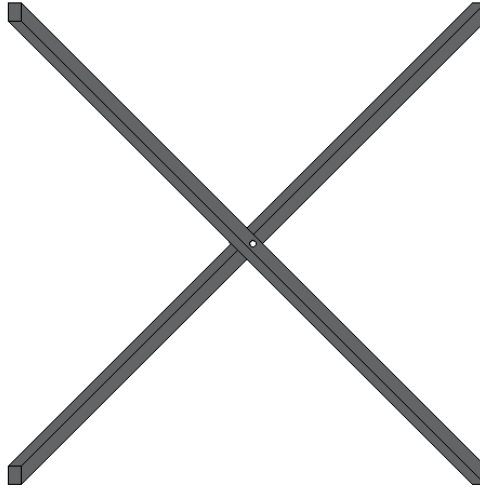


Figura N°49: Brazos de elevación

3.2.8. Medidas de seguridad antivuelco

La plataforma elevadora móvil de personal (PEMP) que se está diseñando pertenece al grupo A, además en función de sus posibilidades de traslación es de tipo 1 (información detallada en el marco teórico del presente trabajo). Teniendo claro estos puntos, adjuntamos criterios de seguridad que la norma EN 280:2001 establece:

-Cuando la plataforma de trabajo haya abandonado su posición de transporte, un dispositivo automático de seguridad se debe incluir para impedir la traslación de las PEMP controladas a pie y de las autopropulsadas.

-Cada plataforma elevadora móvil debe estar provista de un dispositivo (por ejemplo un nivel de burbuja) para indicar si la inclinación o pendiente del chasis esta en los límites autorizados por el fabricante. Este dispositivo debe estar protegido contra todo deterioro o desajuste accidental.

-La plataforma elevadora estará diseñada para trabajar con estabilizadores, estos últimos deben permitir poner a nivel el chasis en los límites de las

tolerancias dadas por el fabricante, sobre la pendiente y/o inclinación máxima admisible.

-La inclinación de la plataforma de trabajo no debe variar más de 5° respecto a la horizontal o al plano del chasis o de cualquier movimiento de la base giratoria, durante los movimientos de la estructura extensible o bajo el efecto de cargas y fuerzas durante la operación.

-Las PEMP deben estar equipadas con dispositivos de control que reduzcan el riesgo de vuelco y el riesgo de sobrepasar los esfuerzos admisibles con uno de los métodos equivalentes indicados a continuación:

Tabla N°16: Soluciones para prevenir vuelco y peligro de sobrepasar esfuerzos

Grupo (véase el apartado 1.4)	Sistema de control de la carga y control de posición (véanse los apartados 5.4.1.2 y 5.4.1.3)	Sistema de control de la carga y de momento (véanse los apartados 5.4.1.2 y 5.4.1.4)	Sistema de control de momento con criterio de sobrecarga reforzada (véanse los apartados 5.4.1.4 y 5.4.1.6)	Control de posición con criterios de estabilidad y de sobrecarga reforzadas (véanse los apartados 5.4.1.3, 5.4.1.5 y 5.4.1.6)
A	X			X
B	X	X	X	X

Nota: recuperado de la norma EN 280:2001, p. 32

*Sistema de control de la carga: es un dispositivo de seguridad que debe operar de la forma siguiente:

- a) debe impedir cualquier movimiento normal de la plataforma desde una posición de trabajo estacionaria después que se alcance la carga nominal y antes de que se sobrepase el 120% de la carga nominal.
- b) cuando el movimiento normal está impedido de acuerdo con a), debe accionarse una señal de advertencia, consistente en una luz intermitente roja en el puesto de mando preseleccionado, así como una señal sonora audible desde cualquier puesto de mando. La luz debe continuar con la intermitencia

durante todo el tiempo que se mantenga la situación a), y la alarma sonora debe sonar durante períodos de al menos 5 segundos repetidos cada minuto

*Control de posición: Para evitar el vuelco de la plataforma o el rebasamiento de los esfuerzos admisibles en la estructura de la PEMP, las posiciones autorizadas de la estructura extensible deben estar limitadas automáticamente por topes mecánicos (véase el apartado 5.4.1.3.2), limitadores no mecánicos (véase el apartado 5.4.1.3.3), o dispositivos de seguridad eléctricos (véase el apartado 5.11.3).

-La velocidad máxima de traslación de una plataforma elevadora móvil de personal controlada a pie, con la plataforma de trabajo en posición de transporte no debe sobrepasar 1,7m/s.

- **Calculo de velocidad de traslación**

Cuando se encuentra la plataforma de trabajo a su altura máxima, existe un riesgo de que se produzca el vuelco durante su transporte o desplazamiento horizontal. Entonces el elevador giraría sobre el eje de la rueda que hubiera topado con algún objeto en su camino. Al inclinarse el elevador, su centro de gravedad se aproxima a la línea de vuelco y el elevador consigue una cierta altura y tendrá una energía potencial. Asimismo el elevador se encuentra en movimiento, entonces tendrá una energía cinética. La norma EN 280:2001 informa que para que no exista el vuelco, es necesario que la energía cinética sea menor a la energía potencial. Se empezó determinando el centro de gravedad de la estructura, después un cálculo de la energía cinética y potencial evaluándose en distintas velocidades de trabajo.

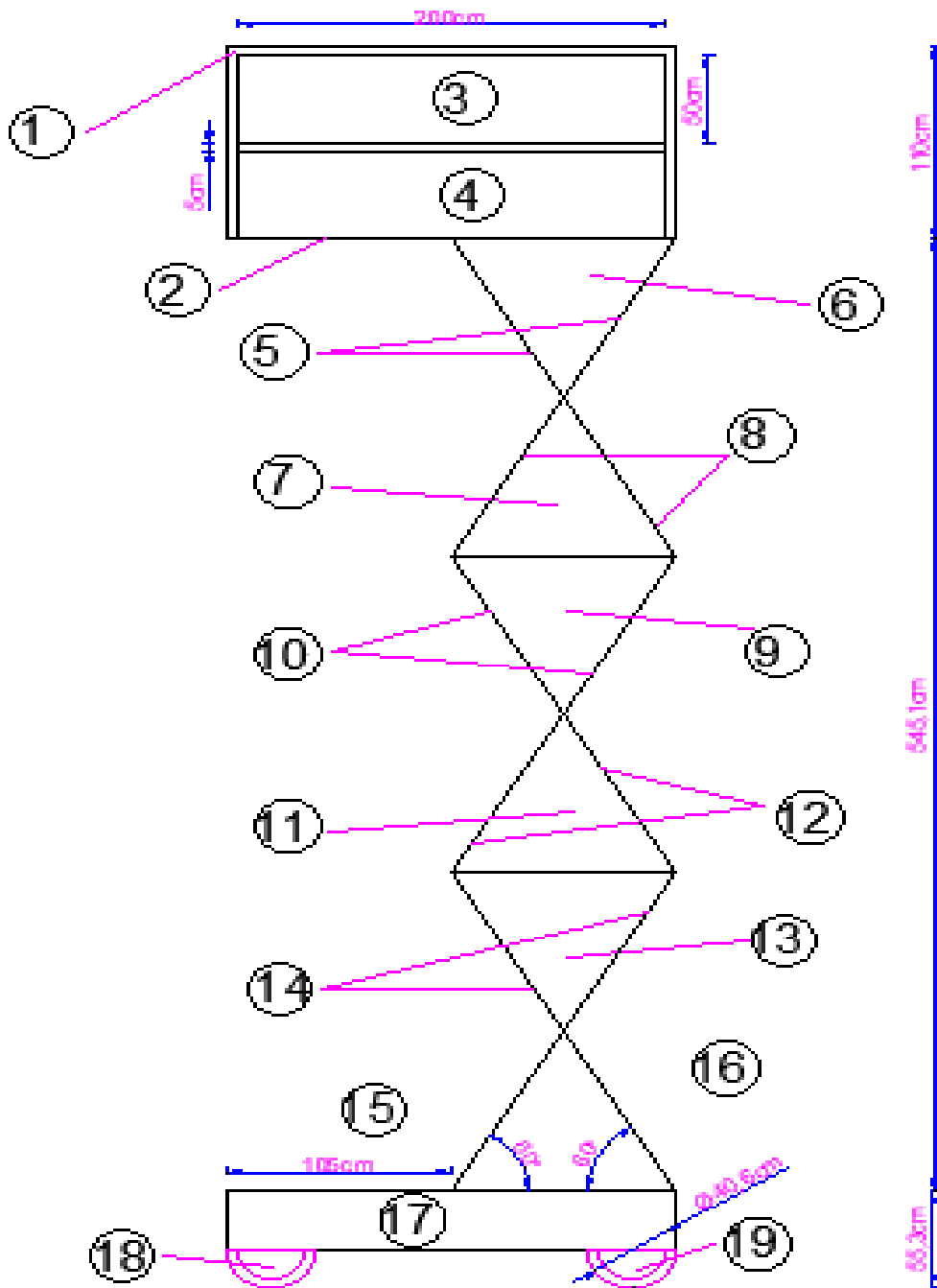


Figura N°50: Elementos para determinar el centroide

Centroide: (\bar{X}_c , \bar{Y}_c)

$$\bar{X}_c = \frac{\sum \bar{X}A}{\sum A} = \frac{2,316}{2,0} = 1,16$$

$$\bar{Y}_c = \frac{\sum \bar{Y}A}{\sum A} = \frac{5,364}{2,0} = 2,70$$

Tabla N°17: Calculo de áreas para cada elemento

Elemento	Area	X	Y	AX	AY
	m ²	m	m	m ³	m ³
1	2.31	1.05	6.56	2.43	15.15
2	0.01	1.05	6	0.01	0.06
3	-1	1.05	6.8	-1.05	-6.8
4	-1	1.05	6.26	-1.05	-6.26
5	0.593	1.52	5.6	0.9	3.32
6	-0.455	1.58	5.54	-0.72	-2.53
7	-0.455	1.58	4.63	-0.72	-2.11
8	0.593	1.52	4.69	0.9	2.78
9	-0.455	1.58	3.73	-0.72	-1.69
10	0.593	1.52	3.79	0.9	2.25
11	-0.455	1.58	2.82	-0.72	-1.28
12	0.06	1.52	2.88	0.9	1.71
13	-0.455	1.58	1.91	-0.72	-0.87
14	0.593	1.52	1.97	0.9	1.17
15	-0.455	1.58	1	-0.72	-0.46
16	0.593	1.52	1.06	0.9	0.63
17	0.735	1.05	0.38	0.77	0.28
18	0.06	0.2	0.12	0.012	0.007
19	0.06	1.9	0.12	0.114	0.007
	Σ A=2			Σ AX=2.316	Σ AY=5.364

Desplazamiento en dirección derecha con velocidad igual a 1.7m/s

➤ Energía cinética

$$Ec = \frac{1}{2} (m) (1,7^2) = (m)1,44 \frac{Kgm^2}{s^2}$$

➤ energía potencial

$$Y = \sqrt{2,7^2 + 0,74^2} = 2,8m$$

$$Ep = (m)(9,8)(2,8 - 2,7) = (m)0,98 \frac{Kgm^2}{s^2}$$

➤ $Ec > Ep$ no cumple, se vuelca

Desplazamiento en dirección derecha con velocidad igual a 1.5m/s

➤ Energía cinética

$$Ec = \frac{1}{2} (m) (1,5^2) = (m)1,12 \frac{Kgm^2}{s^2}$$

➤ energía potencial

$$Y = \sqrt{2,7^2 + 0,74^2} = 2,8m$$

$$Ep = (m)(9,8)(2,8 - 2,7) = (m)0,98 \frac{Kgm^2}{s^2}$$

➤ $Ec > Ep$ no cumple, se vuelca

Desplazamiento en dirección derecha con velocidad igual a 1.3m/s

- Energía cinética

$$Ec = \frac{1}{2} (m) (1,3^2) = (m)0,85 \frac{Kgm^2}{s^2}$$

- energía potencial

$$Y = \sqrt{2,7^2 + 0,74^2} = 2,8m$$

$$Ep = (m) (9,8) (2,8 - 2,7) = (m)0,98 \frac{Kgm^2}{s^2}$$

- $Ec < Ep$ si cumple, no se vuelca

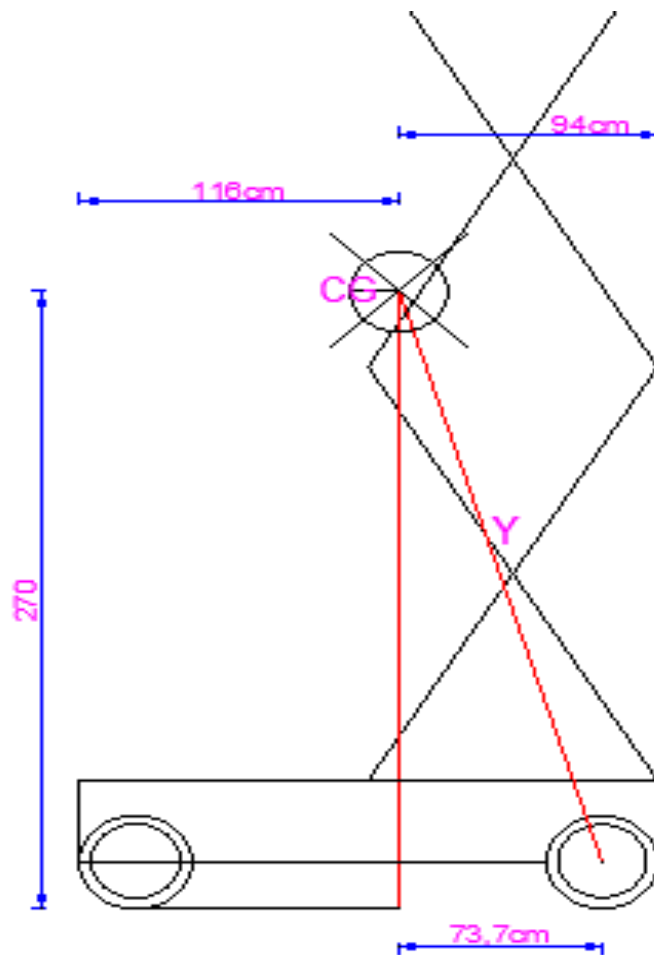


Figura N°51: Localización del centro de gravedad en la plataforma

Después de analizar tres casos con velocidades de desplazamiento horizontal, la plataforma en su posición superior cuando los brazos de elevación alcanzan un ángulo de 60°; es posible su desplazamiento a 1,3 m/s.

CONCLUSIONES

Se concluye que si es factible diseñar un elevador móvil para mejorar los trabajos de mantenimiento en la empresa El Detalle SRL

Empleando las normas alemanas de diseño VDI 2222 y VDI 2225, es posible determinar un diseño conceptual totalmente valido.

La plataforma de trabajo estará conformada de una plancha estriada de espesor mínimo de 5,3 mm porque presenta un límite de fluencia aceptable.

El cilindro hidráulico tiene que desarrollar una mayor fuerza cuando el elevador se encuentra en su posición inferior

Calculado las fuerzas internas en la estructura, podemos afirmar que los brazos de elevación que están ubicados en la base soportan la mayor cantidad de peso.

La potencia útil del motor eléctrico es igual a 9,5 Kw siendo esta la potencia suministrada a la bomba hidráulica previamente seleccionada.

La velocidad de traslación calculada es aceptable pues es menor a la velocidad contemplada en la norma de 1,7m/s.

RECOMENDACIONES

Ampliar la búsqueda de normas de diseño, similares a las normas utilizadas con la finalidad de reforzar los diseños.

Realizar inspecciones periódicas a la estructura de manera tal que se puedan detectar a tiempo algunas fallas que puedan devenir en accidentes

Se sugiere utilizar un inversor en el sistema eléctrico para reducir la tensión de 220 V a 24 V DC como medida de seguridad para evitar que los usuarios del sistema de elevación sufran algún tipo de accidente.

En el manual de instrucciones y en algún lugar visible se deberá señalar el límite máximo de carga para el sistema de elevación de la plataforma.

Los cables eléctricos a utilizar deben dimensionarse, instalarse y protegerse de forma que se evite todo daño posible.

No utilizar la maquina con vientos de velocidad superior a la indicada en la norma EN 280:2001

BIBLIOGRAFÍA

Rosales Byron. (2013), Diseño y construcción de un elevador de carga con capacidad de 200 kg y 20m de elevación para el laboratorio de energías alternativas (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Apolinario Joel. (2015), Diseño de una prensa hidráulica de 100 TN para el conformado de calaminas de fibrocemento de 1.2 x 0.5 m (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Huaman Edwin. (2002), Diseño de una plataforma basculante con capacidad de 4 TN para el transporte de residuos sanitarios (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Nunura Renato. (2016), Diseño de un equipo móvil de descarga neumático para granos de 100 Tm/H en embarcaciones de 8000m³ (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2014). Condiciones de seguridad y salud exigibles a la maquinaria de obra plataformas elevadoras móviles de personal. Madrid, España:Kenaf

Fundación Metal Asturias. (2010). prevención de riesgos laborales para las instalaciones, reparaciones, montajes, estructuras metálicas, cerrajería y carpintería metálica. Valladolid, España: Lex Nova.

Parmerlee David. (1998). Identificación de los mercados apropiados. Barcelona, España: Granixa S,A,

Juvinal Robert. (1996). Fundamentos de diseño para ingeniería mecánica. Balderas, México: Limusa S.A.

Massa Julio. (2017). Compendio de cálculo estructural para ingeniería mecánica y aeronáutica. Córdoba, Argentina: UNC

Creus Antonio. (2007). Neumática e hidráulica. Madrid, España: Marcombo S.A

(Diciembre del 2017). Arrimaq potencia sus plataformas de elevación Bravi Sprint. Negocios Globales. Recuperado de <http://www.microbyte.cl/nego/flipbook/201712/#/41>

(Abril del 2018). JCB. Construction Machinery. Recuperado de https://issuu.com/constructionmachineryme/docs/cmme_april_2018

ANEXOS

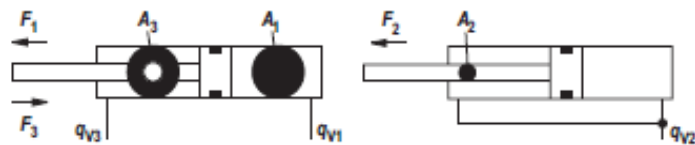
ANEXO 1

Especificaciones técnicas del cilindro

371	
RE 17049/07.13 CDT3...Z, CGT3...Z, CST3...Z	Hydraulics Bosch Rexroth AG 5/68

Areas, forces, flow: Series CDT3 (for operating pressure up to 210 bar)

Piston ØAL mm	Piston rod ØMM mm		Area ratio φ A_1/A_2	Areas			Force ¹⁾						Flow at 0.1 m/s ²⁾			Max. avail- able stroke length (mm)
				Piston A_1 cm ²	Rod A_2 cm ²	Ring A_3 cm ²	Pressure		Diff.		Pulling		Off q_{V1} l/min	Diff. q_{V2} l/min	On q_{V2} l/min	
							160 bar	210 bar	160 bar	210 bar	160 bar	210 bar				
25	12	-	1.3	4.91	1.13	3.78	7.86	-	1.81	-	6.05	-	2.9	0.70	2.30	600
	18	18	2.07		2.54	2.37		10.31	4.06	5.33	3.79	4.98		1.50	1.40	
32	14	-	1.25	8.04	1.54	6.5	12.86	-	2.46	-	10.40	-	4.8	0.90	3.90	800
	22	22	1.90		3.80	4.24		16.88	6.08	7.98	6.78	8.90		2.30	2.50	
40	18	-	1.25	12.56	2.54	10.02	20.10	-	4.06	-	16.03	-	7.5	1.50	6.00	1000
	22 ³⁾	22 ³⁾	1.43		3.80	8.76		26.38	6.08	7.98	14.02	18.40		2.30	5.30	
	28	28	1.96		6.16	6.4		9.86	12.94	10.24	13.44	3.70		3.80		
50	22	-	1.25	19.63	3.8	15.83	31.41	-	6.08	-	25.33	-	11.8	2.30	9.50	1200
	28 ³⁾	28 ³⁾	1.46		6.16	13.47		41.22	9.86	12.94	21.55	28.29		3.70	8.10	
	36	36	2.08		10.18	9.45		16.29	21.38	15.12	19.85	6.10		5.70		
63	28	-	1.25	31.17	6.16	25.01	49.87	-	9.86	12.94	40.02	-	18.7	3.70	15.00	1400
	36 ³⁾	36 ³⁾	1.48		10.18	20.99		65.46	16.29	21.38	33.58	44.08		6.10	12.60	
	45	45	2.04		15.90	15.27		25.44	33.39	24.43	32.07	9.50		9.20		
80	36	-	1.25	50.26	10.18	40.08	80.42	-	16.29	21.38	64.13	-	30.2	6.10	24.00	1700
	45 ³⁾	45 ³⁾	1.46		15.90	34.36		105.55	25.44	33.39	54.98	72.16		9.50	20.60	
	56	56	1.96		24.63	25.63		39.41	51.72	41.01	53.82	14.80		15.40		
100	45	-	1.25	78.54	15.90	62.64	125.66	-	25.44	33.39	100.22	-	47.1	9.50	37.60	2000
	56 ³⁾	56 ³⁾	1.46		24.63	53.91		164.93	39.41	51.72	86.26	113.21		14.80	32.30	
	70	70	1.96		38.48	40.06		61.57	80.81	64.10	84.13	23.10		24.00		
125	56	-	1.25	122.72	24.63	98.09	196.35	-	39.41	51.72	156.94	-	73.6	14.80	58.90	2300
	70 ³⁾	70 ^{3),4)}	1.46		38.48	84.24		4)	61.57	80.81	134.78	4)		23.10	50.50	
	90	90 ⁴⁾	2.08		63.62	59.1		101.79	133.60	94.56	4)	38.20		35.50		
160	70	-	1.25	201.06	38.48	162.58	321.70	-	61.57	80.81	260.13	-	120.6	23.10	97.50	2600
	110	110 ⁴⁾	1.90		95.03	106.03		4)	152.05	199.56	169.65	4)		57.00	63.60	
200	90	-	1.25	314.16	63.62	250.54	502.66	-	101.79	133.60	400.86	-	188.5	38.20	150.30	2700
	140	140 ⁴⁾	1.96		153.94	160.22		4)	246.30	323.27	256.35	4)		92.40	96.10	



¹⁾ Theoretical static cylinder force
(without consideration of the efficiency and admissible load for attachment parts like e.g. tilt heads, plates or valves, etc.)

²⁾ Stroke velocity

³⁾ Piston rod Ø not standardized

ANEXO 2

Tipos de montaje en cilindros hidráulicos

Overview types of mounting: Series CDT3 (for operating pressure up to 210 bar)

CDT3 ME5 (ISO/DIN/NF)

see page 10, 11



CDT3 ME6 (ISO/DIN/NF)

see page 10, 11



CDT3 MP5 (ISO/DIN/NF)

see page 12, 13



CDT3 MS2 (ISO/DIN/NF)

see page 14, 15



CDT3 MT4 (ISO/DIN/NF)

see page 16, 17



CDT3 MT1 (ISO/DIN/NF)

see page 18, 19



CDT3 MT2 (ISO/DIN/NF)

see page 18, 19



CDT3 MX1 (ISO/DIN/NF)

see page 20, 21



CDT3 MX2 (ISO/DIN/NF)

see page 22, 23



CDT3 MX3 (ISO/DIN/NF)

see page 22, 23



CDT3 MX5 (NF)

see page 24, 25



CDT3 MP1 (ISO/DIN/NF)

see page 26, 27



CDT3 MP3 (ISO/DIN/NF)

see page 26, 27

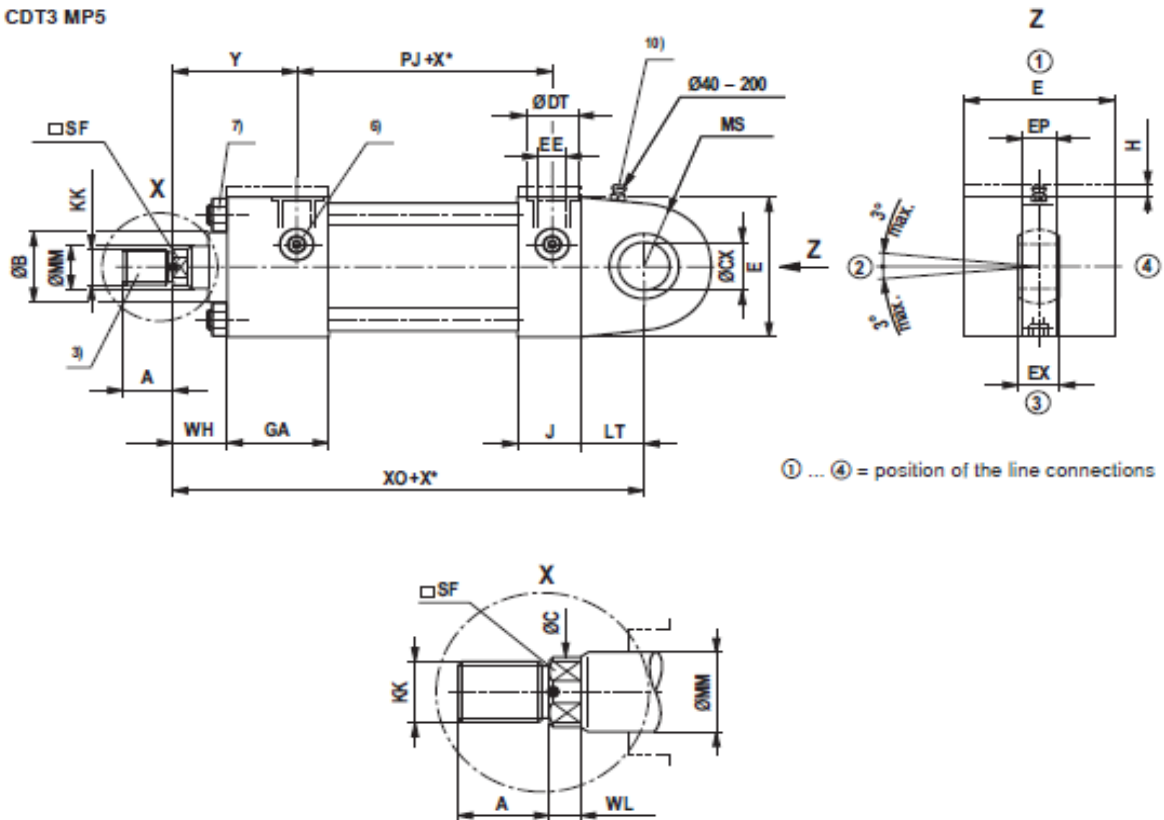


ANEXO 3

Dimensiones para el montaje del cilindro

Dimensions: Type of mounting MP5 (dimensions in mm)

CDT3 MP5



$\varnothing A L$	$\varnothing C X$	$E P$ h13	$E X$	$L T$ min	$X O$ $\pm 1,5$	$M S$ max
25	12 - 0.008	8	10 - 0.12	16	130	20
32	16 - 0.008	11	14 - 0.12	20	148	22.5
40	20 - 0.012	13	16 - 0.12	25	178	29
50	25 - 0.012	17	20 - 0.12	31	190	33
63	30 - 0.012	19	22 - 0.12	38	206	40
80	40 - 0.012	23	28 - 0.12	48	238	50
100	50 - 0.012	30	35 - 0.12	58	261	62
125	60 - 0.015	38	44 - 0.15	72	304	80
160	80 - 0.015	47	55 - 0.15	92	337	100
200	100 - 0.020	57	70 - 0.20	116	415	120

ANEXO 4

Especificaciones técnicas de la bomba hidráulica

ALP2

Accesorios suministrados con la bomba standard:

chaveta de disco (código 522057),

tuerca M12x1.5 (código 523016),

arandela elástica (código 523005).

Tomas standard: roscas M6 profundidad útil 13 mm, roscas M8 profundidad útil 17 mm.

Disponible bajo pedido eje cónico con chaveta de disco de espesor 3,2 mm (T3).

Accessories supplied with the standard pump:

woodruff key (code 522057),

M12x1.5 hexagonal nut (code 523016),

washer (code 523005).

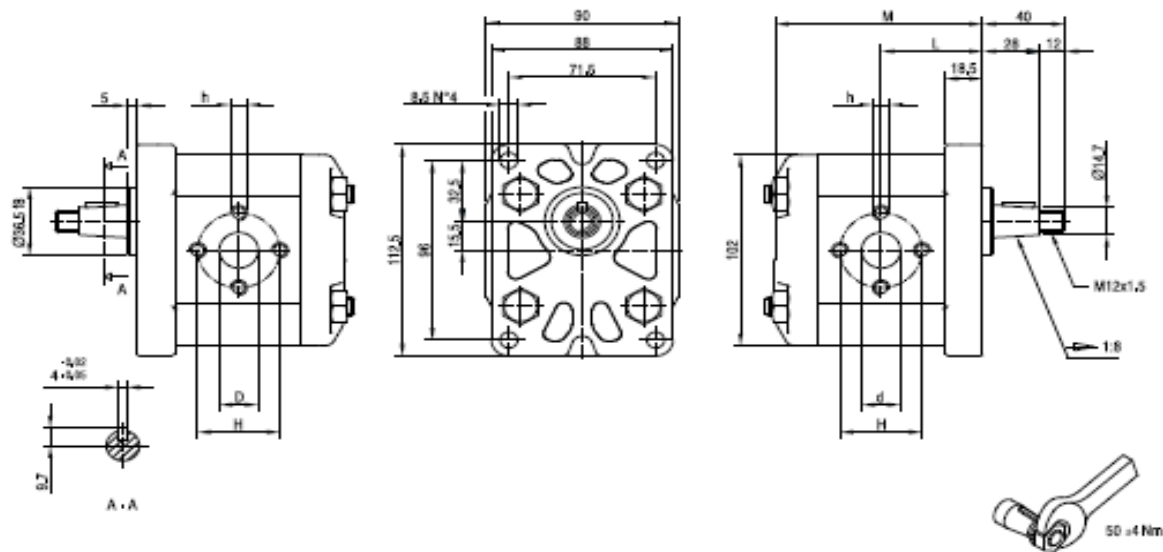
Standard parts: M6 threads depth 13 mm,

M8 threads depth 17 mm.

The tapered shaft is also available with 3,2 mm key (T3).

IMPULSIÓN
OUTLET

ASPIRACIÓN
INLET



TIPO TYPE	CILINDRADA DISPLACEMENT	CAUDAL a 1500 gros/min FLOW at 1500 rev/min	PRESIÓN MÁXIMA MAX PRESSURE			VELOCIDAD MÁXIMA MAX SPEED	DIMENSIONES DIMENSIONS					
			P ₁	P ₂	P ₃		L	M	d	D	h	H
	cm ³ /gros [cm ³ /rev]	litros /min [litros/min]	bar	bar	bar	gros/min [rpm]	mm	mm	mm	mm	mm	mm
ALP2-D-6	4,5	6,4	250	270	290	4000	45,5	93,5	13	13	M6	30
ALP2-D-9	6,4	9,1	250	270	290	4000	47	96,5	13	13	M6	30
ALP2-D-10	7,0	10,0	250	270	290	4000	47,5	97,5	13	13	M8	40
ALP2-D-12	8,3	11,8	250	270	290	3500	48,5	99,5	13	13	M8	40
ALP2-D-13	9,6	13,7	250	270	290	3000	49,5	101,5	13	13	M8	40
ALP2-D-16	11,5	16,4	230	250	270	4000	51	104,5	19	13	M8	40
ALP2-D-20	14,1	20,1	230	250	270	4000	53	108,5	19	13	M8	40
ALP2-D-22	16,0	22,8	210	225	240	4000	54,5	111,5	19	13	M8	40
ALP2-D-25	17,9	25,5	210	225	240	3600	56	114,5	19	13	M8	40
ALP2-D-30	21,1	30,1	180	195	210	3200	58,5	119,5	19	19	M8	40
ALP2-D-34	23,7	33,7	180	195	210	3000	60,5	123,5	19	19	M8	40
ALP2-D-37	25,5	36,4	170	185	200	2800	62	126,5	19	19	M8	40
ALP2-D-40	28,2	40,1	170	185	200	2500	64	130,5	19	19	M8	40
ALP2-D-50	35,2	50,2	140	155	170	2500	69,5	141,5	21	19	M8	40

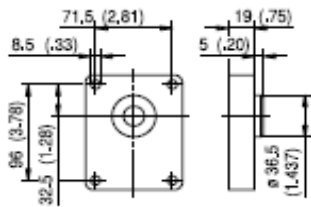
ANEXO 5

Dimensiones para el montaje de la bomba

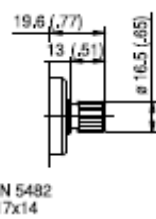
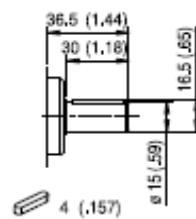
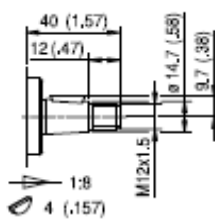


ALP2

BRIDAS / FLANGES



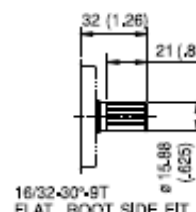
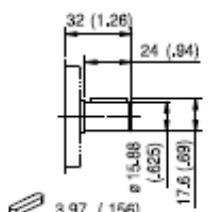
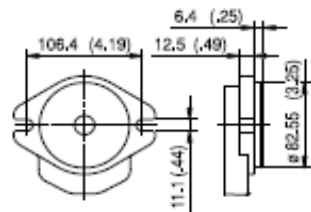
EJES / SHAFTS



TO
Par máx.
Max Torque 200 Nm

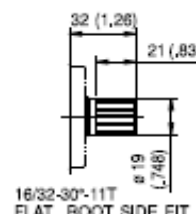
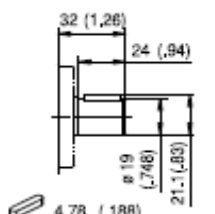
CO
Par máx.
Max Torque 135 Nm

SO
DIN 5482
B17x14
Par máx.
Max Torque 140 Nm



C1
Par máx.
Max Torque 140 Nm

S1
16/32-30°-9T
FLAT ROOT SIDE FIT
Par máx.
Max Torque 185 Nm



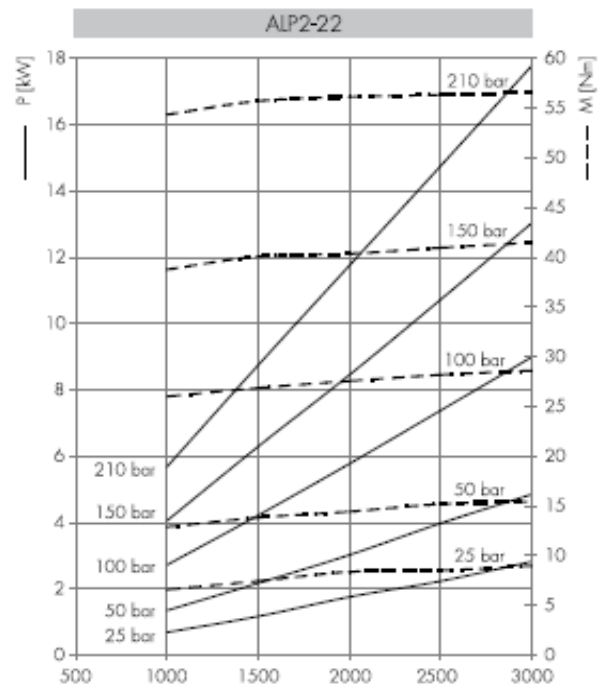
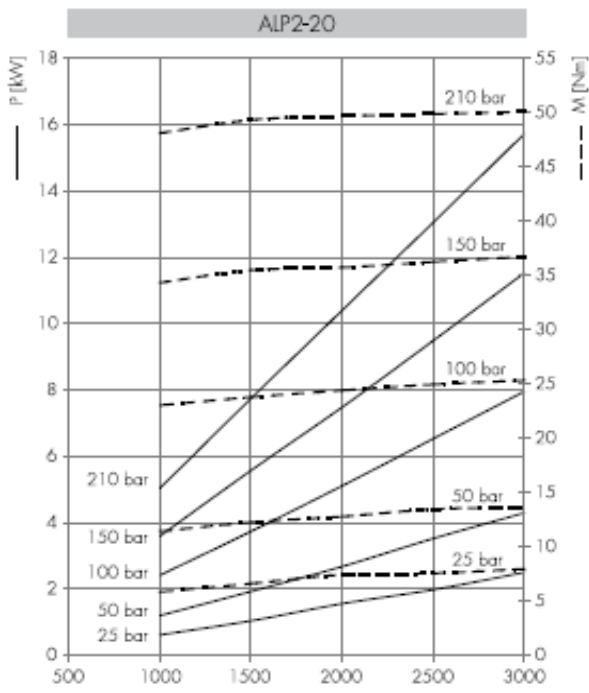
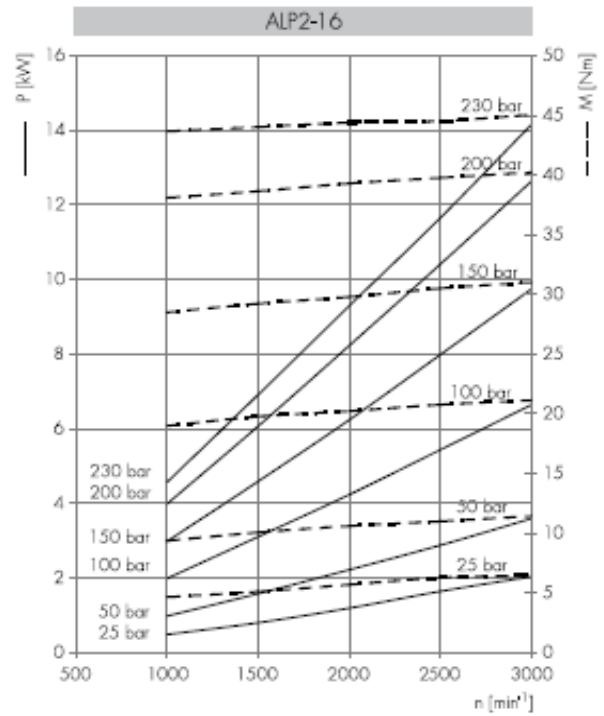
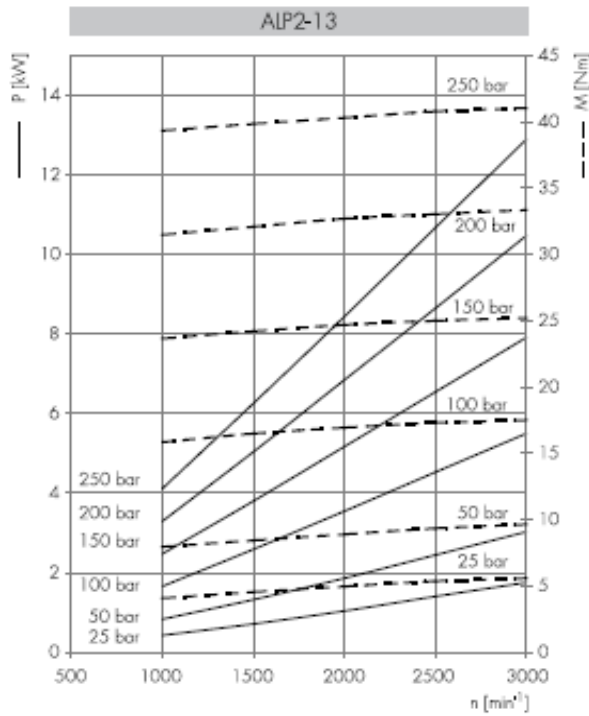
C2
Par máx.
Max Torque 160 Nm

S2
16/32-30°-11T
FLAT ROOT SIDE FIT
Par máx.
Max Torque 200 Nm

ANEXO 6

Diagrama para determinar potencia en la bomba

Potencia absorbida Absorbed power P [kW]
 Par absorbido Absorbed torque M [Nm]
 Velocidad de rotación Drive speed n [giros/min] [rpm]



ANEXO 7

Plancha estriada LAC – Aceros Arequipa

DENOMINACIÓN:
PLACE A36

DESCRIPCIÓN:
Planchas de acero laminadas en caliente calidad comercial, con bordes de laminación o bordes cortados, con figuras geométricas resaltadas distribuidas en intervalos regulares, en una de las caras.

USOS:
En la construcción de plataformas, pisos, escaleras, equipamiento de transporte y circulación, y estructuras en general.

NORMAS TÉCNICAS:
ASTM A36/A36M-14
JIS G3193-2008
ASTM A786/A786M-15

PRESENTACIÓN:
Las planchas vienen sueltas en función del espesor o en paquetes de 2.0 TM mínimo.
A solicitud del cliente se emiten certificados de calidad.

DIMENSIONES NOMINALES:

PLACE ASTM A36
2.5 x 1,200 x 2,400 mm
2.9 x 1,200 x 2,400 mm
4.4 x 1,200 x 2,400 mm
5.9 x 1,200 x 2,400 mm

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%):

Elementos	ASTM A36
C	0.25 máx.
P	0.030 máx.
S	0.030 máx.
Si	0.40 máx.
Cu	-

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Calidad	Norma	Límite de Fluencia (Kg/mm ²) (MPa)	Resistencia a la Tracción (Kg/mm ²) (MPa)	Alargamiento en 200mm (%)	Doblado a 180°
Estructural	ASTM A36	25.50 mín. (250 mín)	40.80 - 56-10 (400-550)	20 mín.	Sin fisura(*)

(*)El ensayo de doblado es opcional.

TOLERANCIAS DE MASA Y DIMENSIONALES:
Según ASTM A786M y ASTM A36

TOLERANCIAS DE MASA ESPECÍFICA:

ESPESOR NOMINAL (mm)	MASA ESPECÍFICA NOMINAL (Kg/m ³)	TOLERANCIA PARA MASA PROMEDIO DE LOTES (en % de la masa específica nominal)	
		+	-
2.5	20.69	8	5
2.9	23.67	8	5
4.4	35.58	6	5
5.9	47.39	5	3

Tolerancia en ancho: + 10 mm / - 0 mm
Tolerancia en longitud: + 13 mm / - 0 mm
Falta de aplanado: 24 mm máx.

OC0401-F211 / 02 / ABR 16

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification



LIMA: Av. Antonio Miró Quesada N° 425, Piso 17, Magdalena del Mar (Ex Juan de Aliaga), Lima 17-Perú. Tlf. (51)(1) 517-1800 / Fax Central (51)(1) 452-0059.

AREQUIPA: Calle Jacinto Ibáñez 111, Pque. Industrial, Arequipa-Perú.
Tlf. (51)(54) 23-2430 / Fax. (51)(54) 21-9796.

PISCO: Panamericana Sur Km. 240, Ica-Perú.
Tlf. (51)(56) 58-0830 / Fax. (51)(56) 58-0858.

www.acerosarequipa.com



ANEXO 8

Tubos LAF – Aceros Arequipa

DENOMINACIÓN:

T LAF RED A513, T LAF CUA A513, T LAF REC A513.

DESCRIPCIÓN:

Tubo fabricado con acero al carbono laminado en frío (LAF), utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

USOS:

Tubos para estructuras ligeras, muebles, cerrajería en general y usos ornamentales.

NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN:

Las dimensiones y espesores se fabrican según la norma ASTM A513 Tipo 2.

MATERIA PRIMA:

Acero laminado en frío calidad comercial, según ASTM A1008.

PRESENTACIÓN:

Longitud: 6.00 m. Otras longitudes a pedido.

Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.

Recubrimiento: Aceitado.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m:

DIMENSIÓN	ESPESORES (mm)								
	0.6	0.7	0.75	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	
REDONDO	1/2"	0.179	0.207	0.221	0.235	0.262	0.289		
	5/8"	0.226	0.262	0.280	0.298	0.332	0.367	0.434	
	3/4"	0.273	0.317	0.338	0.360	0.403	0.445	0.528	0.649
	7/8"		0.372	0.397	0.423	0.473	0.523	0.622	0.766
	1"			0.456	0.485	0.544	0.602	0.716	0.884
	1 1/4"			0.573	0.611	0.685	0.758	0.904	1.119
	1 1/2"			0.691	0.736	0.826	0.915	1.092	1.354
	1 3/4"			0.808	0.861	0.967	1.072	1.280	1.589
	2"			0.926	0.986	1.108	1.228	1.468	1.824
	3"							2.220	
CUAD.	5/8"		0.319	0.341	0.363	0.406	0.449	0.533	
	3/4"	0.342		0.425	0.452	0.507	0.560	0.666	0.822
	7/8"	0.429		0.515	0.548	0.614	0.680	0.810	1.001
	1"	0.499		0.572	0.609	0.683	0.756	0.901	1.115
	1 1/4"			0.718	0.765	0.858	0.951	1.136	1.408
	1 1/2"				0.920	1.035	1.148	1.371	1.703
RECT.	1/2"x1 1/2"			0.573	0.615	0.689	0.763	0.910	1.126
	1"x2"			0.855	0.928	1.042	1.155	1.381	1.715

TOLERANCIAS:

Longitud: + 20 mm, - 5 mm

Espesor: Según Norma ASTM A513

Rectitud

Redondo: Variación máxima 0.76 mm / m

Cuadrado y Rectangular: Variación máxima 1.7 mm / m

Sección :

1.- Cuadrado y Rectangular:

DIMENSIONES EXTERIORES (pulg)	VARIACIÓN + / - (pulg)
1/2" a 5/8" incl.	0.004
5/8" a 1 1/8" incl.	0.005
1 1/8" a 1 1/2" incl.	0.006
1 1/2" a 2" incl.	0.008

2.- Redondo:

PARA TUBOS DE DIÁMETRO EXTERIOR (pulg)	TOLERANCIA + / - (pulg)
1/2" a 5/8" incl.	0.0030
5/8" a 1 1/8" incl.	0.0035
1 1/8" a 2" incl.	0.0050
2" a 2 1/2" incl.	0.0060
2 1/2" a 3" incl.	0.0080

QCQA01-F220 / 01 / NOV 15

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification



LJMA: Av. Antonio Miró Quesada N° 425, Piso 17, Magdalena del Mar (Ex Juan de Aliaga), Lima 17-Perú. Tlf. (51)(1) 517-1800 / Fax Central (51)(1) 452-0059.

AREQUIPA: Calle Jacinto Ibañez 111, Pque. Industrial, Arequipa-Perú.
Tlf.(51)(54) 23-2430 / Fax.(51)(54) 21-9796.

PISCO: Panamericana Sur Km.240, Ica-Perú.
Tlf.(51)(56) 58-0830 / Fax.(51)(56) 58-0858.

www.acerosarequipa.com



ANEXO 9

Platinas – Aceros Arequipa

DENOMINACIÓN:
PLAT A36.

DESCRIPCIÓN:

Producto de acero que ha sido laminado en caliente en sus cuatro superficies, con una sección transversal rectangular. Tiene las superficies lisas.

USOS:

En la fabricación de estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, piezas forjadas y otros.

NORMAS TÉCNICAS:

- Propiedades Mecánicas: ASTM A36/A36M
- Tolerancias Dimensionales: ISO 1035/4

PRESENTACIÓN:

Se produce en barras de 6 metros de longitud. Se suministra en paquetes de 2 TM, formados por paquetes de 1 TM c/u.

DIMENSIONES NOMINALES (pulg)	PESO NOMINAL	
	Kg/m	Kg/6m
1/8" x 1/2" x 6 m	0.32	1.92
1/8" x 5/8" x 6 m	0.39	2.34
1/8" x 3/4" x 6 m	0.48	2.88
1/8" x 1" x 6 m	0.64	3.84
1/8" x 1 1/4" x 6 m	0.80	4.80
1/8" x 1 1/2" x 6 m	0.95	5.70
1/8" x 2" x 6 m	1.27	7.62
3/16" x 1/2" x 6 m	0.48	2.88
3/16" x 5/8" x 6 m	0.61	3.66
3/16" x 3/4" x 6 m	0.74	4.44
3/16" x 1" x 6 m	0.98	5.88
3/16" x 1 1/4" x 6 m	1.18	7.08
3/16" x 1 1/2" x 6 m	1.42	8.52
3/16" x 2" x 6 m	1.90	11.40
3/16" x 2 1/4" x 6 m	2.14	12.84
3/16" x 2 1/2" x 6 m	2.37	14.22
3/16" x 3" x 6 m	2.85	17.10
1/4" x 1/2" x 6 m	0.64	3.84
1/4" x 5/8" x 6 m	0.80	4.80
1/4" x 3/4" x 6 m	0.95	5.70
1/4" x 1" x 6 m	1.28	7.68
1/4" x 1 1/4" x 6 m	1.58	9.48
1/4" x 1 1/2" x 6 m	1.90	11.40
1/4" x 2" x 6 m	2.53	15.18
1/4" x 2 1/2" x 6 m	3.16	18.96
1/4" x 3" x 6 m	3.80	22.80
1/4" x 4" x 6 m	5.06	30.36
3/8" x 1" x 6 m	1.92	11.52
3/8" x 1 1/4" x 6 m	2.38	14.28
3/8" x 1 1/2" x 6 m	2.85	17.10
3/8" x 2" x 6 m	3.80	22.80
3/8" x 2 1/2" x 6 m	4.74	28.44
3/8" x 3" x 6 m	5.70	34.20
3/8" x 4" x 6 m	7.60	45.60

DIMENSIONES NOMINALES (pulg)	PESO NOMINAL	
	Kg/m	Kg/6m
1/2" x 1" x 6 m	2.54	15.24
1/2" x 1 1/2" x 6 m	3.79	22.74
1/2" x 2" x 6 m	5.06	30.36
1/2" x 2 1/2" x 6 m	6.33	37.98
1/2" x 3" x 6 m	7.60	45.60
1/2" x 4" x 6 m	10.13	60.78
5/8" x 2 1/2" x 6 m	7.91	47.46
5/8" x 3" x 6 m	9.90	57.00
5/8" x 4" x 6 m	12.66	75.96
3/4" x 4" x 6 m	15.19	91.14
1" x 3" x 6 m	15.19	91.14
1" x 4" x 6 m	20.26	121.56

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CUCHARA (%):

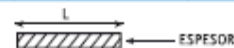
NORMA	%C máx	%Si máx	%P máx	%S máx
ASTM A36/A36M	0.26	0.40	0.04	0.05

PROPIEDADES MECÁNICAS:

- Límite de Fluencia mínimo = 2,530 kg/cm²
- Resistencia a la Tracción = 4,080 – 5,620 kg/cm²
- Alargamiento en 200 mm:
 - 1/8" y 3/16" = 15.0% mínimo.
 - 1/4" = 17.5% mínimo.
 - 5/16", 3/8", 5/8", 3/4" y 1" = 20.0% mínimo.
- Doblado a 180° = Bueno.
- Soldabilidad = Buena.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA:

DIMENSIÓN NOMINAL b (pulg)	ANCHO b (mm)	TOLERANCIAS (mm)		DESVIACIÓN MÁX. DE RECTITUD (mm/m)	LONGITUD (mm)
		e < 3/4"	3/4" ≤ e ≤ 5/8"		
b < 2"	±0.8	±0.4	±0.8	4.0	+50 -0
2" ≤ b < 3"	±1.2	±0.5	±1.0		
3" ≤ b < 4"	±1.5				
b ≥ 4"	±2.0				



QCQA01-F104 / 02 / FEB 16

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification



LIMA: Av. Antonio Miró Quesada N° 425, Piso 17, Magdalena del Mar (Ex Juan de Allaga), Lima 17-Perú. Tlf. (51)(1) 517-1800 / Fax Central (51)(1) 452-0059.

AREQUIPA: Calle Jacinto Ibáñez 111, Pque. Industrial, Arequipa-Perú. Tlf. (51)(54) 23-2430 / Fax. (51)(54) 21-9796.

PISCO: Panamericana Sur Km.240, Ica-Perú. Tlf. (51)(56) 58-0830 / Fax. (51)(56) 58-0858.

www.acerosarequipa.com



ANEXO 10

Ángulos – Aceros Arequipa

DENOMINACIÓN:

L A36.

DESCRIPCIÓN:

Producto de acero laminado en caliente cuya sección transversal está formada por dos alas de igual longitud, en ángulo recto.

USOS:

En la fabricación de estructuras de acero para plantas industriales, almacenes, techados de grandes luces, industrial naval, carrocerías, torres de transmisión. También se utiliza para la fabricación de puertas, ventanas, rejas, etc.

NORMAS TÉCNICAS:

- Sistema Inglés: Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36M
- Tolerancias Dimensionales: ASTM A6 / A6M
- Sistema Métrico: Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36M
- Tolerancias Dimensionales: ISO 657 / V

PRESENTACIÓN:

Se produce en longitudes de 6 metros. Se suministra en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por paquetes de 1 TM c/u.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

- Límite de Fluencia mínimo = 2,530 Kg/cm².
- Resistencia a la Tracción = 4,080 - 5,620 Kg/cm² (*).
- Alargamiento en 200 mm
- 2,0 mm, 2,5 mm, 3,0 mm, 1/8", 3/32", 4,5 mm y 3/16" = 15,0% mínimo.
- 6,0 mm = 17,0% mínimo.
- 1/4" = 17,5% mínimo.
- 5/16", 3/8" y 1/2" = 20,0% mínimo.
- (*) Para los espesores de 2,0 mm a 2,5 mm, la resistencia a la tracción mínima es de 3,500 kg/cm².
- Soldabilidad = Buena.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES:

SISTEMA INGLÉS

DIMENSIONES (pulg)	PESO NOMINAL		
	Lb/pie	Kg/m	Kg/6m
1 1/4 x 1 1/4 x 3/32	0.929	1.382	8.292
1 1/4 x 1 1/4 x 1/8	1.230	1.830	10.983
1 1/4 x 1 1/4 x 3/16	1.800	2.679	16.072
1 1/4 x 1 1/4 x 1/2	2.340	3.482	20.894
2 x 2 x 1/8	1.650	2.455	14.733
2 x 2 x 3/16	2.440	3.631	21.787
2 x 2 x 1/4	3.190	4.747	28.483
2 x 2 x 5/16	3.920	5.834	35.002
2 x 2 x 3/8	4.700	6.954	41.966
2 1/4 x 2 1/4 x 3/16	3.070	4.569	27.412
2 1/4 x 2 1/4 x 1/4	4.100	6.101	36.609
2 1/4 x 2 1/4 x 5/16	5.000	7.441	44.645
2 1/4 x 2 1/4 x 3/8	5.900	8.780	52.681
3 x 3 x 1/4	4.900	7.292	43.752
3 x 3 x 5/16	6.100	9.078	54.467
3 x 3 x 3/8	7.200	10.715	64.289
3 x 3 x 1/2	9.400	13.989	83.932
4 x 4 x 1/4	6.600	9.822	58.932
4 x 4 x 5/16	8.200	12.203	73.218
4 x 4 x 3/8	9.800	14.584	87.504
4 x 4 x 1/2	12.80	19.048	114.288

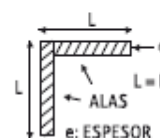
SISTEMA MÉTRICO

DIMENSIONES (mm)	PESO ESTIMADO	
	Kg/m	Kg/6m
20 x 20 x 2.0	0.597	3.582
20 x 20 x 2.5	0.736	4.416
20 x 20 x 3.0	0.871	5.226
25 x 25 x 2.0	0.754	4.524
25 x 25 x 2.5	0.932	5.592
25 x 25 x 3.0	1.107	6.642
25 x 25 x 4.5	1.607	9.642
25 x 25 x 5.0	1.766	10.596
25 x 25 x 6.0	2.072	12.432
30 x 30 x 2.0	0.911	5.466
30 x 30 x 2.5	1.128	6.768
30 x 30 x 3.0	1.342	8.052
30 x 30 x 4.5	1.961	11.766
30 x 30 x 5.5	2.353	14.118
30 x 30 x 6.0	2.543	15.258
38 x 38 x 2.0	1.262	7.572

Los productos a partir de 1 1/2" se fabrican bajo la Norma Técnica ASTM A36/A36M-G50

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN CUCHARA (%):

NORMA	%C máx	%Si máx	%P máx	%S máx
ASTM A36/A36M	0.26	0.40	0.04	0.05



TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA:

Sistema Inglés

NORMA TÉCNICA	DIMENS. NOMINAL	LONG. DE ALA (L-mm)	DIFER. ENTRE ALAS (ΔL-mm)†	ESPESOR (e-mm)			DESV. MÁX. DE RECTITUD (f-mm/m)	LONG. (l-mm)
				e(3/16")	3/16"-e(3/8")	e(3/8")		
ASTM A6/A6M	1 1/4, 1 1/2, 1 3/4 y 2"	±1.19	1.78	±0.25	±0.25	±0.30	4.16	+50 -0
	2 1/2"	±1.58	1.90	±0.30	±0.38	±0.38		
	3"	+3.17						
	3 1/2" a 4"	+2.38	2.77	(‡)	(‡)	(‡)	2.08	

(†) La máxima diferencia entre alas 75%, 60% y 50% de la tolerancia total de longitud de alas, respectivamente según la dimensión del ángulo. Fuera de Escuadra entre Alas: máxima permitida +/- 1.5".

(‡) El peso métrico no deberá variar más de +3.0%/-2.5% del peso nominal.

SISTEMA MÉTRICO

CARACTERÍSTICA DE CALIDAD	LONGITUD DE ALA(L) L hasta 50 mm Inclusive	ESPESOR DE ALA(e) L hasta 50 mm Inclusive	DIFERENCIA ENTRE ALAS (Δ) L hasta 50 mm Inclusive	LONGITUD DE BARRA(l) l hasta 12 m Inclusive	DESMACCIÓN MÁX. DE RECTITUD (f) (‡)	FUERA DE ESCUADRA (e) L hasta 50 mm Inclusive
NORMA TÉCNICA ISO 657/V	+/-1.00 mm	+/-0.50 mm	1.5 mm	0/+50 mm	4.0 mm/m máx.	1 mm máx.

(‡) No incluye puntas dobladas.

QCQA01-1103 / 01 / NOV 15

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification



LIMA: Av. Antonio Miró Quesada N° 425, Piso 17, Magdalena del Mar (Ex Juan de Aliaga), Lima 17-Perú. Tlf. (51)(1) 517-1800 / Fax Central (51)(1) 452-0059.

AREQUIPA: Calle Jacinto Ibañez 111, Pque. Industrial. Arequipa-Perú. Tlf.(51)(54) 23-2430 / Fax.(51)(54) 21-9796.

PISCO: Panamericana Sur Km.240. Ica-Perú. Tlf.(51)(56) 58-0830 / Fax.(51)(56) 58-0858.

www.acerosarequipa.com



ANEXO 11

Planta de galvanizado de Empresa El Detalle SRL



Local N°2 de la empresa El Detalle SRL



ANEXO 12

Traducción de la figura N°10: Procedimientos para diseñar nuevos productos

