



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENEP ARAGÓN

ESTUDIO Y DISEÑO
DE UNA MINI-PLATAFORMA
GRÚA MÓVIL

TESIS

Que para la obtención del
Título en la Licenciatura en **Ingeniería Mecánica Eléctrica**
presentan:

FRANCISCO JAVIER CASTRO NAVARRO
Y EMILIO ORTIZ RAMOS

FALLA DE ORIGEN





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

INTRODUCCION:	1
CAPITULO 1. Información general sobre dispositivos para carga y transporte en la industria:	5
CAPITULO 2. Características de los materiales empleados:	33
CAPITULO 3. Alternativas de diseño de la Mini-Plataforma Grúa:	59
CAPITULO 4. Cálculo mecánico y selección de los materiales de la Mini-Plataforma Grúa:	77
CAPITULO 5. Procesos de fabricación de la Mini-Plataforma Grúa:	113
CAPITULO 6. Procesos de ensamble y dibujos de la Mini-Plataforma Grúa Móvil:	121
CAPITULO 7. Estimación de costos:	139
CAPITULO 8. Condiciones de operación y características de la Mini-Plataforma Grúa Móvil:	145
CONCLUSIONES:	151
BIBLIOGRAFIA:	153

INTRODUCCION

Antiguamente el hombre utilizaba máquinas y herramientas rudimentarias de acción lenta para extraer y trasladar de un lugar a otro los materiales de la tierra y elaborarlos cambiando sus características obteniendo de ellos de ésta manera alguna utilidad.

En nuestros tiempos el hombre sigue empeñado en la misma tarea, sólo que ahora con la ayuda de grandes y potentes máquinas que le han permitido realizar esos trabajos en una escala mucho mayor. Dentro de esas máquinas destacan importantemente las excavadoras mecánicas y las grúas.

Parece que el origen de la palabra grúa procede de las antiguas máquinas de guerra, de forma algo parecida, que en un principio se llamaron grullas (las cita Fco. Cascales en su Historia de Murcia, al hablar del sitio de Antequera en 1410), y posteriormente se denominaron grúas. El cura de los Palacios, describiendo el sitio de los Reyes Católicos, dice: "Hicieron una escala real, que llamarón grúa, que era tan alta como una torre".

En la actualidad se denomina grúa, de un modo générico, a toda clase de aparatos destinados al transporte de cargas pesadas, generalmente dentro de pequeños trechos y con trayectorias variables, verticales, horizontales o inclinadas, en los cuales los pesos desplazados se encuentran suspendidos por cables o cadenas. Las primeras grúas se utilizaron para la carga y descarga de las embarcaciones, pudiendo afirmarse que nacieron en los márgenes de los grandes ríos y en las orillas de los mares. También, desde tiempos remotos, se emplearon en la construcción, máquinas especiales para el desplazamiento de objetos pesados, pero ordinariamente se trataba de simples palancas, y no es hasta la edad media que se inició en este campo la aplicación de verdaderas grúas.

El tema de ésta tesis que lleva por título "ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA MINI-PLATAFORMA GRUA MOVIL", se basa en el desarrollo de un proyecto que combina lo siguiente: una plataforma móvil con una grúa manual, la cual, a su vez esta formada por una columna, una pluma, y un dispositivo de elevación de la carga.

En este trabajo nos ocuparemos al estudio de una mini plataforma grúa móvil accionada a mano, buscandose el diseño adecuado en cuanto a tamaño, capacidad, etc. En él se pretende dar una mayor divulgación al funcionamiento, uso y fabricación de éste equipo, ya que su actual adquisición representa para un país como México una ayuda considerable para el trabajador; si logramos que los usuarios le den una mejor utilización o bien, se ayude a

romper el mito de la imposibilidad de fabricación de maquinaria en nuestro país, nos daremos por satisfechos.

Un conjunto como el que se diseña por la versatilidad con la que cuenta es posible emplearla para diferentes aplicaciones, algunas de ellas son: Montaje y desmontaje de motores de autos y camiones con motor delantero, desmantelamiento de compresores y generadores, maquinaria industrial en general. En todos estos casos la carga es de peso considerable e incluso voluminosa, por esto el trabajador que cuenta con la limitante de su fuerza física, tendrá la opción de valerse de éste dispositivo.

El panorama de uso de esta grúa se amplía, pues no solo puede ser empleada con fines industriales, sino con situaciones cotidianas, como lo son la carga y descarga de materiales en centrales de depósito de mercancía, terminales ferroviarias, centrales de abasto, muelles, etc., en donde se manejen cargas menores a 200 kg. dentro de la misma terminal manejadas por trabajadores que se valen de su capacidad física, haciendo de éste diseño una función de interés social. Es por esto, que se pretende que el diseño sea lo más económico posible, sin menoscabo de su funcionalidad. En el aspecto económico nos referimos a minimizar los costos de fabricación de materiales y mano de obra, sin bajar la calidad final de la plataforma grúa. En lo funcional pretendemos que cumpla enteramente los requerimientos para los que fue pensado el diseño.

Estas personas, cuyo trabajo se paga a destajo exponen su salud seriamente debido al esfuerzo que realizan al efectuar su trabajo. Por otra parte, debido a la modalidad de su trabajo, su ingreso monetario es reducido ante la limitación de su propia capacidad física; considerando que se les paga en base a la cantidad de material movilizado.

Ante este problema social surge la idea de diseñar un dispositivo cuya adquisición sea accesible para estas personas y que, además, no sólo les permita realizar su labor, sino que la efectúen con mayor eficiencia. Esto trae consigo beneficios económicos para el trabajador porque aumenta la productividad de su trabajo, dado que al mismo tiempo moviliza más carga y consecuentemente, ganará más. El beneficio para su salud es así mismo evidente y no requiere mayor comentario.

Es así como escogimos el tema "ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA MINI-PLATAFORMA GRUA MOVIL" para nuestro trabajo de titulación. Este trabajo está estructurado de la siguiente forma: los dos primeros capítulos presentan información general sobre dispositivos similares que se encuentran actualmente en el mercado y sobre las características de los materiales que se emplean en la construcción de los mismos. El tema central, que es el desarrollo de nuestro dispositivo desde su planeación, cálculos de

diseño, procesos de fabricación, hasta un ensamble final, se trata en los capítulos 3 al 6.

El capítulo 7 está destinado a darnos una información general sobre el costo del proyecto.

En el capítulo 8 presentamos una guía para el usuario sobre la operación de la Mini-Plataforma Grúa Móvil.

Finalmente presentamos las conclusiones sobre nuestro proyecto y bibliografía consultada para la realización del mismo.

CAPITULO 1

INFORMACION GENERAL SOBRE DISPOSITIVOS PARA CARGA
Y TRANSPORTE EN LA INDUSTRIA

1.1 INTRODUCCION.

Para el manejo de los materiales se toman en cuenta cuatro consideraciones básicas.

- 1.El movimiento requerido;
- 2.la carga, cantidad y forma de los materiales;
- 3.el tiempo disponible, ya que el tiempo de operación de un proceso productivo, no se debe regir por los equipos para el manejo de los materiales; y
- 4.el espacio necesario para el material manejado, como para el equipo en que se ha de manejar.

En base a las consideraciones anteriores, los equipos existentes para el manejo de materiales se clasifican en tres tipos básicos:

1.Equipos para el acarreo continuo de cargas uniformes de un punto a otro en trayectorias fijas (ejem: bandas transportadoras).

2.Equipo para la transferencia de cargas variables en forma discontinua, entre puntos que se encuentran dentro de una área delimitada por las facilidades con que cuenta el lugar donde se manejan los materiales.

3.Equipos para el transporte de cargas uniformes o variables, en forma discontinua en trayectorias diversas y distancias considerables (camiones de volteo, tractores, etc.).

1.2 CLASIFICACION DE LOS DISPOSITIVOS PARA CARGA EN LA INDUSTRIA.

Los dispositivos para carga en la industria, es decir, los equipos del segundo tipo dentro de la clasificación anterior, están integrados por:

1. Grúas.
2. Elevadores.
3. Monorriéles.

Siendo éstos para nosotros de interés particular para la realización de nuestro diseño.

1.2.1 GRUAS.

La grúa que se utiliza solamente para trabajos de izamiento, está destinada esencialmente para levantar un objeto, trasladarlo de un lugar a otro, girando la estructura y en caso de tener movimiento, transitando la máquina y bajarlo colocándolo en su

nueva posición. Los elementos requeridos básicamente son: Una pluma (una especie de viga armada en el aire), un eje vertical o columna central que puede ser de hierro dulce o colado y madera esencialmente, por otra parte lo constituye un mecanismo con dos malacates (uno para que levante la carga y otro de la pluma que maneje la inclinación), dichos malacates pueden ser accionados a mano, por motores hidráulicos, de vapor o eléctrico, además de un aparejo de gancho con las poleas necesarias para el servicio.

La pluma de la grúa está formada por dos o mas cuerpos separables, el extremo superior es la cabeza, provista de poleas. Estos cuerpos o tramos de pluma se conectan entre sí por tres sistemas ó combinaciones de ellas : a) Por horquillas y pasadores, b) Por placas de cobre-juntas y c) Por bridas atornilladas. Lo anterior se ilustra en la fig. 1.1.



Fig. 1.1 Elementos principales de las grúas.

Como es frecuente que la longitud de la pluma con que normalmente el fabricante equipa su máquina, no es suficiente para todos los trabajos, entonces se surten elementos que permiten aumentar dicha longitud.

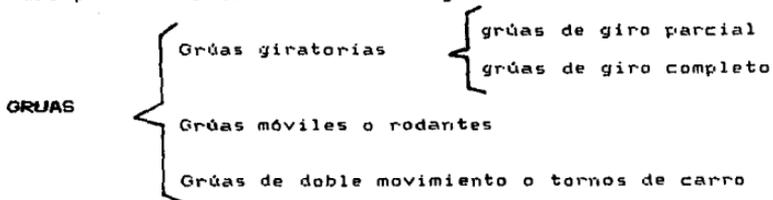
Lo primero que se ocurre colocar son elementos extra al cuerpo de pluma en su parte intermedia y lo segundo es colocar al extremo de la pluma normal o brazo de extensión, llamados también, pluma o aguilón auxiliar o "JIG", que puede emplearse en la misma línea de la pluma principal o formando un ángulo. Esta última solución suele emplearse en montajes.

Las cargas que hay que elevar por medio de grúas se sujetan con cables o cadenas que los embragan; con frecuencia, para el manejo de materiales pequeños, se usan platillos a los que se enganchan cadenas, que a su vez se cuelgan del gancho al aparato; en la figura 1.2, representa uno de estos accesorios.



Fig. 1.2.

Clasificación de las grúas.- Todos los sistemas de grúas conocidas pueden clasificarse de la siguiente manera:



Además, según el motor que se emplea, se dividen en grúas a mano, de vapor, hidráulicas y eléctricas.

Grúas fijas a mano (fig. 1.3). En su forma más simple consiste en una viga I, designada por "a", soportada por cuatro ruedas "b". El carrillo o trole, "c", que se mueve sobre las alas o patines inferiores lleva el aparejo de cadena que forma la unidad elevadora. La grúa es movida por una cadena de mano "d", que hace girar la rueda dentada "e" enchavetada al árbol "f". Los piñones que están sobre el árbol "f" engranan con los engranajes "g" enchavetados a los ejes de dos ruedas. Para servicio pesado y claro grande se construye el puente con dos viguetas I colocadas lado con lado y un carrillo rodante con cuatro ruedas que marcha sobre carriles asegurados a las alas superiores. La grúa accionada a mano está limitada a una capacidad de 45 toneladas métricas y a un claro de 12 metros, y se emplea donde el servicio requerido es lento y poco frecuente.



Fig.1.3. Grúa de accionamiento manual.

Grúas fijas a vapor.- Las grúas giratorias fijas a vapor son muy utilizadas en los muelles, y otros sitios. Una de éstas grúas es muy utilizada en las canteras por los comerciantes de madera y por los constructores. La grúa descansa sobre una base o pie de hierro colado; el armazón principal se compone de dos montantes verticales que pueden ser de madera o de hierro, que encajan en la base giratoria, en la que van asegurados, mientras que por su parte superior son sujetos en una caja. Está armazón lleva en su parte inferior los tambores para la cadena y todo el movimiento. El pescante está sostenido por cadenas que pasan sobre una polea en la parte superior. El aparato a vapor es de dos cilindros que comunican a un eje cigüeñal doble, colocado en cojinetes pesados

de bronce; el aparato para cambiar de movimiento tiene un eslabón endurecido. La cadena es vertical. Si la grúa es de pequeñas dimensiones la máquina mueve directamente el tambor; pero para grandes tamaños hay engranajes sencillos y dobles. El movimiento para bajar y subir el pescante consiste en un tambor cónico con un ranurado en espiral en el que encaja la cadena; de tal modo que a medida que se levanta el pescante se va soltando la cadena que lleva la carga, y a medida que el radio va disminuyendo la cadena se enrolla en el tambor cónico en su extremo de mayor diámetro, equilibrándose la carga con el peso del pescante.

La grúa puede funcionar por medio de vapor, sin necesidad de estar provistas de calderas, pueden recibir el vapor de un generador situado a distancia, instalándose para ello un sistema de tuberías.

Para mover grandes pesos en la construcción de diques de puertos con bloques monolíticos de grandes dimensiones, se emplean las grúas flotantes montadas en cascos de embarcación, que gracias a remolques o propulsiones propias, pueden trasladarse de un punto a otro.

Grúas fijas hidráulicas.— Se usan en muelles, etc., y sus ventajas sobre las restantes clases de grúas son innumerables pues aprovechan los saltos o abastecimientos de agua, empleando de modo continuo un motor que puede producir esfuerzos considerables. La parte principal de una grúa hidráulica es una bomba en la que se introduce el agua a presión para poner en movimiento el pistón que rige todo el movimiento de la grúa; el agua es conducida por tuberías y procede de un acumulador. Si las aguas que se surten a la población son bastantes para poner la grúa en movimiento puede evitarse la construcción de un depósito pero en el caso contrario hay que recurrir a este medio para el servicio de las grúas hidráulicas.

Grúas a mano móviles o rodantes.— Esta clase de grúas se disponen con vagonetas que circulan sobre rieles. La parte giratoria se compone de dos montantes de fundición, sólidamente unidos por su parte superior o inferior por piezas también de fundición; en estos montantes va dispuesto el engranaje y piezas móviles de la grúa, que consisten en un tambor para la cadena; el eje del tambor pasa por los convenientes agujeros dispuestos en los montantes, girando sobre cojinetes de bronce; sobre este eje y sobre la parte exterior del montante está la rueda dentada que pone en movimiento el tambor; hay además un juego de piñones y el engranaje correspondiente para facilitar el movimiento del tambor; un freno de correa de hierro sirve para sujetar uno de los ejes, con la correspondiente palanca para que un solo individuo pueda sujetar toda la carga que se levanta; una rueda de carraca, dispuesta en el mismo eje del freno, sirve para detener la carga suspendida en cualquier posición. El pescante, que se hace generalmente de pino con cabeza de fundición, tiene en su parte

extrema una polea, por donde pasa una cadena; en el eje de ésta polea, van fijados los tirantes, que por su otra extremidad se sujetan en los montantes. De los montantes arranca una base de fundición sobre la cual descansa una caja pesada, también de fundición, que sirve de contrapeso, la cual por medio de rodillos puede colocarse más adelante o más atrás, según convenga.

Las grúas móviles pueden no tener giro y constituir como una cabria montada en bastidor, o tener giro a la manera de una grúa giratoria común, que resulta muy ventajosa en las construcciones para el manejo de materiales no muy grandes.

Grúas a vapor móviles.— En la fig. 1.4, se muestra una grúa de este tipo conocida como grúa locomóvil para viajar sobre una vía de ancho normal (estándar norteamericano) y es de autopropulsión por engranajes cilíndricos y cónicos movidos por el motor de la grúa. Estas grúas requieren un solo operador y fueron movidas por máquinas de vapor, pero en la práctica moderna se emplean motores de gasolina (para los tamaños más pequeños), y Diesel o eléctricos; esto elimina el suministro frecuente de carbón y agua, y, en la mayoría de los casos, el empleo de un fogonero. Las grúas accionadas eléctricamente están limitadas en su radio de acción a una longitud conveniente de cable de alimentación, a no ser que se establezcan estaciones de enchufe alrededor de la zona en que hayan de trabajar. La instalación eléctrica y la maquinaria son soportadas por una plataforma giratoria de modo que puedan girar en un círculo completo. Generalmente es preferible usar un carro de ocho ruedas con dos bogies o plataformas giratorias (trucks) de ferrocarril, a no ser que efectúen muy poco recorrido. Cuando se lleve a cabo la elevación por medio de un gancho o electroiman, se usa una grúa de dos tambores, uno para elevar y bajar la pluma y el otro para elevar la carga. Cuando se emplee un cucharón de quijadas de dos cables se requiere una grúa de tres tambores. Estas grúas se mueven por sí mismas a una velocidad de 4.8 a 11 Km. por hora y con frecuencia son usadas para maniobrar los vagones en los patios ferroviarios.

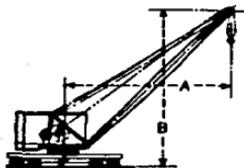


Fig. 1.4. Grúa locomóvil.

Grúas de doble movimiento.— También conocidas por grúas puente, o viajera eléctrica derivándose de estas las de portico.

Una grúa puente o viajera consta de un puente de acero que esta soportado por ruedas en sus extremos, que se mueve sobre una vía elevada o aérea. El puente soporta el aparejo elevador, que puede ser accionado a mano, neumática o eléctricamente.

La grúa neumática se usa para carreras cortas de elevación, en donde no se diponga de electricidad y, en cambio, se tenga ya aire instalado para otros fines. La grúa eléctrica se construye hasta de 180 toneladas métricas y con claros de hasta 38 metros. Se puede construir en capacidades mayores y claros más grandes, pero estas condiciones rara vez se presentan en la práctica actual.

La fig. 1.5, nos muestra este tipo de grúa. Esta consta de dos vigas armadas "a" para formar un puente, en la parte superior de las cuales hay rieles sobre los que corre el aparejo elevador completo "b". Las vigas armadas están soportadas en sus extremos por carros de plataforma con dos o cuatro ruedas, según el tamaño de la grúa. La grúa es movida a lo largo de la vía por el motor "c", a través del árbol "d" y de los engranajes que hay en las ruedas de los carros. Suspendida del puente, y hacia un lado, está la cabina del operador, "e", que contiene las palancas de accionamiento y control.

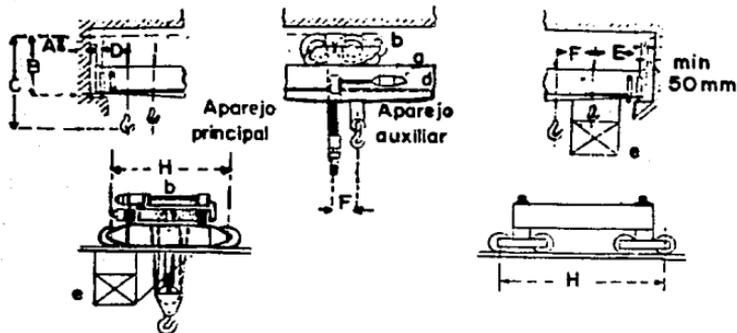


Fig.1.5. Grúa-puente, o viajera, eléctrica.

El aparejo elevador completo consta de un carro movido por motor eléctrico y soportado por ruedas de doble pestaña engranadas directamente al motor de accionamiento. A medida que se levanta la carga, el cable se enrolla sobre el tambor hacia el centro de manera que la carga que actúa sobre cada una de las vigas del puente sea igual. Las grúas eléctricas se construyen tanto para corriente continua como alterna, predominando esta última. Consta

de dos frenos uno para el motor y otro para sostener la carga en cierta posición, en caso de que se interrumpa la corriente .

El rendimiento de las grúas eléctricas varía de 65 a 90% y de 70 a 80% para la parte mecánica, dando un rendimiento combinado de 45 a 72% entre el gancho de la grúa y el tablero.

Grúas de pórtico.— Las grúas de pórtico o de caballetes son modificaciones de las grúas-puente que se emplean al aire libre, en donde no es conveniente levantar una estructura elevada para la vía aérea. El puente (fig.1.6) es soportado en sus extremos por los pies "a", que pueden sujetarse con pernos o anclarse a las cimentaciones, o bien montarse sobre ruedas de manera que pueda desplazarse la grúa. El puente sostiene un aparejo elevador lo mismo que una grúa-puente, pero cubierto para proteger la maquinaria de la intemperie. La grúa es accionada por el motor "b" a través de una reducción de engranajes que va al árbol "c", el cual mueve los ejes verticales "d" por medio de engranajes cónicos. Otras reducciones de engranajes cónicos y cilíndricos conectan los ejes a las ruedas con los árboles "d". Las grúas de caballetes se fabrican en los mismos tamaños que las grúas-puente estándares. No obstante, se construyen para satisfacer condiciones locales.

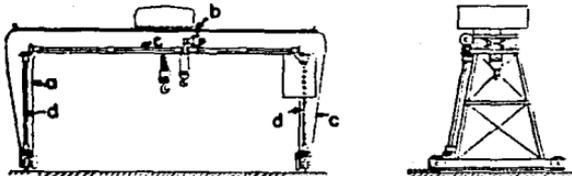


Fig. 1.6. Grúa de Pórtico.

Grúa de doble pescante.— Es un conjunto formado por dos grúas sencillas, o sea por dos pescantes fijos a un mismo árbol y diametralmente opuestos. Se emplean con el fin de aprovechar tiempo, permitiendo que cuando un pescante siente unsillar en obra, por ejemplo, el otro pueda estar cargando material.

Grúa dinamométrica.—Es la que levanta las cargas y las pesa al mismo tiempo. Hay el sistema de los señores George, padre e hijo, que consiste en unir a la grúa una báscula que al levantar carga acusa su peso y el de todo el aparato auxiliar, y el de Decoster, que sólo acusa el peso de la carga, y que consiste en interponer al enganchar la carga una romana que es la que mide el peso de la misma.

Grúa flotante.— Toda clase de grúa montada en casco de embarcación o cuerpo flotante dispuesto para que pueda resistir al aparato y a los esfuerzos que ejecuta al elevar grandes cargas, y cuyo flotante puede ser remolcado, y en ocasiones lleva propulsor propio, que mueve al mismo motor de grúa, es llamada grúa flotante.

Grúa rotatoria o giratoria.— Se emplean para elevar y mover material hasta los puntos a que alcanza su brazo, o pluma, unido con pivote a una estructura fija o móvil.

Las cabrias se usan al aire libre, en canteras, en obras de construcción, etc., y se construyen de manera que puedan trasladarse fácilmente. Las grúas de columna son siempre fijas y se usan para servicio ligero y poco frecuente. Las grúas de brazo o pescante son usadas en las fábricas manufactureras. Las grúas locomóviles montadas sobre ruedas de vagón se emplean para manipular cargas por medio de un gancho, en cubetas, cucharones de quijada, o bien por electroimanes.

Las grúas de auxilio o salvamento son del mismo tipo general que las locomóviles y se emplean para manejar cargas pesadas en los ferrocarriles.

Las cabrias se fabrican con mástiles y pescantes o plumas, ya sea de madera o de acero, son del tipo de brazo mantenido con tirantes o cables de retenida o bien rígido, y se accionan a mano o mecánicamente con un volante. La fig. 1.7, ilustra una cabria de madera con tirantes del tipo de accionamiento con volante.

El mástil "a" es soportado en su pie por un pivote "k" y en la parte superior del pivote "m", sostenido por tirantes de cable "n". La pluma "b" está articulada en el extremo inferior del mástil. El cable "c", que pasa por poleas situadas en la parte superior del mástil y en el extremo de la pluma y por el pivote "k", está unido al tambor "d" y varía el ángulo de la pluma. El cable de elevación "e", del cual esta suspendida la carga, está unido al tambor "f". El volante "g" está fijo al mástil y hace girar la cabria por medio de un cable unido al volante que pasa entorno del tambor reversible "h".

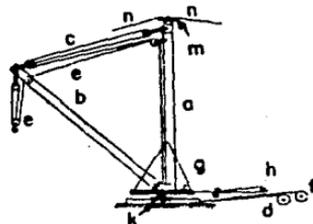


Fig. 1.7. Cabria de madera con cable de retenida.

La fig. 1.8, muestra la grúa de pilar de radio fijo, muy usada para descargar vagones en los patios ferroviarios, y ordinariamente del tipo de maniobra manual. Consta de un pilar "a", sujeto por medio de pernos a su base, que soporta la pluma "b", la cual puede hacerse girar en torno de un círculo completo. La carga es levantada por cables "c" accionados por un malacate de mano. Estas también son construidas para trabajar eléctricamente y

con radio variable, en cuyo caso se utiliza un aparejo adicional sobre el pilar "a" para elevar y bajar la pluma. La figura 1.9, ilustra una grúa de pared o de columna, con brazo que consta de un poste con pivotes, "a", que soporta al brazo "b", sobre el cual corre el aparejo "c". El poste "a" está fijo a una columna del edificio, "d", de manera que puede girar aproximadamente 270 grados. La grúa de brazo para patio mostrada en la fig. 1.10, consta del mástil "a" que soporta el brazo fijo "b", sobre el cual corre el aparejo "c". El mástil es soportado por un apoyo de pivote "d" localizado en la base y por el apoyo "e" situado en la parte superior, y sostenido por los vientos "f". La grúa es fijada por el engranaje "g" sujeto al cimiento, por medio del piñón "h" del motor, que es soportado por el mástil.

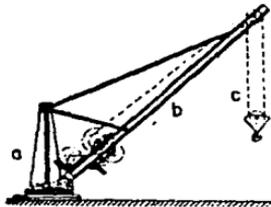


Fig. 1.8 Grúa de Pilar.

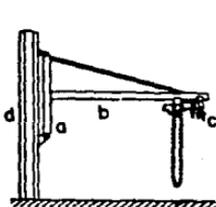


Fig. 1.9 Grúa de columna, con brazo.

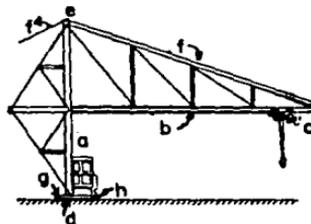


Fig. 1.10 Grúa de brazo para patio.

La grúa de oruga está montada sobre bandas de oruga sin fin. Las grúas de este tipo son movidas frecuentemente por motores de gasolina, pero también se usan motores Diesel. La velocidad de traslación es de 16 a 32 Km. por hora. La fig. 1.11, ilustra una grúa Link-Belt.

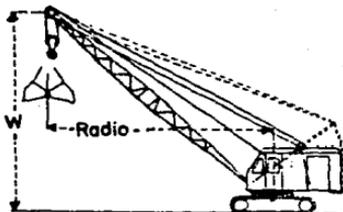


Fig. 1.11. Grúa de orugas (Link-Belt).

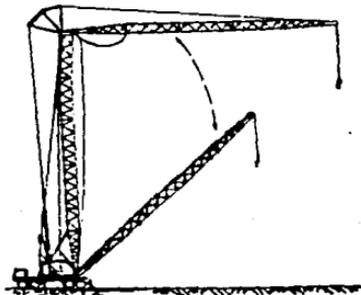


Fig. 1.12. Grúa Torre.

Una variante interesante de las grúas, lo es la grúa torre que vemos en la figura 1.12, y que ha sido la respuesta de los fabricantes americanos a la verdadera grúa torre europea. Este tipo de equipo tiene gran aplicación en la construcción de edificios para la colocación de elementos estructurales de hormigón. Sobre la del tipo europeo tiene la ventaja de su rápida instalación y movilidad aún en las de gran capacidad de carga; pero a la vez representa una mayor inversión considerando también la unidad básica, por ser más costosa que el estilo europeo; pero siempre queda la ventaja importante de un contratista de todo tipo de obras, que a la unidad básica le puede colocar toda una extensa variedad de accesorios existentes para una serie de diversos trabajos, lo que no es posible con la estructura inferior de la torre europea.

1.2.2 ELEVADORES.

Los elevadores (ascensores) hidráulicos, con excepción del tipo de émbolo de corta elevación y baja velocidad, han quedado en desuso. Los elevadores eléctricos del tipo de tambor han sido sustituidos por los del tipo de tracción, los cuales son más seguros como resultado de la reducción del esfuerzo de tracción cuando el carro o contrapeso llegan al límite de su recorrido, minimiza la posibilidad de que sean arrastrados hasta llegar a la maquinaria. La construcción de este tipo de equipo debe cumplir con las especificaciones y los reglamentos de seguridad.

Los elevadores de tracción con mecanismos de engranajes se utilizan para velocidades de los carros hasta de 1.3 a 1.5 m/s (250 a 300 pie/min.); a más de 1.5 m/s. Las máquinas sin engranajes (fig. 1.13), tiene relaciones de velocidades de 2:1 ó 1:1; con las máquinas de 2:1, la velocidad del carro es la mitad de la velocidad del cable; en las de 1:1, la velocidad del carro es igual a la del cable. Las máquinas de 2:1, se adaptan para velocidades del carro de 1.5 a 2.5 m/s (300 a 500 pie/min.), las de 1:1; están adaptadas para velocidades del carro de 3.0 m/s (600 pie/min), y mayores. Se encuentran trabajando satisfactoriamente máquinas sin engranajes para velocidades de 5.1 m/s (1000 pie/min.).

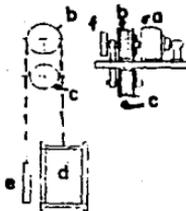


Fig. 1.13. Elevador de tracción eléctrica.

Los motores de corriente continua tienen la ventaja de tener buen par de arranque y fácil regulación de la velocidad. Los de uso más común son con dos embobinados o devanados independientes en el estátor con diferentes números de polos, que dan relaciones de velocidades de 3:1 y mayores.

Los contrapesos se utilizan en elevadores (ascensores), malacates de minas y montacargas de cajón para equilibrar la carga sobre el motor. El motor, sea eléctrico o de otro tipo, puede ser más pequeño, ya que sólo debe impulsar contra la carga desequilibrada y vencer la fricción. Los frenos de un sistema contrapesado retardan masas más grandes y deben ser más potentes que para el mismo mecanismo que no tenga contrapesos. Los malacates de minas y montacargas de cajón se contrapesan por medio de carros dobles, uno de los cuales asciende mientras el otro desciende; la carga efectiva es la diferencia entre los pesos de un carro lleno y uno vacío, corregida según el peso del cable.

Los elevadores (ascensores), por lo general, tienen un contrapeso que excede del peso vacío del carro en una cifra promedio de la carga esperada. Con elevaciones a grandes alturas, el peso del cable se neutraliza con cadenas de compensación que cuelgan desde la parte superior del tiro y amarradas en la parte baja del carro, con lo cual no producen tracción cuando el carro está en la parte alta de su recorrido.

Los montaplatos siguen los requisitos generales de construcción de los ascensores, aunque la reglamentación es menos estricta. Por ejemplo se pueden usar cadenas con eslabones de rodillos en vez de cables de acero para soportarlos. Además, se puede usar una sola cadena en lugar de los mínimos reglamentarios de 3 para ascensores del tipo de tracción o de 2 para los ascensores del tipo de tambor.

1.2.3 MONORRIELES.

Los monorrieles son una forma de aparejo eléctrico de elevación que no solamente levanta la carga, si no que la transporta alrededor de una vía desde una parte A hasta B, marchando el operador montado sobre la máquina y gobernando todos sus movimientos. Se emplean para manejar cualquier clase de materiales que puedan suspenderse de un gancho, ya en unidades o bien en cantidades, en cajas o cubas.

Las vías ligeras y rígidas consisten en varios perfiles suspendidos de estructuras aéreas, y sirven para soportar plataformas rodantes a las que se fijan carga, por medio de ganchos o aparejos de cadenas, mencionando entre los más usuales la vía del tipo de barra, la vía aérea de Coburn, de una sola vigueta I, y la de dos viguetas I.

Los materiales se pueden transportar por vías ligeras y rígidas o vías aéreas. Los carros están soportados mediante viguetas estructurales en "I", vigas en "H" o rieles similares a una vigueta en "I", con cejas especiales para mejorar las características de rodamiento de las ruedas. El tamaño de las ruedas y la lisura de las llantas son factores importantes que pueden reducir la resistencia a la rotación. En la fig. 1.14, se ilustra un carro típico, rígido, para desplazarse sobre curvas de radio corto en la vía. Estos carros pueden ser sencillos, con rueda de mano y cadena o tener impulsión con motor eléctrico. Cuando hay poca altura disponible, el carro puede estar integrado con el aparejo elevador que se conoce como montacargas colgante.

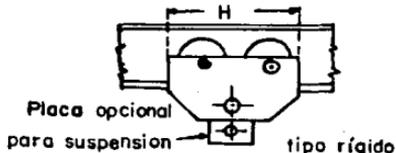


Fig. 1.14. Monorrieles de trole.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS EMPLEADOS EN LOS DISPOSITIVOS PARA CARGA EN LA INDUSTRIA.

1.3.1 CADENAS.

Cadenas de enganche.— Hasta 1933, las cadenas para eslingas destinadas a usos en que su ruptura podría ser peligrosa para el personal o el equipo, se hacían por lo general de hierro forjado. Tenían buena capacidad amortiguadora y se soldaba con facilidad con técnicas de soldadura por forja. Sin embargo, el hierro forjado tenía serias desventajas. Las más importante era su tendencia a endurecerse en el servicio y la imposibilidad de soldarlo con soldadura eléctrica.

El endurecimiento por trabajo tiene que corregirse con recocido frecuente para eliminar la fragilidad. La necesidad de usar soldadura de forja evitaba el uso de métodos de más calidad y mejores resultados, como la soldadura por resistencia eléctrica. Las investigaciones condujeron a la introducción en 1933, de la primera cadena con eslabones de acero aleado soldados con soldadura eléctrica (de arco). Desde entonces, la cadena de aleación, que nunca se debe de recocer, ha logrado aceptación universal, aunque todavía se especifica el hierro para unas cuantas aplicaciones, ya no tiene importancia comercial.

La mayoría de las cadenas de aleación se hacen con el tipo de uno de los aceros de aleación para construcción endurecible al agua. Los de tipos de alto contenido de carbono, que contienen hasta 0.30% de carbono, ya son comerciales.

Las actuales cadenas de enganche, hechas de aleación, varían en dureza Brinell entre 250 a 450, según el fabricante. Esto equivale a una gama de resistencia a la tracción de 125,000 a 230,000 lb/pulg².

Cadenas para elevadores.— Las cadenas de hierro maleable y de acero para elevadores están estandarizadas en un amplio intervalo de modelos y tamaños. La más simple es la cadena de ganchos abiertos (o de Ewart) fig. 15-A, para elevadores, transmisiones y transportadores. Los eslabones son de hierro maleable, es desmontable y usualmente se emplea donde se requiere un bajo costo y la velocidad no sea mayor de 1.66 m/s, y una carga que no sea mayor de 680 Kg. En un elevador la cadena debe marchar con el gancho para atrás al igual que en un transportador; en una transmisión el gancho debe ir en posición hacia adelante. Las juntas abiertas permiten el escape de los polvos abrasivos.

La cadena de rodillos de hierro maleable (fig. 15-B), tiene rodillos en sus articulaciones, actúa más suavemente sobre las ruedas dentadas para cadenas y, en un transportador, proporciona contacto de rodamiento en vez de contacto deslizante con sus guías. La cadena de clavija es de hierro maleable y puede emplearse con ruedas dentadas Ewart. Puede desmontarse sacando la clavija o el pasador. La junta cerrada proporciona mejor protección contra la infiltración de polvos abrasivos, mantiene mejor el lubricante y como el pasador es de acero, la resistencia al desgaste es mejor, ver fig. 15-C.

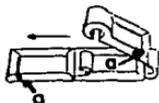


Fig. 15-A. Eslabón desmontable.



Fig. 15-B. Eslabón cerrado con rodillos.



Fig. 15-C. Eslabón cerrado.

En la tabla 1 aparecen los pesos y dimensiones nominales de cadenas para grúas, de hierro forjado o de acero, dados por la especificación A-56-39 de la ASTM. La American Chain and Cable Co. recomienda que las cadenas usadas sobre las poleas para accionar grúas tengan en los eslabones los lados rectos (de manera que trabajen de forma apropiada en las poleas), y que las cadenas usadas en las eslingas tengan eslabones de forma ovalada. Que bajo sobrecarga, los eslabones ovalados tenderán a enderezarse, dando así una advertencia visual de que la cadena es demasiado ligera para la carga.

Tabla 1.
Pesos y dimensiones nominales de cadenas para grúas
y cadena soldada ordinaria o comprobada (proof-coil)

Tamaño nominal de la barra de la cadena		Tamaño real del material		Longitud nominal de 100 eslabones, cm.		Peso nominal por 100 m, Kg.		Dimensiones nominales de los eslabones, pulgadas.								
								Cadena para grúas				Cadena soldada ordinaria				
				Cadena para grúa.		Cadena para grúa.		Exterior		Interior		Exterior		Interior		
Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Cadena para grúa.	Cadena soldada ordinaria (o comprobada)	Cadena para grúa.	Cadena soldada ordinaria (o comprobada)	Long.	Ancho	Long.	Ancho	Long.	Ancho	Long.	Ancho	
1/4	6.35	9/32	7.14	210	254	116	104	1 27/64	1	53/64	7/16	1	9/16	1 1/16	1	1/2
5/16	7.94	11/32	8.73	254	292	171	156	1 11/16	1 3/16	1	1/2	1 51/64	1 3/16	1 7/64	1 1/2	
3/8	9.52	1/2	10.32	277	312	247	225	1 29/32	1 7/16	1 3/32	5/8	2 3/64	1 7/16	1 15/64	5/8	
7/16	11.11	15/32	11.91	310	350	327	312	2 5/32	1 5/8	1 7/32	11/16	2 5/16	1 11/16	1 3/8	3/4	
1/2	12.70	1/2	13.49	340	391	407	395	2 13/32	1 13/16	1 11/32	3/4	2 9/16	1 7/8	1 1/2	15/16	
9/16	14.29	1/2	15.08	396	441	521	500	2 3/4	1 15/16	1 9/16	3/4	2 15/16	2 1/16	1 3/4	7/8	
5/8	15.87	21/32	16.67	429	477	640	610	2 3/16	1 11/16	1 7/8	3/4	3 1/16	2 5/16	1 7/8	1 1/8	
3/4	19.05	23/32	19.84	477	541	815	800	3 7/16	2 9/16	1 7/8	1	3 11/16	2 11/16	2 1/8	1 1/8	
7/8	22.22	29/32	21.02	571	635	1 220	1 160	4 1/16	3 1/16	2 1/4	1 1/4	4 5/16	3 3/16	2 1/2	1 3/8	
1	25.40	1 1/2	26.19	650	698	1 555	1 490	4 5/8	3 7/16	2 9/16	1 3/8	4 13/16	3 9/16	2 3/4	1 1/2	
1 1/8	29.57	1 5/16	29.37	751	...	1 949	...	5 3/16	3 15/16	2 7/8	1 5/8	...	...	...	...
1 1/4	31.75	1 9/16	32.54	777	...	2 331	...	5 5/8	4 5/16	3 1/16	1 3/4	...	...	...	...
1 3/8	34.92	1 13/16	35.72	822	...	2 870	...	5 7/16	4 11/16	3 5/8	1 7/8	...	...	...	...
1 1/2	38.10	1 17/16	38.89	983	...	3 475	...	6 15/16	5 1/16	3 7/8	2	...	...	...	...
1 5/8	41.27	1 21/16	42.07	1 079	...	4 075	...	7 9/16	5 7/16	4 1/4	2 1/8	...	...	...	...
1 3/4	44.45	1 25/16	45.24	1 206	...	4 720	...	8 5/16	6 12/16	4 3/4	2 1/4	...	...	...	...
1 7/8	47.62	1 29/16	48.42	1 333	...	5 450	...	9 1/16	6 5/16	5 1/4	2 1/2	...	...	...	...
2	50.80	2 1/32	51.59	1 460	...	6 100	...	9 13/16	6 11/16	5 3/4	2 5/8	...	...	...	...

En las especificaciones actuales para productos incluye un mínimo del 15% de alargamiento antes de presentarse la falla. Esta cifra se estableció en 1924 como una supuesta garantía contra la ruptura a la fragilidad y para dar una alarma visible de sobrecarga y rotura inminente.

Para cadenas blandas (menos de 200 Brinell) se usaban antes de la aparición del acero aleado endurecido o inclusive para algunas cadenas de aleación blanda que se vende en la actualidad, este requisito podría haber tenido cierta utilidad como señal de alarma de sobrecarga. Sin embargo, ya no tiene utilidad para este fin, si se tiene en cuenta que las cadenas modernas de alta calidad, son de 300 Brinell o mayores. Más del 50% de su alargamiento total a la rotura, ocurre durante el 10% final de su carga. Por lo tanto, es poco probable que una persona que no tenga la práctica suficiente pueda apreciar el alargamiento por sobrecarga hasta que llega a un punto peligroso.

La deformación total (la plástica más la elástica) al momento de la rotura es un factor importante en la determinación de la capacidad para absorción de energía y, por lo tanto, de la resistencia a los impactos. Sin embargo, el factor concurrente de resistencia a la ruptura, es de igual importancia. La única forma práctica de medir su efecto combinado es mediante pruebas reales de impacto en muestras reales de cadenas y no con pruebas con probetas preparadas. Para este fin, se han desarrollado probadores especiales de impacto equipados con dispositivos medidores o integradores de alta velocidad.

La cadena de alta resistencia se hace con acero simple al carbono, que pueda tratarse térmicamente, con un contenido, por lo general, de 0.15 a 0.22% de carbono. Es muy seguro y se utiliza mucho para amarrar cargas, anclajes y aplicaciones similares donde la rotura sería muy costosa, pero en donde no se requiere la máxima seguridad ofrecida por la cadena de aleación. La dureza es de alrededor de 170 a 250 Brinell.

En términos de d^2 toneladas cortas de resistencia a la ruptura (donde "d" es el diámetro del alambre de la cadena en pulgadas), las resistencias a la tracción permiten una gama de resistencia a la ruptura de 62 d^2 hasta 120 d^2 ton. cortas. En el sistema internacional la gama de resistencia a la ruptura sería de 544 a 1,054 Newton por milímetro al cuadrado (NW/mm^2) con base en la carga real de ruptura y la suma de las superficies seccionales de ambos barriles del eslabon.

El factor aproximado para la conversión de 1.0 d^2 ton. corta es igual a 8.78 NW/mm^2 . Los fabricantes todavía no han uniformado las dimensiones internas de los eslabones. Sin embargo, existe una tendencia a su normalización por la influencia de estudios que llevan a cabo diversos comités industriales y de normas (estándares) en Estados Unidos y por la I.S.O. (International Standards Organization).

La cadena de adujadas comprobada se hace con acero simple al carbono, que no se debe someter a un tratamiento térmico, y contiene alrededor de 0.08% de carbono. Su resistencia es de unas 32 d² ton. cortas a 125 Brinell. Entre sus aplicaciones esta la de movimiento de troncos, enganches para equipo agrícola, cadenas para animales, cadenas para remolques y amarre de embarcaciones. No se recomienda donde sea crítica la seguridad, ni tampoco para la elevación.

Para la alta resistencia en ataduras se utilizan muchas cadenas de tipos especiales en industrias específicas y no se han establecido normas estándares para ellas. Para que una cadena sea lo bastante importante para mencionarla, es su fabricación con acero de alto contenido de carbono (alrededor de 0.25 a 0.30% de carbono), de acero simple al carbono o de acero de aleación pobre, fortificado con boro o manganeso en cantidad suficiente para dar una sección transversal de dureza uniforme. Esta se vende con diversos nombres comerciales como cadena de muy alta resistencia para aplicaciones críticas de sujeción de cargas, como cadenas de anclaje y atadura en los camiones de transporte de troncos y piezas de acero y para cadenas de remolque de equipo pesado.

Sus especificaciones de capacidad pueden aproximarse a las de las cadenas de aleación para enganche o eslingas, con valores hasta de alrededor de 20 d² ton. cortas. Sin embargo, las normas para control de fabricación y las características de rendimiento total no permiten calificar estas cadenas para satisfacer las críticas exigencias de elevación.

La mayor parte de las cadenas industriales se debe equipar con algún tipo de aditamento en el extremo. Por lo general, consiste en eslabones oblongos o anillos llamados "maestros" en un extremo para colocarlos en un gancho de grúa y algún tipo de gancho o eslabón agrandado en el otro extremo para enganchar la carga. Los ganchos por lo general son forjados en prensa (martinete) con acero al carbono o de aleación con tratamiento térmico. Se proyectan (según la teoría de las vigas curvas) para que sean compatibles en resistencia para la cadena para la cual se recomiendan.

Los anillos o eslabones "maestros" deben ajustar sobre los espesores seccionales, bastante grandes, de los ganchos para grúa y, por tanto, deben tener tres dimensiones internas grandes. Por esta razón, se deben proyectar sobre la base de la resistencia a la flexión y, en consecuencia, sus diámetros de sección serán mucho más grandes que los requeridos sobre la base de la resistencia a la tracción directa. Los eslabones "maestros" en forma de pera fueron, en alguna época, los más utilizados. No obstante, son menos adaptables que los eslabones oblongos y pueden invertirse por error, lo cual ocasionará que se doble el extremo estrecho debido a que se atascará alrededor del asiento grueso del gancho para grúa.

Los requisitos especiales de resistencia a la corrosión o al calor, de propiedades no magnéticas, y resistencia al chisporroteo, han dado por resultado el desarrollo de muchas cadenas especiales. Se fabrican con una gran cantidad de aleaciones de berilio-cobre, bronce, monel, inconel, manganeso Hadfield y aluminio y una amplia variedad de aleaciones inoxidables y comunes.

1.3.2 CABLE DE ALAMBRE.

Los cables metálicos se forman de torones de alambre entretreídos, el número de alambres usados comúnmente es de 4,7,12,19, y 37. En general, se ponen los alambres dentro de los torones en dirección opuesta al entretreído de los torones en el cable. Cuando los alambres y los torones se colocan en la misma dirección, el cable se conoce como cable de trama lang. El cable de alambre normal está hecho de seis torones y un núcleo de henequén o acero. Los torones de alambre se tuercen alrededor del núcleo, ya sea hacia la derecha o a la izquierda, y al cable resultante se le designa torcido derecho o torcido izquierdo. El torcido puede ser largo o corto; el torcido corto forma el cable más flexible. El núcleo del cable es, como regla, de henequén saturado con lubricante o acero. Provee poca resistencia adicional pero actúa como un colchón y ayuda a lubricar los alambres. Un núcleo formado de torón de alambres o de cable de alambres agregará de 7 a 10% a la resistencia del cable, pero se gastará por la fricción entre él y los torones tan rápidamente como el exterior del cable. Esto no se aplica a los cables estacionarios.

Para flexibilidad grande, los torones de los cables de alambre algunas veces están compuestos de cables de alambres, que a su vez están hechos de torones compuestos de alambres, como el cable ultraflexible. Los cables corredores y una construcción de cable para remolque de barcos están hechos con torones compuestos de 12 o 18 alambres cada uno, torcidos alrededor de un núcleo de fibras. Los cables así formados son muy flexibles y presentan buena resistencia a la fricción externa. Los torones individuales de alambre se emplean como retenidas de chimeneas, alambres de suspensión para los caminos de transportes eléctricos y donde quiera que se necesita flexibilidad moderada.

El diámetro que se debe medir en un cable de acero, es el del círculo que circunscribe a los alambres más alejados del centro, de las medidas que se pueden tomar con un calibrador es la mayor. En una clasificación de cables, el primer número es de torones del cable; el último es el número de alambres por torón; y el número de enmedio, si lo hay, es el de torones menores que un torón mayor. Si hay un núcleo de alambre, el cable se identifica por IWRC (Independent Wire Rope Core: núcleo independiente de cable de alambres), o si el núcleo es lo mismo que los torones principales, se cuenta como un torón.

La resistencia de prueba de los cables de alambres para vez excede del 90% de la resistencia agregada de todos los alambres; en promedio es de 82.5%.

La carga de trabajo nunca debe exceder de 1/5 de la resistencia de rotura y para muchas condiciones no debe ser de más de 1/6 a 1/8. El factor de seguridad apropiado para un cable de alambres exige considerar todas las cargas: aceleración, velocidad del cable, accesorios de los cables, número, tamaño y disposiciones de poleas ranuradas y tambores; condiciones que producen corrosión y abrasión; longitud del cable, etc.. El factor de seguridad deseable para las condiciones dadas pueden obtenerse mejor consultando al fabricante.

El cable de alambre no se debe enrollar o desenrollar como el cable de cañamo. Cuando se recibe sobre un carrete, éste se debe montar sobre un eje o mesa giratoria y luego, el cable se correrá hacia afuera. Cuando se embarca en rollo, se debe rodar sobre el terreno como una rueda. Se debe evitar todo destorcido y formación de cocas. La lubricación en un cable protege contra la corrosión y abate las fricciones internas del cable, en algunos casos cuando la especificación del cable lo requiere se efectúa su lubricación durante su fabricación.

El cable hecho con alambre de hierro ahora sólo se usa para ascensores y servicio similar donde la tendencia a la abrasión es comparativamente ligera, la velocidad es alta y las cargas son moderadas.

Las tres calidades usuales para la fabricación de cables se designan con los nombres de centro azul (blue center) o acero mejorado para arados (improved plow steel), acero para arados (plow steel) y azul dulce para arados (mild plow steel). En la fig. 16-A, vemos un cable normal para elevación hecho con 6 torones de 19 alambres cada uno; los torones se tuercen sobre su núcleo de fibra.

El cable extraflexible para elevación se hace de 6 torones de 37 alambres cada uno y un núcleo de fibra, según podemos apreciar en la fig. 16-B. Los alambres de este cable son mucho más finos que los usados en el cable normal de elevación y, por tanto, no es conveniente para soportar la abrasión. Estos cables se usan en grúas eléctricas, dragas y para servicio similar, que requiere un cable fuerte y resistente que opere con éxito sobre las pequeñas poleas.

El cable extraflexible para elevadores de 8 torones de 19 alambres y núcleo de fibra, es más flexible que el de construcción normal de 6 torones de 19 alambres. El área metálica de un cable de 8 torones no es tan grande como el cable de 6 torones, y los alambres son más delgados, pero bajo severas condiciones de esfuerzos de flexión la disminución en resistencia es ampliamente

compensada por la gran flexibilidad. Puede usarse sobre poleas y tambores relativamente chicos, como los que se encuentran con frecuencia en las grúas fijas. La fig. 16-C, nos muestra el cable mencionado anteriormente.



Figs. 16 (A) (B) (C) (D).

Fig. 16-A. Cable estándar para elevación.

Fig. 16-B. Cable extraflexible para elevación.

Fig. 16-C. Cable extraflexible para elevación.

Fig. 16-D. Cable estándar de colchadura gruesa.

El cable galvanizado extraflexible, de acero fundido, es mucho más flexible que el cable de 6 torones para elevación, y se usa con frecuencia de cable corredor.

El cable normal de torcido grueso, se fabrica de 6 torones y un núcleo de fibras con 7 alambres por torón. Es mucho más rígido que el cable normal para elevación y requiere de poleas más grandes. A causa del menor número de alambres, este cable también se debe usar con un factor de seguridad más alto, ya que la rotura de uno o más alambres reduce materialmente la resistencia del cable.

Los alambres usados tienen mucho más grande su diámetro que el cable para elevación y por lo tanto, soportarán mayor desgaste.

El cable de hierro de ésta construcción se recomienda para transmisiones de potencia equipado con poleas grandes.

El cable de fundición de acero y el de fundición de acero extrafuerte se recomienda para el acarreo en minas, tranvías, cables de cuchara (equipo petrolero) y servicio similar, donde las condiciones tienden a la abrasión fuerte. En la figura 16-D se muestra este tipo de cable.

El cable de alambres con torones aplanados está diseñado para aumentar el área de contacto o la superficie de desgaste. Por lo tanto, el desgaste sobre un alambre individual disminuye y también la necesidad de utilizar alambre más pesado, con lo cual se consigue mayor flexibilidad.

La superficie de desgaste es, aproximadamente, 150% mayor que un cable de torón redondo. Otra característica de este tipo de cable es que, al disminuir los intersticios entre torones, se usa un mayor número de alambres para el mismo diámetro. Siempre se hace en la trama Lang.

El cable de torones aplanados tiene poca tendencia a formar cocas, y, debido a su superficie lisa de desgaste, produce menor desgaste sobre las poleas planas, garruchas y tambores. No es tan flexible ni tan resistente a la fatiga como el cable de torón redondo de la misma clasificación general.

La resistencia es mayor que la de los cables de torón redondo, pero el peso es proporcionalmente mayor que el aumento en resistencia. Estos cables se fabrican de acero de centro azul solamente y se hacen de tres tipos: D, B y G, como se ve en la fig. 1.17. El tipo D se usa en arrastres y consta de 6 torones, cada uno conteniendo 7 alambres exteriores alrededor de su alma central que es de forma triangular. Los estilos B y G, usados para fines de elevación, consta de 6 torones, compuesto cada uno de dos capas de 12 alambres cada una.

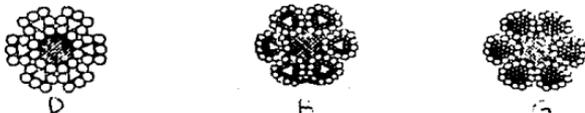


Fig. 1.17. Cable de alambre de torones aplanados.

El cable para elevación antigiratorio (fig. 1.18) consta de 6 torones de 7 alambres cada uno de trama lang (los alambres de los torones y los torones mismos son torcidos hacia la izquierda, alrededor de un núcleo de fibra y esta cubierto con una capa exterior de 12 torones de 7 alambres, trama regular (los alambres de los torones torcidos hacia la izquierda y los torones mismos torcidos hacia la derecha).



Fig. 1.18. Cable antigiratorio para elevación.

El objeto de combinar los tramados es evitar que gire la carga libre suspendida en el extremo de un cable solo. Este tipo de cable se recomienda para cable de retroceso o para grúas giratorias de un cable; también para profundización de pozos y elevación de minas en el que el balde o canastilla oscila libre y sin guía. Trabaja mejor cuando no se enrolla sobre sí mismo en el tambor.

Los cables con revestido de acero se hace de tres tipos, con el fin de asegurar los diferentes grados de flexibilidad. Las tiras planas de acero tejidas en espiral alrededor de cada uno de los 6 torones que forman el cable le dan una superficie de desgaste adicional sin sacrificar la flexibilidad.

Cuando se gasta el revestimiento de acero plano, queda el cable de elevación completo, sin que su resistencia disminuya. Este tipo de cable se recomienda para el dragado, es decir se utiliza para condiciones muy severas. Ver fig.1.19.



Fig.1.19. Cable forrado con acero.

El cable de acero galvanizado casi ha sustituido al cable de manila para obenques y tirantes en los barcos. Es más barato en su costo inicial, no se estira ni se contrae con los cambios de los estados atmosféricos, la intemperie lo afecta relativamente poco y es tan elástico como un cable de manila. Para su empleo, hay una gran reducción en el volumen y peso, ya que su tamaño es tan solo de $1/5$ a $1/6$ del cable de manila de igual resistencia. En consecuencia, ofrece sólo la mitad de superficie a la acción del viento. Es de menos riesgo para los accidentes por cortarse o escoriarse, y no se oxida ni falla repentinamente sin advertencia. El cable galvanizado se adapta mejor para vientos o tirantes de grúas giratorias, que el cable de cañamo o las varillas articuladas.

1.3.3 TAMBORES

Los tambores se hacen en superficies lisas en los aparejos para accionamiento manual y en los aparejos motorizados para trabajo ligero. Los tambores para servicio mediano y pesado, por lo general están ranurados. Los tambores pueden ser soldados o fundidos, según la cantidad que se va a fabricar, ya que los tambores de fundición son económicos, si se producen en serie. Los tambores, con frecuencia, tienen cascos o envolventes externos separados soldados en la placa de extremo.

Las envolventes para los tambores se pueden hacer con placas de acero que se doblan en forma cilíndrica y se sueldan en las placas de extremo con tubos soldados antes de ser acanaladas para el cable. Las envolventes de placas de acero son más resistentes que las envolventes de fundición, están mejor equilibradas y exentas de defectos iniciales ocultos. Su espesor puede ser menor, reduciendo con ello la inercia del tambor rotatorio y las cargas máximas de aceleración que se producen.

Los tambores cónicos y cilíndricos se usan con frecuencia en los malacates grandes para las minas. Las superficies de los tambores para trabajo mediano y pesado se hacen lo suficientemente anchas para contener el cable en una capa y además 2 o 4 vueltas de retención.

El diámetro de paso del tambor debe ser, cuando menos, 20 veces el diámetro del cable, a fin de obtener duración razonable del cable y del tambor. Para una larga duración se requiere de 45 a 60 veces el diámetro del cable.

Cuando existe tracción lateral del cable, se ponen poleas locas móviles para alinear el cable y la ranura. Las poleas locas pueden moverse paralelas con la cara del tambor por la presión lateral del cable, o bien, pueden tener impulsión lateral positiva, con lo cual se elimina la fricción del cable y aumenta la duración de este mismo.

1.3.4 POLEAS.

Las poleas o garruchas se deben acanalar de manera que el cable ajuste en ellas lo más cerrado posible, a fin de evitar que tome una forma ovalada o elíptica por efecto de grandes cargas. Deben balancearse y alinearse adecuadamente para evitar la desviación del cable y la abrasión contra las pestañas de la polea.

Las poleas y tambores deben ser lo más grandes posibles, con el fin de obtener la máxima duración del cable; pero, debido a algunos factores, como el peso de la maquinaria para fácil transporte, una altura interna mínima y funcionamiento con alta velocidad, se recomienda en ocasiones utilizar poleas chicas. Por tanto, en ocasiones se sacrifica la duración del cable a cambio de obtener un menor costo total. Se evita el desgaste excesivo de las poleas mediante el endurecimiento con llama y con la alineación correcta con el tambor.

Las poleas de cualquier diámetro pueden ser fabricadas con soldadura o fundición, siendo esta última la más producida por los fabricantes, por ser más económicas. Para evitar daños al cable, las poleas que están desgastadas se deben cambiar o rectificar las ranuras en el torno, antes de usar las poleas con cable nuevo. En algunos casos, en especial en las minas, las ranuras de las poleas se cubren con bloques reemplazables, de maderas duras bien secas.

1.3.5 POLIPASTOS.

Los polipastos o motones constan de 1 o 2 bloques que llevan cada uno, una o más poleas. Un bloque de una sola polea (usado generalmente para cambiar la dirección de un cable guía y dispuesto en general para quitar fácilmente cualquier enredo del cable) se le llama pasteca o polea de inversión. Se fabrican bloques tanto para cable de manila como metálico. Los que son para cable de manila (cañamo) se fabrican con gualderas o quijadas de madera, para evitar que roce el cable y tienen garruchas de diámetro más pequeño que los bloques para cables de acero del mismo tamaño. La elevación de cargas pesadas se hace, en forma casi universal, en bloques para cables de acero.

1.3.6 DIFERENCIALES.

Los diferenciales manuales de cadena son dispositivos portátiles de elevación suspendidos de un gancho y que se accionan a mano con cadena. Se usan para diversos trabajos de elevación y suspensión, en especial para construcción, ensamble y mantenimiento; están disponibles en capacidades hasta de 45 ton. y distancias casi ilimitadas para elevación. Entre los más utilizados están: a) El aparejo diferencial o ternal, b) El aparejo de tornillo sin fin, c) El aparejo de engranes cilíndricos.

El tipo principal en su uso actual es el aparejo de alta velocidad (fig. 1.20); debido a su eficiencia mecánica relativa que es elevada (65 a 80%), un aparejo de alta velocidad requiere de algún medio para sostener la carga en reposo y durante el descenso; por lo general, se usa un freno Weston de acción torsional, que produce una fuerza de sujeción proporcional a la carga. Las cadenas separadas para accionamiento y soporte de carga, funcionan sobre ruedas dentadas o catarinas conectadas por un tren de engranes. El freno se desacopla durante la elevación por medio de un mecanismo de trinquete (matraca) unidireccional. Para descender, la cadena de accionamiento se debe mover en forma continua en dirección inversa para vencer el momento de torsión del freno.



Fig. 1.20.



Fig. 1.21.

Los aparejos tiradores son de cadena o cable, accionados por una palanca para elevar o tirar de cualquier ángulo. Un mecanismo de matraca reversible en la palanca permite el funcionamiento sobre distancias cortas tanto al aplicar tensión como al soltarla.

La carga se sostiene mediante un freno de fricción tipo Weston o con trinquete liberable. Dado que son mucho más pequeños

y ligeros que los aparejos de cadena de igual capacidad, los tiradores se utilizan para distancias cortas de recorrido, con la palanca al alcance del operario. La fig.1.21 nos lo muestra.

Los aparejos eléctricos se utilizan para elevación frecuente o con alta velocidad. Hay dos tipos disponibles: de cadena (tanto de articulación como de rodillo) con capacidades de 1/8 a 5 ton. cortas; de cable de acero, en capacidades de 1/8 a 20 ton. cortas. El aparejo típico tiene un tambor o una catarina centrados en el bastidor, el motor y los engranes en los extremos opuestos y el eje del motor a través o a un lado del tambor o la catarina. Los aparejos eléctricos están equipados con 2 frenos independientes, un freno de liberación eléctrica y un freno de tipo Weston. Los aparejos eléctricos se utilizan mucho en talleres para servir una máquina herramienta, para zonas pequeñas donde hayan de manejarse cargas medianas o pequeñas con demasiada frecuencia para esperar que lo haga la grúa principal del taller, en muchos otros lugares en los que el servicio no requiere una grúa grande.

1.3.7 MALACATES.

Los malacates o tornos pequeños y cabrias son dispositivos elevadores accionados manualmente que se emplean con cables y poleas. Se les llama cabrias cuando están montados sobre largueros, como aparatos de elevación independientes, y tornos o malacates pequeños cuando van unidos a grúas, cabrias, etc.; formando parte de su mecanismo de elevación. Están limitados a carreras cortas de elevación, velocidades bajas y trabajo intermitente.

1.3.8 GANCHOS.

Los ganchos para grúas, se hacen generalmente con un eslabón giratorio, en los tamaños mayores, con cojinetes de bolas, como en la fig.1.22-A. La fig. 1.22-B representa un gancho de seguridad; el collar "a", que desliza sobre el cuerpo, trava la palanca de seguridad "b". La fig. 1.22-C ilustra un gancho con asa de seguridad para proteger al trabajador al guiar el gancho.



Figs. 1.22 (A, B y C).

Los ganchos y los eslabones de extremo se sujetan en las cadenas para enganche o eslinga por medio de eslabones de acoplamiento, ya sean soldados o mecánicos. Los acopladores soldados requieren equipo y operarios especializados para que su calidad sea compatible con la de los otros componentes de la

eslinga y, en consecuencia, los debe instalar el fabricante. Esto podría ocasionar demoras para obtener nuevas eslingas o reparar las existentes. Con el advenimiento de acopladores mecánicos seguros, hechos con piezas forjadas de aleaciones de alta resistencia, aminoró mucho este problema. Con estos acopladores, los usuarios pueden armar eslingas para necesidades específicas con piezas que tienen en existencia los distribuidores locales. Como hemos visto, la grúa es una máquina de muy variadas aplicaciones capaz de manejar materiales y recipientes de muy diversas formas, con solo cambiar el accesorio que lleve en el extremo del cable de trabajo. Esta versatilidad es precisamente lo que la hace tan útil en los trabajos de construcción, es especialmente apta para colgar cargas con exactitud.

CAPITULO 2

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES A EMPLEAR

2.1 NATURALEZA DE LOS MATERIALES.

En siglos pasados, existían conocimientos limitados de la estructura y composición de los materiales. Con el perfeccionamiento de métodos y técnicas complejos, tales como la difracción con rayos X y la microscopía electrónica para el estudio de materiales, el conocimiento de estos ha tenido un aumento impresionante en este siglo. Con el tema general de Ciencia de Materiales, hombres y mujeres tratan de estudiar y entender la naturaleza, composición y propiedades de los mismos y de ser capaces de desarrollar una gran variedad de materiales manufacturados o sintéticos. Por medio de los estudios del átomo en la física y en la química, los humanos se han acercado más, al entendimiento de la naturaleza de la materia, la cual es la base de todos los materiales.

Toda la materia consiste en partículas diminutas llamadas átomos. Estos representan los elementos básicos que son las formas más fundamentales de los materiales. Al nivel subatómico, los átomos constan de 3 componentes básicos llamados Protones, Neutrones y Electrones, y su disposición determinan las propiedades químicas del elemento. Aunque estos son iguales en todos los elementos, al combinarse en diferentes disposiciones producen átomos diferentes con propiedades químicas distintas. Cada átomo tiene un núcleo, el cual consiste de neutrones y protones, rodeado por electrones, como podemos ver en la fig. 2.1.

Estos átomos diferentes producen una variedad casi infinita de materiales, cada uno de los cuales tiene estructura, composición y propiedades diferentes.

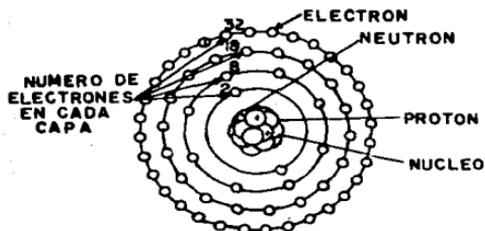


Fig. 2.1 Estructura del Átomo.

2.2 ESTRUCTURA CRISTALINA DE LOS MATERIALES METALICOS.

Aunque los metales y las aleaciones en bruto no tengan en general, una forma exterior definida, tienen los átomos perfectamente ordenados en formas geométricas, y a esto deben, en gran medida, sus características metálicas. A esta ordenación interna se denomina estructura, y para su mejor entendimiento se distinguen tres estructuras: la cristalina, la microestructura o estructura granular y la macroestructura.

Estructura cristalina. - Los átomos de los metales están situados ordenadamente en los puntos de una red espacial geométrica, constituida por repeticiones de una forma fundamental denominada cristal, tiene una dimensión del orden de 10^{-8} centímetros. Esta red tridimensional de líneas imaginarias que conecta a los átomos se llama red espacial, en tanto que la unidad más pequeña que tiene la simetría total del cristal se llama Celda Unitaria, definida por sus parámetros, que son las aristas "a", "b" y "c" y los ángulos α , β y γ , mostrada en la fig. 2.2.

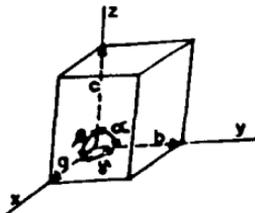


Fig. 2.2 Red espacial que muestra los parámetros reticulares.

Dentro de una estructura cristalina existen gran variedad de redes cristalinas, siendo las principales:

- 1.-Red cúbica centrada en el cuerpo (b.c.c.).
- 2.-Red cúbica centrada en las caras (f.c.c.).
- 3.-Red hexagonal compacta (h.c.).

Las siglas se dan en inglés debido a que el 90% de la bibliografía lo maneja de ésta manera.

2.3 MICROESTRUCTURA O ESTRUCTURA GRANULAR.

La microestructura tiene como elemento fundamental al grano formado por agrupaciones de cristales. La metalografía o microscopia estudia microscópicamente las características estructurales de un metal o de una aleación, siendo sin duda, el microscopio la herramienta más importante del metalurgista, ya que

es posible determinar el tamaño del grano, y el tamaño, forma y distribución de varias fases e inclusiones que tienen gran efecto sobre las propiedades mecánicas del metal. La microestructura revelará el tratamiento mecánico y térmico del metal y, bajo un conjunto de condiciones dadas, podrá predecirse su comportamiento esperado.

Cristalización.- La cristalización es la transición del estado líquido al sólido y ocurre en dos etapas:

- 1) Formación de núcleos.
- 2) Crecimiento del cristal.

Cuando la temperatura del metal líquido ha disminuido en forma suficiente, aparecen espontáneamente agregados o núcleos estables en diversos puntos del líquido. Estos núcleos solidificados actúan como centros para la cristalización ulterior, dando lugar a una estructura característica con apariencia de árbol llamada dendrita. En el tronco se encuentra el eje primario, en ángulo recto se forman los ejes secundarios y de estos los terciarios, así sucesivamente por alargamiento y multiplicación de las dendritas. Este proceso se detiene cuando las dendritas encuentran cristales de núcleos de cristalización vecinos perfectamente ordenados.

2.4 MACROESTRUCTURA.

La estructura macrográfica tiene como elemento fundamental la fibra, que se forma al alargarse y estrecharse los granos cuando se estiran o laminan los metales. La fibra se pone de manifiesto atacando la superficie del metal deformado por medio de un reactivo, y puede entonces observarse a simple vista. Para los procesos de forja y laminación es necesario trabajar el metal en el sentido de la fibra.

2.5 DIAGRAMA DE EQUILIBRIO DE LA ALEACION Fe-C y ANALISIS TERMICO.

Al iniciarse este análisis debe entenderse que no es un verdadero diagrama de equilibrio, porque equilibrio implica que no hay cambio de fase con el tiempo; sin embargo, el compuesto, carburo de hierro se descompondrá en hierro y carbono (grafito), lo que tomará un tiempo muy largo a temperatura ambiente y aún a 704.d°C (1300°F) tardaría varios años en formar el grafito.

El carburo de hierro se llama fase metaestable; por tanto el diagrama hierro-carburo de hierro, aunque representa condiciones metaestables, puede considerarse como representante de cambios de equilibrio, bajo condiciones de calentamiento y enfriamiento relativamente lentos.

La fig. 2.3 muestra de manera general el sistema de aleación hierro-carbono; hierro puro y un compuesto intersticial, carburo de hierro, Fe_3C que contiene 6.67% de carbono por peso, por tanto esta porción se llamara diagrama de equilibrio hierro-carburo de hierro.

El diagrama denota tres líneas horizontales que son reacciones isotérmicas, denotandose las soluciones sólidas con letras griegas y dandose nombres en la practica común a la mayoría de las estructuras que aparecen en el diagrama.

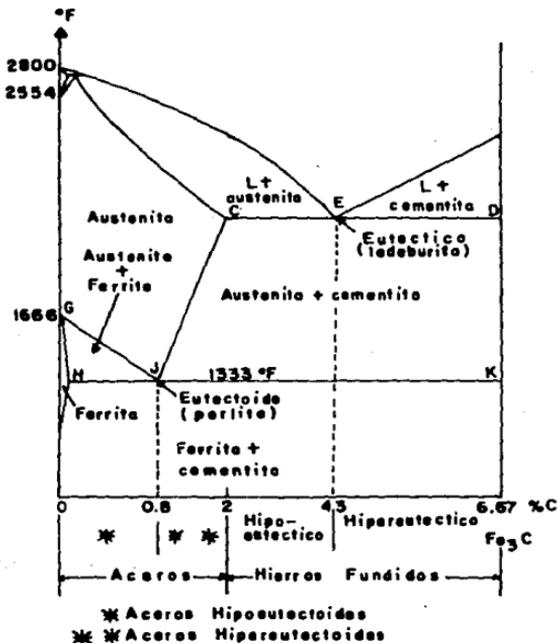


Fig. 2.3 Diagrama de equilibrio hierro-carburo de hierro.

La fig. 2.4 muestra una ampliación de la esquina superior izquierda, conocida como región delta, debido a la solución sólida δ .

La línea horizontal MB localizada a 1493.3°C (2720°F) es una reacción peritética que se tiene cuando un líquido más un sólido se transforman en un sólido diferente mediante un enfriamiento.

La ecuación de la reacción peritética se puede escribir:

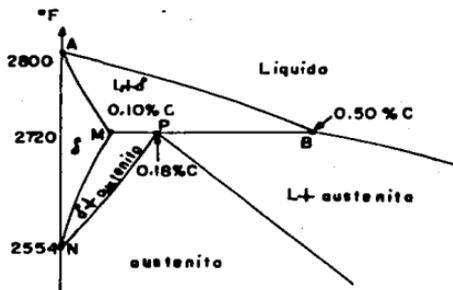
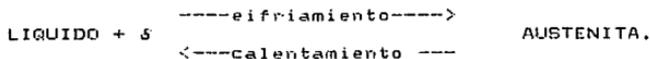
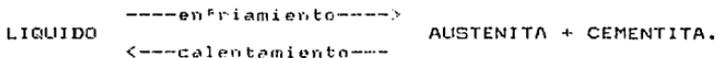


Fig. 2.4 Región delta del diagrama hierro - carburo de hierro

La línea horizontal CED representa la reacción eutéctica a la temperatura de 1130°C (2065°F). El punto eutéctico, E, está localizado a 4.3% de C. y 1130°C (2065°F). La reacción eutéctica se presenta cuando un líquido al ser enfriado se transforma en dos sólidos diferentes.

La ecuación puede ser escrita de la manera siguiente:



El carburo de hierro (cementita), más la austenita forma una mezcla denominada ledeburita.

En el diagrama existe una tercera línea horizontal HJK representando una reacción eutectoide que se manifiesta por el enfriamiento de la austenita para transformarse en dos sólidos diferentes.

Su ecuación puede ser escrita como:

AUSTENITA ----enfriamiento---->
 <---calentamiento--- FERRITA + CEMENTITA.

El punto eutectoide J, está a 0.80% de C. y a 723°C (1333°F). La fina mezcla eutectoide de ferrita y cementita, se denomina Perlita.

Tomando en base el contenido de carbono, practicamente el diagrama se puede dividir en dos partes. Aleaciones que contienen menos del 2% de C. se conocen como aceros, y aquellos que contienen más del 2% de C. se conocen como hierros fundidos. Los hierros fundidos con menos de 4.3% de C. se conocen como hierros fundidos hipoeutéticos, y aquellos que contienen más de 4.3% de C. son hierros fundidos hipereutéticos.

2.6 CONSTITUYENTES MICROESTRUCTURALES DE LA ALEACION Fe-C.

Ferrita:

La ferrita está constituida por los cristales (α), pueden contener 0.10% de carbono a 1493°C (2720°F); 0.025% a 723°C (1333°F), y menos de 0.008% a la temperatura ambiente. Tiene estructura b.c.c., es el más blando y dúctil constituyente de los aceros, y tiene dureza 90 Brinell y resistencia a la ruptura de 28 Kg/mm². El alargamiento llega de 35 al 45% en dos pulgadas, además es magnético.

Austenita:

La austenita es el hierro cúbico a cara centrada que puede disolver carbono y otros elementos de aleación. A 1130°C (2065°F) puede disolver un máximo de 1.90% de carbono. Puede obtenerse una estructura austenítica en los aceros a temperatura ambiente, enfriando muy rápidamente una probeta de acero de alto contenido de carbono o muy alta aleación desde una temperatura por encima de la crítica superior, pero como ésta austenita no es estable, con el tiempo se transforma en ferrita y perlita o cementita y perlita. La austenita tiene como dureza 300 Brinell, resistencia a la ruptura de 100 Kg/mm² y alargamiento del 30%, no es magnética y es de alta tenacidad.

Cementita:

La cementita es un carburo de hierro con 6.67% de carbono, lo que corresponde a una fórmula química Fe₃C. Es el constituyente más duro y frágil de los aceros, alcanzando una dureza de 700 Brinell; es ferromagnética hasta los 215°C, después es amagnética. Su resistencia tensil es baja pero tiene alta resistencia compresiva.

Perlita:

La perlita son los agregados laminares formados por láminas alternadas de ferrita y cementita. Esta estructura laminar se clasifica según el espesor de las láminas: perlita gruesa, perlita fina (antes sorbita), y perlita finísima (antes troestita). La perlita no es una fase, sino mezcla de fases, ferrita y cementita. Tiene un contenido de 0.8% de carbono, lo que corresponde a un 12% de cementita y un 88% de ferrita. Tiene dureza de 200 Brinell, resistencia a la tensión de 80 Kg/mm², y un alargamiento del 15% en 2 pulgadas. Es un acero aproximadamente eutectoide.

Martensita:

Es un constituyente no estable que se obtiene al enfriar tan rápidamente la austenita que no dá tiempo a la formación de la perlita. Es sabido que en la formación de la martensita no hay tiempo para que el carbono salga de la red, por lo que quedan atrapados sus átomos en la red, que se forma por un proceso complicado de cizallamiento, sobresaturándola y produciendo tensiones internas elevadas. En este hecho se basa la posibilidad de endurecer los aceros por el temple. El llamado punto de la martensita se encuentra a unos 250°C (482°F) y por debajo de ésta temperatura el carbono ya no puede abandonar la red mientras se produce la transformación. La martensita es el constituyente más duro, después de la austenita; su dureza varía de 50 a 80 Rc., su resistencia a la ruptura varía de 175 a 250 Kg/mm² y su alargamiento de 2.5 a 0.5%. Es magnética. Su estructura es tetragonal a cuerpo centrado con una relación axial que depende de la composición.

Ledeburita:

Se denomina ledeburita a la mezcla formada por el carburo de hierro (cementita) más la austenita, estructura eutéctica con 4.3% de carbono distribuido en la masa en forma de granos duros y grandes de carburo.

Bainita:

Nombre de la estructura o estructuras que se forman en la descomposición isotérmica a temperaturas inferiores a aquellas en que se forma perlita muy fina y superiores a aquellas en que la martensita se empieza a formar al enfriar.

Es el producto de la descomposición de la austenita que consiste en un agregado de ferrita y carburo. Su apariencia es plumosa si se forma en la parte superior del intervalo de temperatura y acicular, pareciendo una martensita revenida si se forma en la parte inferior.

Ferrita proeutectoide:

Ferrita que se separa de la austenita arriba de la temperatura eutectoide. La ferrita que se forma antes de la formación de perlita se llama perlita proeutectoide.

Hierro alfa:

Hierro con estructura cúbica a cuerpo centrado, el cual es estable a temperaturas: ambiente e inferiores a 910°C (1670°F).

Martensita revenida:

La martensita recién formada se deja atacar muy lentamente, por ello aparece blanca en la microfotografía, después de revenirla a temperaturas tan bajas, 100°C (212°F), se transforma en un microconstituyente, el cual se ataca rápidamente, apareciendo oscura en las fotografías. El ennegrecimiento por el ataque va acompañado de una segregación de carbono en forma de precipitado disperso, lo que hace que la estructura tetragonal pase a la fase cúbica de la ferrita.

La martensita va casi siempre acompañada de austenita retenida. Mediante un tratamiento térmico se puede revenir al estado que oscurece por el ataque a los cristales de martensita primeramente formados, mientras que la austenita restante se puede transformar en martensita blanca.

Inclusiones metálicas.— En los aceros aleados, además de los constituyentes mencionados, hay otros elementos que pueden encontrarse en diferentes formas:

a) Carburos. El cromo, molibdeno, wolframio, manganeso, y el vanadio se combinan con el carbono para formar carburos aún más duros que la martensita.

b) Disueltos en ferrita el níquel, cromo, aluminio, silicio, manganeso, cobre y fósforo pueden encontrarse disueltos en los aceros.

c) Emulsiones de cobre y plomo.

Impurezas.— Las inclusiones son partículas que impurifican los metales o sus aleaciones. Su origen está en el proceso de fabricación. Pueden ser sulfuros, como el de manganeso; óxidos como el de aluminio, silicatos que proceden de los refractarios de los hornos, de las escorias o de los procesos de oxidación o de desoxidación. Estas impurezas alteran las propiedades físicas (mecánicas) del metal o aleación y habrá mayor o menor número de inclusiones según el grado de perfección alcanzado en la producción, lo que marca su calidad.

2.7 INFLUENCIA DE LA MICROESTRUCTURA SOBRE LAS PROPIEDADES.

La constitución de la microestructura da las distintas propiedades mecánicas de un acero, de ahí la estrecha relación entre estas dos características. Sin embargo una microestructura, puede ser modificada por las siguientes formas: variación en la composición, variación en el tamaño de grano; variación en la forma y distribución de las fases.

Variación en la composición.— Las propiedades como la dureza y la resistencia no pueden interpolarse entre las propiedades de las fases contribuyentes, debido a que el comportamiento de cada fase depende de la naturaleza de la fase adyacente, por lo tanto, resulta necesario y útil referir una propiedad, para su control a la composición de una de las fases. En la fig. 2.5-A se da un ejemplo de la variación de la dureza de un acero al carbono con respecto a la composición en porcentaje de los constituyentes. Asimismo, se dan las gráficas de variación del límite de elasticidad y resistencia a la tensión (fig. 2.5-B), ductilidad (fig. 2.5-C), todas contra la composición.

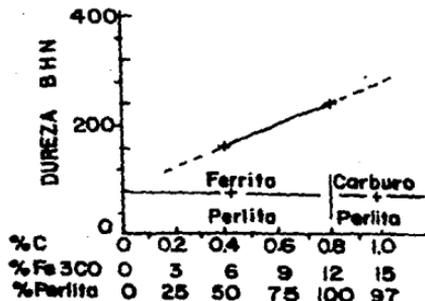


Fig. 2.5-A

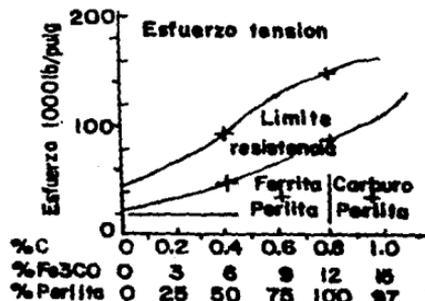


Fig. 2.5-B

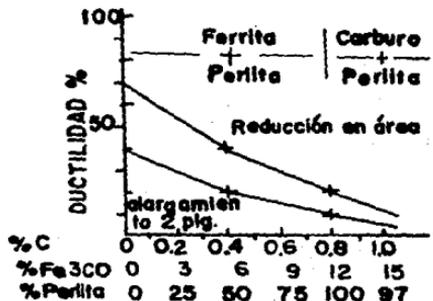


Fig. 2.5-C

Variación en el tamaño de grano.— El tamaño de grano está determinado por la relación entre la rapidez de crecimiento y la rapidez de nucleación. Si el número de núcleos formados es alto se producirá un material de grano fino y si se forman unos pocos núcleos se producirá un material de grano grueso. La rapidez de enfriamiento es el factor más importante para determinar la rapidez de nucleación y el tamaño de grano. Un enfriamiento rápido a través de la temperatura de solidificación que obligue a una disminución rápida de energía cinética de los átomos, no dará tiempo para que se destruyan núcleos cristalinos de los existentes, por lo cual, cuanto más rápido sea el enfriamiento, tanto menor será el número de núcleos destruidos y mayor el número de núcleos que subsistan, y como cada uno engendrará un grano, al ser muchos aquellos, estos serán de pequeño tamaño.

Variación en la forma y distribución de las fases.— En la fig. 2.6 se tiene la representación esquemática de los cambios en microestructura durante el lento enfriamiento de acero al 0.20% de carbono. a) Austenita; b) Formación de granos de ferrita en las fronteras de grano de austenita; c) Crecimiento de granos de ferrita —la composición de austenita es ahora de 0.8% de carbono; d) La austenita se transforma a perlita a 723°C (1333°F).

Otro ejemplo de esto es la fig. 2.7 de la representación esquemática de los cambios en microestructura durante el lento enfriamiento de un acero al 1% de carbono. a) Austenita; b) Formación de exceso de cementita en las fronteras de grano de austenita; c) Crecimiento de exceso de cementita para formar una red —la composición de austenita es ahora del 0.8% de carbono; d) La austenita se transforma en perlita a 723°C (1333°F).

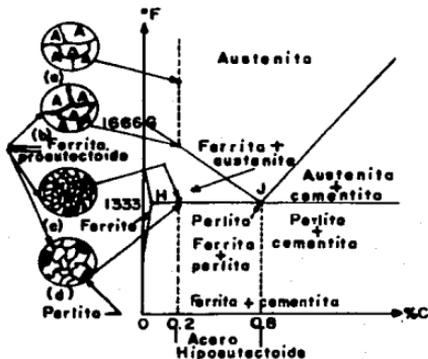


Fig. 2.6 Acero al 0.20% de C.

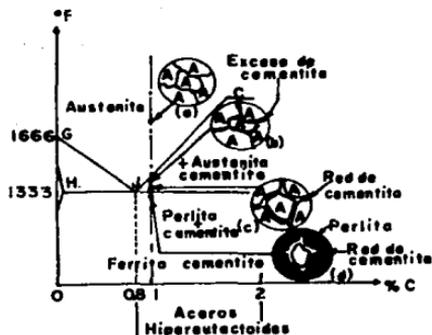


Fig. 2.7 Acero al 1% de C.

2.8 COMPOSICION FISICO - QUIMICA DEL ACERO.

Químicamente el acero está compuesto por hierro (Fe), carbono (C) principalmente, con presencia de otros metales: cromo (Cr), níquel (Ni), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), vanadio (Va), cobalto (Co) y otros elementos como boro (B), fósforo (P), azufre (S) y silicio (Si). Estos elementos dependiendo del porcentaje que se tengan darán las propiedades fundamentales del acero.

Físicamente está formado por estructuras granulares poliedricas y estructura cristalina que puede variar mucho en tamaño y forma. No contiene escoria y se puede moldear, laminar o forjar.

Los aceros fabricados con mayor cuidado contienen cantidades mínimas de materiales no metálicos, como óxidos, sulfuros y silicatos que son perjudiciales pero son agregados para obtener algunas propiedades deseadas.

2.9 ACEROS AL CARBONO Y ACEROS ALEADOS.

El acero es una aleación de hierro-carbono cuyo contenido de carbono varía de 0.006% a 1.9% y son forjables a diferencia de las fundiciones.

En los aceros al carbono éste es el componente para aumentar la dureza de resistencia del acero, clasificado como:

- 1.- Acero de bajo carbono (menos de 0.30%).
- 2.- Acero de mediano carbono (de 0.30 a 0.69%).
- 3.- Acero de alto carbono (de 0.70 a 1.9%).

Los aceros aleados contienen grandes cantidades de elementos diferentes al carbono para dar cambios en las propiedades físicas o mecánicas y son:

- 1.- De baja aleación (los elementos de aleación suman menos del 8%).
- 2.- De alta aleación (los elementos de aleación suman más del 8%).

Aún cuando no contengan cada una de las características, a los aceros aleados se les adjudica:

- 1.- Mejoría en la ductilidad, sin disminución de resistencia a la tensión.
- 2.- Facilidad para ser endurecido por enfriamiento brusco, en aceite o aire en vez de agua, disminuyendo la posibilidad de rayaduras o torceduras.
- 3.- Habilidad para retener propiedades físicas a temperaturas extremas.
- 4.- Resistencia a la corrosión y desgaste, según la aleación.
- 5.- Proporción de propiedades metalúrgicas, como el tamaño fino de grano.

2.10 TIPOS DE HIERRO Y ACERO PARA LA CONSTRUCCION DE MAQUINARIA.

El material más común para construcción de máquinas es el hierro fundido; hierro con exceso de carbono que existe en la aleación a la temperatura eutéctica o bien puede ser aleado con otros metales. Los tres tipos de hierro son:

- 1.- Hierro Gris- hierro fundido que da una fractura gris, debido a la presencia de grafito en hojuelas, porque el carbono se encuentra libre. Es de fácil maquinado, poca resistencia a la abrasión y al desgaste.
 - 2.- Hierro Blanco Fundido- hierro fundido que da una fractura blanca porque el carbono está en forma combinada bajo la forma de cementita; es duro y de difícil maquinado.
- Hierro Maleable Fundido.- Es el producto de un largo recocido del hierro blanco fundido para la descarburización o grafitación, para eliminar alguna parte o toda la cementita. Es resistente, dúctil y de fácil maquinado.

3.- Hierro Nodular Fundido- Hierro que al estar fundido es tratado con una aleación de magnesio o cerio para dar al grafito una forma esferoidal compacta. Se fabrican con el: cigüeñales, pistones, culatas, piezas de tractores, cajas de velocidades, monoblocks, tambores de grúa y poleas motrices.

El Hierro Forjado, es el hierro comercial que consta de fibras de escoria (silicato de hierro) introducidas en una matriz de ferrita. Es resistente a la corrosión y suelda fácilmente, su límite es bajo en comparación a otras aleaciones ferrosas.

El Acero Fundido, aleado con carbono o con otros elementos adquiere propiedades mayores que el hierro; es más duro, de menor peso, con un límite elástico mayor y con resistencia a la corrosión si es empleado con elementos de aleación. Los usos de acero fundido son de base para maquinaria pesada; chasis de equipo para construcción y transporte, engranes, ruedas y partes de maquinaria.

El Acero Forjado.- Se obtiene por procesos como estirado o rolado y es susceptible a maquinarse y ser rectificado, tiene aplicaciones en elementos sujetos a esfuerzos ocasionados por cargas externas cíclicas o estáticas, a cargas por impacto o a concentración de esfuerzos, partes sometidas a desgaste, corrosión y temperaturas extremas. Sus aplicaciones son en construcciones de maquinaria; cigüeñales, bielas, pistones, chavetas, remaches, tornillos, rodamientos, resortes, flechas, engranes, válvulas, tubería, palancas y matrices.

Para ambos tipos de acero es importante considerar que un tratamiento térmico es necesario al incrementarse el contenido de carbono y elementos de aleación como son: manganeso, níquel, cromo, molibdeno, vanadio y tungsteno principalmente.

2.11 PROPIEDADES FISICAS DE LOS ACEROS.

Para elegir el acero apropiado, es necesario averiguar las características requeridas en la herramienta, tales como dureza, profundidad de temple, gama de temperatura de temple, susceptibilidad al sobrecalentamiento, tenacidad, resistencia a la abrasión, duración del filo cortante, deformación y estabilidad dimensional al templear, dureza a temperaturas elevadas, maquinabilidad y susceptibilidad a formación de grietas de rectificado, etc. La calidad del acero no es solo determinado por la aleación sino por muchos otros factores propios de cada tipo de acero.

Las propiedades físicas de los aceros que se consideran de importancia general y de validez, prácticamente son:

Punto de fusión.- Es la temperatura a la cual una sustancia, con presión atmosférica normal, cambia del estado sólido al líquido. En el sentido inverso se llama solidificación.

Expansión térmica.- Es autodescriptiva y comúnmente expresada por un coeficiente en $\text{cm/cm}^\circ\text{C}$. Se supone que no varía con la temperatura. Ocurre cambios descontinuados de volumen con cambios de estado, ya que existe un cambio en el acomodamiento de los átomos y moléculas dentro del material. El coeficiente es sensible a la temperatura y, por lo general aumenta con ella.

Conductividad térmica.- Es el paso de calor a través de sólidos. Su coeficiente "k", se expresa en unidades tales como $\text{W/cm}^\circ\text{C}$. El anterior coeficiente es sensible a la temperatura; éste decrece cuando la temperatura se eleva.

Permeabilidad magnética.- Es la relación de inducción magnética y la intensidad del campo excitador; sus dimensiones son Henrios/metro. La permeabilidad depende de la respuesta magnética del hierro, fenómeno denominado histéresis. En el efecto, puede existir un flujo en el hierro aun en ausencia de campo exterior; cuando el hierro se encuentra en este estado, se denomina "iman permanente".

Densidad relativa.- Es el coeficiente que resulta de dividir la densidad (masa/volumen) de un material entre la densidad del agua pura, y al ser ambas en el mismo sistema el valor de densidad relativa será adimensional

$$\rho_{\text{rel del material}} = \frac{\rho_{\text{del material}}}{\rho_{\text{del agua}}}$$

La densidad es determinada por el peso atómico y número de coordinación. Aunque este último es un valor significativo porque controla el factor de acomodamiento.

2.12 PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS.

Son las propiedades relacionadas con la reacción elástica o inelástica de un material cuando se le aplica una fuerza. Para determinar las propiedades mecánicas del acero, se realizan pruebas sobre probetas de forma y medidas estándar, montadas en máquinas diseñadas especialmente para cada una de las pruebas.

Enumeraremos a continuación las principales propiedades mecánicas del acero:

Resistencia a la tracción.- En esta prueba se somete el material maquinado o bien una sección del producto original, a una carga cuantificada hasta llegar a la ruptura; las características que se determinan durante el ensayo de tracción, son las siguientes:

a) Límite de proporcionalidad (OP).- Es la zona de alargamientos proporcionales a las tensiones (véase la fig 2.8) de tal modo que a incrementos iguales de las tensiones corresponden

incrementos iguales del alargamiento. El punto "P", a partir del cual no se da está proporcionalidad, se conoce como límite de proporcionalidad.

b) Límite elástico.— Es el esfuerzo mínimo al que ocurre la primera deformación permanente. Para la mayoría de los materiales estructurales, el límite elástico tiene casi el mismo valor numérico que el límite de proporcionalidad.

c) Punto de cedencia o fluencia.— Conforme la carga en la pieza a prueba aumenta más allá del límite elástico, se alcanza un esfuerzo al cual el material continúa deformándose sin que haya incremento de la carga. El esfuerzo en el punto "Y" es el punto de cedencia.

d) Resistencia de cedencia o fluencia.— Hay materiales, como son los no ferríticos y los aceros de gran resistencia, en los que no se aprecia bien el punto de fluencia y en los cuales la tensión máxima utilizable, es la correspondiente al límite de fluencia. En los diagramas, el trazo XW paralelo a OP, en la intersección a la curva tensión-alargamiento, en el punto "Y", es la resistencia de cedencia o fluencia.

e) Resistencia al límite.— Conforme la carga aumenta, el esfuerzo y la deformación se incrementan, indicado por la curva YM para un material dúctil, hasta que se alcanza el esfuerzo máximo en el punto "M". Un material frágil se rompe cuando es llevado hasta su resistencia límite "B".

f) Carga de ruptura.— En el caso de un material dúctil, el alargamiento es uniforme. A partir de su valor máximo se produce en la probeta una disminución del área localizada en un lugar fijo, hasta que se produce la ruptura.

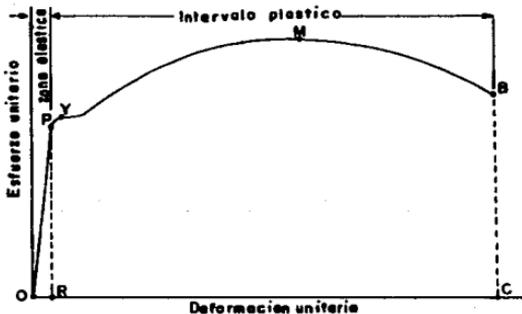


Fig. 2.8-A Gráfica esfuerzo deformación para un acero dúctil.

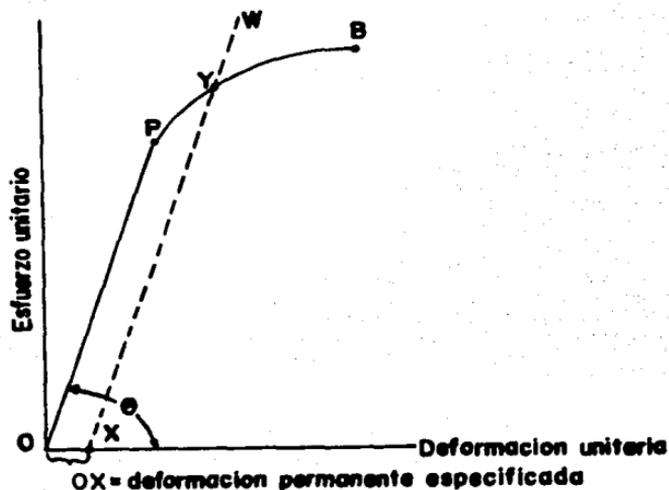


Fig. 2.8-B Grafica esfuerzo deformación para un material frágil

g) Ductilidad.- Es la mayor o menor deformación que es capaz de sufrir el material antes de la ruptura.

h) Módulo de elasticidad de Young.- Es la constante de proporcionalidad que permite conocer los alargamientos elásticos en función de las fuerzas de tensión y que da idea de la rigidez de un material.

A continuación expresamos algunas fórmulas útiles y aplicables a los conceptos anteriormente descritos:

$$\text{Reducción de Área} = (A_i - A_f / A_i) \times 100 (\%)$$

$$\text{Alargamiento} = (L_f - L_i / L_f) \times 100 (\%)$$

$$\text{Resistencia a la tracción} = \text{Carga máxima} / \text{Área transversal inicial} \quad (\text{Kg/mm}^2)$$

$$\text{Esfuerzo a la cedencia} = \text{Límite elástico} / A_i \quad (\text{Kg/mm}^2)$$

2.13 CARACTERISTICAS MECANICAS DE LOS ACEROS.

Dureza. - Resistencia a la penetración o rayadura que tienen los materiales. Existen varios métodos para determinarla, teniendo cada uno de ellos unidades diferentes, las más usuales para acero y hierro son: Brinell, Rockwell, Shore, Vickers y Knoop.

Dureza Brinell. - El método Brinell para determinar la dureza de los metales, está basado en la resistencia a la penetración.

Se puede definir la dureza con el índice que resulta de la presión ejercida sobre una bola llamada penetrador y la huella dejada por la misma, tanto en profundidad como en diámetro (fig. 2.9).

$$\text{Dureza Brinell} = DB = \frac{P}{\left(\pi D/2 \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)\right)}$$

en donde:

P = Fuerza aplicada.

D = Diámetro de la bola-penetrador en [mm].

d = Diámetro de la huella permanente sobre la superficie de ensaye, y se mide con un microscopio de retículo graduado.

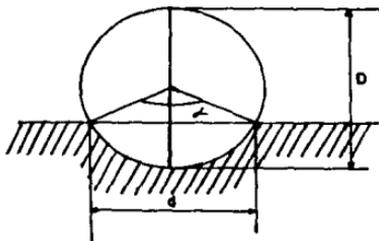


Fig. 2.9 Dureza Brinell.

Ductilidad. - Capacidad de los materiales para ser transformados en hilos, generalmente es medido en % de deformación y/o % de reducción de área, aplicandosele la prueba mecánica de tensión.

Tenacidad.- Capacidad de un acero para oponer resistencia a ser deformado o ser roto, para ello se aplica la prueba de compresión.

Resiliencia.- Rotura del material por choque, mediante una prueba de impacto, cuya probeta debe contar con una superficie rectificadas o pulida y generalmente ranurada, el método más usual es el de Charpy y el de Izod, donde es medida la energía absorbida por la probeta al romperse.

Impacto.- La prueba de impacto es un ensayo dinámico, en el cual una probeta seleccionada cuya superficie ha sido rectificadas o pulida y generalmente ranurada, se rompe de un solo golpe en una máquina de prueba, diseñada especialmente y se miden los valores de energía absorbida necesaria para fracturar la probeta.

Esta prueba indica la tenacidad de un material y su capacidad para resistir al choque. La fragilidad, que resulta de un tratamiento térmico incompleto o incorrecto u otras causas, puede no ser revelada por la prueba de tracción, pero es generalmente evidente a la prueba de impacto.

El método más usual es el de Charpy, aunque también se utiliza con mucha frecuencia el Izod.

2.14 MATERIALES METÁLICOS NO FERROSOS.

En volumen, menos del 20% de los metales que se usan para productos industriales son no ferrosos. Son poco empleados por carecer de estructuras resistentes, para poder tener propiedades particulares, estos son mezclados con uno o más elementos para la formación de una aleación.

Las propiedades de aleaciones no ferrosas son resistencia a la corrosión, conductividad eléctrica, facilidad de fabricación en procesos de corte de metales, los materiales no ferrosos ligeros son más fácilmente maquinables que el acero, pero algunos como el titanio y el níquel son muy difíciles de cortar.

Entre los metálicos no ferrosos más generalizados se encuentran: el aluminio, cobre, zinc, plomo, estaño, magnesio, oro y plata.

Aluminio.- Primer material de mayor importancia luego del acero. El aluminio es ligero, fuerte, trabajable y blando. Su resistencia a la tracción es de unos [910 Kg/cm² (13,000 lbs/pulg²)] comercialmente puro, pero se puede aumentar en forma considerable hasta [5,740 Kg/cm² (82,000 lbs/pulg²)] con tratamiento térmico, aleaciones y trabajado en frío. Se puede endurecer por precipitación.

El cobre es el segundo material metálico no ferroso en orden de importancia. Las propiedades más importantes del cobre son su elevada conductividad eléctrica y térmica, resistencia a la corrosión, al desgaste y ductilidad. Tiene una resistencia baja a la tracción [2,400 Kg/cm² (32,000 lbs/pulg²)], pero mejora con aleaciones, tratamiento térmico o trabajado en frío.

El cobre se utiliza ampliamente en la industria química e industrias de la calefacción y aire acondicionado, siendo estas algunas de sus aplicaciones.

El magnesio tiene baja resistencia a la tracción, de [980 Kg/cm² (14,000 lbs/pulg²)] pero es el más ligero de todos los metales industriales. Su uso principal es en aleaciones con aluminio, zinc y manganeso. El magnesio en aleación, tiene excelente facilidad para la colada, en especial para la fundición a presión de piezas intrincadas (enmaralladas, enredado).

El estaño.— Sus propiedades son: resistencia a la corrosión, facilidad para aplicarlo como revestimiento en otros metales, bajo punto de fusión por lo que es empleado como soldadura blanda con aleaciones de plomo y facilidad para hacer piezas fundidas.

El zinc tiene un bajo punto de fusión, excelentes características para la electrodeposición, poca contracción, fluidez para colarlo, y resistencia a la corrosión. Sus excelentes características de fundición lo hacen deseable para la fundición a presión de piezas automotrices, utensilios domésticos, juguetes y artículos novedosos. El zinc está disponible en planchas, tiras, láminas, varillas y alambre. Debido a su resistencia a la corrosión, es el revestimiento para galvanización de productos de acero.

El plomo entre las propiedades exclusivas de este material están su densidad y peso, blandura y maleabilidad, bajo punto de fusión, conductividad eléctrica y resistencia a la corrosión. Por su alta densidad, se utiliza como escudo contra las radiaciones. Como es blando y tiene buenas propiedades de autolubricación, se utiliza como metal para cojinetes en la industria automotriz. También se usa en la industria química y para la soldadura de metales. Se deben tomar precauciones al manejar el plomo, porque es muy tóxico en forma de sales y vapores.

Entre los metales preciosos de uso industrial están el oro, plata, y platino. Gran parte de estos se recuperan durante la producción de otros metales no ferrosos como cobre, estaño, zinc y plomo. La mayoría se refinan por el proceso electrolítico para hacerlos más puros.

Las propiedades exclusivas del oro son la resistencia a la corrosión, facilidad de trabajo y de fundición, blandura, maleabilidad y ductilidad.

Las propiedades de la plata son conductividad térmica y eléctrica, alta flexibilidad, buenas características para revestir y fotosensibilidad.

El platino es blando, dúctil y de alta resistencia a la corrosión; se utiliza como catalizador en los procesos químicos. Todos estos metales se emplean en joyería, industria petrolera y petroquímica, eléctrica y de acabado de metales.

2.15 MATERIALES CERAMICOS.

Los ceramicos tienen enlaces iónicos y covalentes, son susceptibles a ser colorados mediante óxidos. Cuentan con una estructura cristalina, mucho más compleja que la de los metales. Esta característica hace que estos materiales tengan elevados puntos de fusión y baja conductividad, siendo químicamente inertes.

Los materiales cerámicos básicos se constituyen por la unidad de silicato, formada por 4 átomos de oxígeno y un átomo de silicio, dispuesto en un tetraedro de silicato (fig. 2.10). El silicio ocupa un lugar intersticial entre los 4 átomos de oxígeno.

La estructura cuenta con enlaces iónicos y covalentes para formar una unidad básica, que puede reaccionar de forma distinta para formar tipos diferentes de cerámicas.

Los tetraedros de silicato se enlazan para formar una estructura de cadena: materiales cerámicos fibrosos como el asbesto (amianto). También las cadenas se pueden enlazar en 2 dimensiones y formar una estructura laminar; como los cerámicos a base de arcilla.

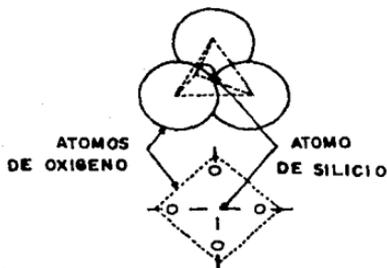


Fig. 2.10 La posición intersticial del átomo de silicio en el tetraedro de silicato.

2.16 MATERIALES ÓRGANICOS.

Al contrario de la característica de los materiales cerámicos y metálicos que tienen estructuras cristalinas, los materiales orgánicos están compuestos por moléculas muy grandes, con enlace covalente, y suelen ser a base de carbono. Las moléculas grandes constan de un patrón repetitivo de unidades estructurales llamadas meros (fig. 2.11). Cuando se reúnen muchos meros en cadenas largas, forman polímeros o materiales poliméricos llamados plásticos. Entre los materiales orgánicos de uso industrial más común están los plásticos, madera, caucho, fibras, cuero y pieles.



Fig. 2.11 Estructura de los materiales poliméricos.

2.17 PLÁSTICOS.

Se denomina así a todos los materiales capaces de ser moldeados o modelados. Sin embargo el uso moderno ha cambiado su significado hasta incluir un extenso grupo de materiales orgánicos y sintéticos que se hacen plásticos por la aplicación del calor y son capaces de formarse bajo presión.

Para los compuestos plásticos se emplean como materias primas productos agrícolas, materiales minerales y orgánicos como: carbón, gas, petróleo, piedra caliza, sílice y azufre.

En el proceso de fabricación se agregan polvos, colorantes, lubricantes, plastificantes o solventes (para suavizar o dar fluidez) y materiales de relleno; aserrín, harina, algodón, fibra de trapo, asbesto, metales pulverizados, grafito, vidrio y arcilla como principales.

Los productos hechos de materiales plásticos pueden producirse rápidamente con tolerancias dimensionales exactas y excelentes acabados superficiales. Han sustituido a los metales en los casos que han de ser cualidades esenciales; la ligereza de peso, la resistencia a la corrosión, y la resistencia dieléctrica. Estos materiales pueden fabricarse transparentes o en colores; tienden a absorber vibración y sonido, encontrándose distintas clases de plásticos que ofrecen gran variedad de propiedades físicas y más fáciles de fabricar que los metales.

El uso de plásticos queda limitado por su baja fuerza, poca resistencia al calor y en algunos casos por el alto costo de los materiales y poca estabilidad dimensional. Comparados con los metales, estos son más suaves, menos dúctiles, quebradizos a baja temperatura, algunos de ellos son inflamables y pueden llegar a deteriorarse con la luz del sol, además son susceptibles a deformaciones bajo carga; por ello la mayoría de propiedades mecánicas como resistencia a la tracción, compresión, impacto y flexión se determinan por el comportamiento viscoelástico de los plásticos.

2.18 MADERA.

La madera está constituida principalmente de celulosa (50%) y lignina (20-30%) sustancias que forman las paredes celulares; además, las células contienen materias gomosas, resinas, taninos, azúcar, almidón, sales orgánicas y minerales. La cantidad de agua varía con cada especie, pero en término medio se puede decir que contiene la madera recién cortada un 40% de agua y desecada al aire un 20%.

La madera encuentra sus principales aplicaciones en: leña y carbón vegetal, gas de alumbrado; envases y estuches; construcción terrestre y naval; ebanistería; carrocería, tonelería; postes y traviesas; carpintería; destilación de los productos mencionados y múltiples subproductos; obtención de celulosa y sus derivados (papel; rayón; ésteres, de celulosa), fabricación de azúcar, alcohol étílico y levadura.

Una clasificación generalizada agrupa la madera en: Madera dura; proveniente del árbol de hoja ancha como el roble (encino) y el arce (maple) y madera suave, típica de las coníferas (pinos y abetos).

2.19 PROPIEDADES DE LAS MADERAS.

Las cualidades más interesantes de las maderas son: a) Densidad; que varía según la especie de 0.04 a 1.40. Las maderas con un peso menor de 0.50 se consideran ligeras y mayores de 0.50 se consideran maderas pesadas. b) Dureza; depende de las membranas celulares. c) Firmeza; que puede ser contra aplastamiento, rotura transversal, a la tensión, etc.. d) Veteado y dibujo.— El veteado es la disposición de las células y determinado por los anillos anulares.

El dibujo se refiere al diseño que forma la veta e influido por factores como anomalías de crecimiento, accidentes, etc. y varía según el plano de serrado del tronco. e) Humedad; muy variable, determina la merma o disminución del volumen con pérdida de agua provocando cuartiamiento y otras anomalías. f) Contextura; depende de la calidad de la veta pudiendo ser áspera o lisa.

2.20 CLASIFICACION DE LA MADERA.

Despues de cortar el árbol, el tronco se procesa en un aserradero para producir la madera de grado comercial. Despues se clasifica en grados estándar. Esto se basa en la cantidad de defectos presentes; los mejores grados son los que no los tienen. Las maderas duras se clasifican en Primeras, que son las de mejor calidad; en Segundas, que combinan primeras y segundas, y en Selectas, seguidas por: No. 1 común, No. 2 común, No. 3A común y No. 3B común. Las asociaciones de productores tienen diversas clasificaciones para la madera blanda pero hay una clasificación sencilla como American Lumber Standards (Normas Americanas para Madera Aserrada). Esta clasificación incluye tres tipos principales: madera de barraca, madera estructural y madera para elaborar.

Además de la madera aserrada se producen tablas de fibra, madera terciada (triplay) y madera modificada con propiedades diferentes a las de la madera natural. Entre sus características cuentan con mayor resistencia física, resistencia a las hendiduras, estabilidad dimensional, aspecto y facilidad de trabajado. La madera en bruto se convierte en productos terminados por maquinado. formado, unión, sujeción con sujetadores y acabado.

CAPITULO 3

ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE UNA MINI-PLATAFORMA GRUA MOVIL

3.1 FILOSOFIA EN EL DESARROLLO DEL DISEÑO.

El diseño es una de las áreas de la ingeniería en la que los conocimientos adquiridos durante la carrera tienen mayor aplicación. La tecnología ha avanzado, en los últimos años, a pasos agigantados y por ello, el diseño debe desarrollarse con una filosofía que vaya al momento histórico que nos ha tocado vivir, es decir, sin limitaciones.

La creatividad es la "capacidad de resolver problemas con cierto grado de innovación" desde un punto de vista científico. En el sentido de diseño, es un proceso que puede resolver más fácilmente una necesidad del género humano.

La persona creativa tiene la habilidad de concebir una idea y de saber como aplicarla, es intuitiva e independiente. Con flexibilidad de pensamiento y habilidad para escoger e investigar una amplia variedad de medios, sin perder de vista la meta principal.

En una investigación, los resultados se manifiestan en conocimientos. El modo de operar ante estos conocimientos; es analizar, observar, describir, verificar, explicar fenómenos existentes. Los resultados del acto de proyectar, se manifiestan en productos, estructuras y sistemas antes no existentes.

Para el desarrollo de un diseño deben tenerse algunas cualidades como: espíritu de análisis y síntesis; espíritu de curiosidad e imaginación; honradez profesional y espíritu de equipo.

3.1.1 FASES DEL DISEÑO.

Las fases de un diseño se compone de seis partes, que son una serie de pasos que deberán efectuarse iterativamente hasta llegar a una plena satisfacción de los resultados obtenidos.

En el esquema que se presenta a continuación se pueden observar las fases del diseño.

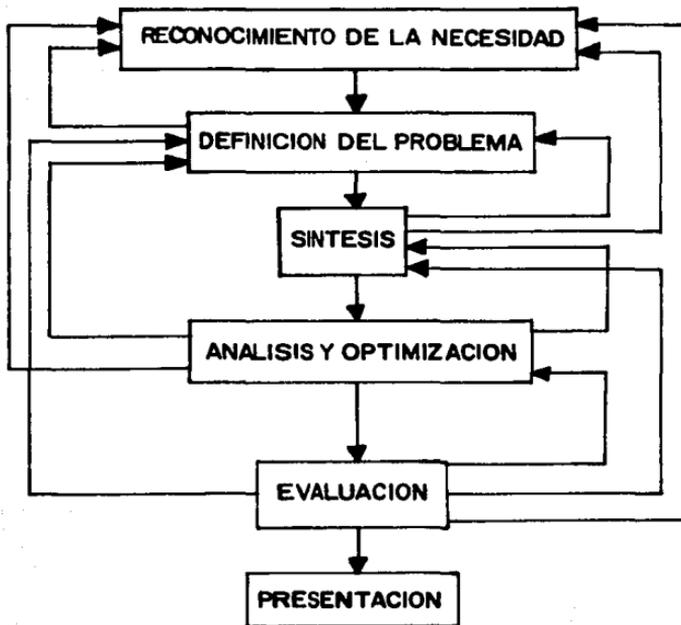
1.- Reconocimiento de la necesidad .- La necesidad se manifiesta simplemente como un vago descontento, o bien, por la intuición de una dificultad o en la sensación de que algo no está bien. La necesidad no es evidente.

2.- Definición del problema .- Debe abarcar todas las condiciones para el objeto que se va a diseñar. Tales condiciones son: dimensiones a ocupar, características como: costo, cantidad de piezas a fabricar, duración, intervalo de capacidades, temperatura de trabajo y confiabilidad, así como las limitaciones de temperatura, restricciones del tamaño y peso.

3 y 4.- Síntesis.- Es el resumen específico de una solución óptima, pero esta no podrá efectuarse antes de hacer el análisis y optimización, cuyo análisis podría revelar que el sistema no es óptimo. Si el diseño no resulta satisfactorio en una o ambas partes, el procedimiento de síntesis deberá iniciarse nuevamente.

5.- Evaluación.- Es una fase significativa cuantitativa y cualitativa del proceso total del diseño.

6.- Presentación.- Es la prueba definitiva de que un diseño es acertado y generalmente incluye un prototipo. En este punto cuando se observa si el diseño satisface realmente la o las necesidades para lo que fue creado.



3.1.2 PROCESO DE UN DISEÑO.

El objeto básico de un diseño es una combinación de componentes, cuyo funcionamiento logrará resultados deseados. Para esto se requiere de bosquejos, croquis, calculos, diagramas, etc., análisis de distintos caminos y reducir ideas hasta llegar a una solución concreta y tangible.

Todos los métodos posibles para llegar a los resultados deseados se deben analizar hasta ver que un método tiene ciertas ventajas sobre los otros, y tenerse la seguridad de que no existe un camino mejor o más económico, antes de tomar las decisiones que determinarán la forma final del diseño.

Un diseño adecuado implica la selección de los materiales a emplear y los procedimientos a seguir. Un conocimiento de las propiedades del material que puede ser usado es de gran ayuda, siendo de importancia las de tipo: físico-mecánicas. El éxito de un diseño consiste en no hacerlo muy débil, como, para fallar en el servicio, ni muy fuerte y tener que gastarse demasiado en material, sino que sea adaptado a los más eficientes y económicos métodos de producción. Al escogerse el material se debe considerar: requerimientos de fabricación (costo del material, de moldes, de equipo, de operación, de acabado, rentabilidad, etc.) y características de los materiales (tensión, dureza, ductilidad, resistencia a la temperatura, propiedades eléctricas, dimensiones de la pieza acabada, etc.).

Un diseño tiene mayor valor si las piezas se manufacturan por alguno de los métodos convencionales, y son requeridos los diagramas de distribución de planta o equipo y de ensamble.

Planos con vistas distintas pueden ser necesarias para transmitir toda la información, la cual debe ser por escrito. Cálculos de esfuerzo, capacidad y fatiga pueden ser requeridos u necesitarse en los ajustes finales en el tamaño de la pieza.

Se debe hacer especificaciones finales para cualquier artículo a comprar, indicaciones de los tratamientos térmicos, si los hay. Diagramas de manufactura y costo estimado del proyecto.

Llegando así a un punto donde el trabajo es continuado por otras gentes, o de la asesoría de especialistas en la rama cuando se desean implementar cuestiones propias de su área.

Lo compacto, simplicidad y apariencia agradable, indican un buen diseño. La facilidad de ensamble y ajuste, servicio, lubricación y reposición de partes individuales son una necesidad; y debe ser seguro aún en manos de un operador no experimentado.

Las nuevas y mejores ideas deben ser explotadas lo mejor posible, pero debe haber una paciente búsqueda para asegurar que no se han cometido omisiones o errores.

3.2 ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA UN PROTOTIPO FINAL.

En esta sección vamos a analizar las distintas ideas que fueron surgiendo para el proceso final de la MINI-PLATAFORMA GRUA.

Se empezará con las alternativas que se tuvieron para construir la plataforma, esto es; una placa sólida o un entramado de varilla de acero y se continuo con las opciones para la grúa: posicionamiento del poste, mecanismo de elevación de la carga, mecanismo de movimiento horizontal para el poste, etc..

Nuestro diseño pretende ser un aparato útil, económico, de fácil construcción y sencillo en su operación por lo cual, en este trabajo no discutiremos posibilidades de tipo eléctrico, es decir; un mecanismo eléctrico para el movimiento de la carga, pero la opción queda abierta para el caso de que el usuario así lo requiera.

Las medidas especificadas a continuación, dan una idea aproximada de las dimensiones propuestas de las diferentes partes de la MINI-PLATAFORMA GRUA.

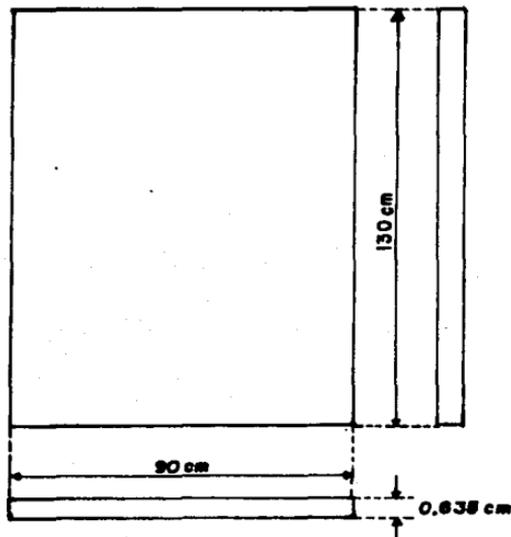


Fig. 3.1 Plataforma de placa de acero.

De ninguna manera son definitivas; ya que son éstas las que probablemente experimenten mayores modificaciones. Las dimensiones finales quedarán especificadas en el capítulo subsecuente.

En la fig. 3.1, se planteo la posibilidad de que la plataforma fuera de placa de acero corrugado y antiderrapante, pero fue rechazada porque su costo seria muy alto y se alejaría de un proposito a perseguir: la economia, además de aumentar notablemente el peso del aparato y la finalidad es, que resulte maniobrable para una sola persona.

En la fig. 3.2 mostramos la alternativa para la plataforma, se trata de un entramado de varilla de acero unida por medio de soldadura.

Este diseño se prefirio al anterior, por que su costo es mucho menor y además, es mas ligero que la placa de acero, sin descuidarse la capacidad de carga o la funcionalidad del aparato.

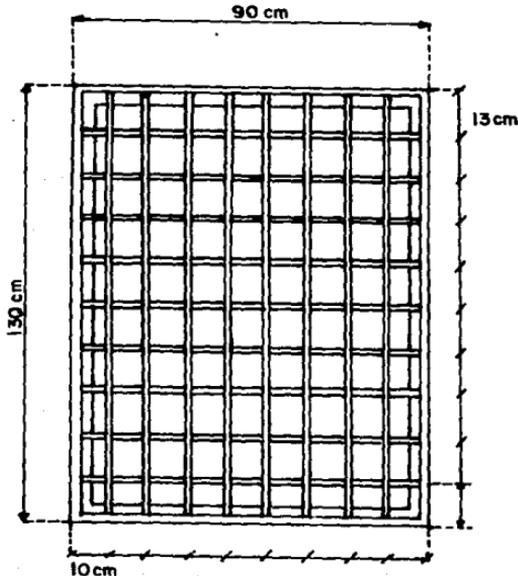


Fig. 3.2 Plataforma de varilla de acero.

En la fig. 3.3 se muestra una primera opción para la grúa, se pensó en una estructura triangular para el soporte de la carga y en un tambor para el mecanismo de elevación de la misma.

Este mecanismo se tomó en consideración por ser de fácil construcción y confiable en su operación, pero se desechó, por limitar considerablemente el área de carga en la plataforma.

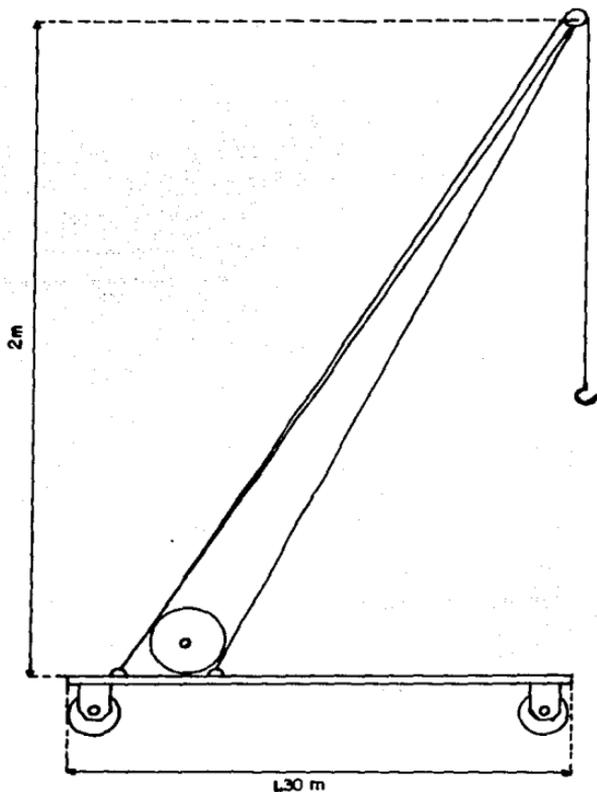


Fig. 3.3 Grúa de estructura triangular.

En la fig. 3.4 mostramos la opción alternativa a la estructura triangular, tratándose de un poste unido a una pluma.

La idea surgió, al pensar en dejar el mayor espacio posible en la plataforma para acomodar la carga.

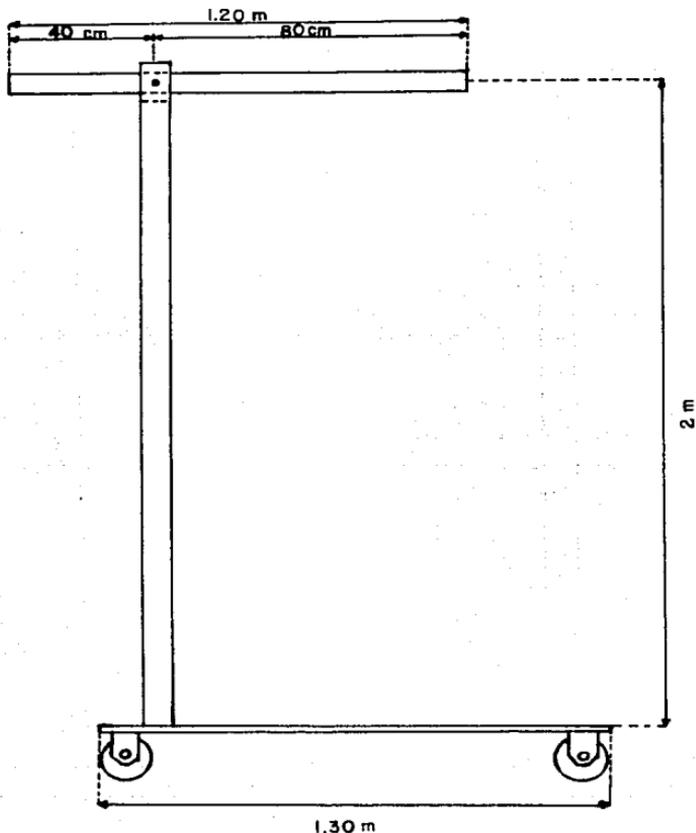


Fig. 3.4 Poste unido a una pluma para formar la grúa.

El diseño del poste y la pluma, presenta el inconveniente de que esta última no puede girar sobre un eje vertical, lo cual facilitaría la maniobra de carga. Para poderse lograr lo anterior es necesario un mecanismo de rodamiento entre el poste y la pluma, como se ilustra en la fig. 3.5.

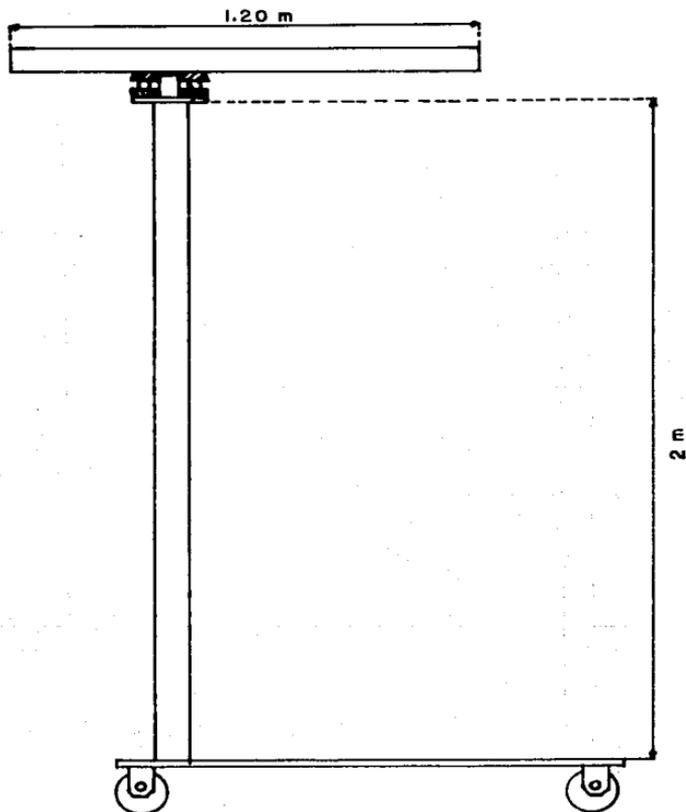


Fig. 3.5 Mecanismo de giro para la pluma.

La opción de la fig. 3.5 nos soluciona el giro de la pluma con respecto a un eje vertical, pero nos impide el movimiento de giro respecto al eje horizontal, para lo cual se requiere reubicar el rodamiento. La alternativa mostrada en la fig. 3.6 presenta el inconveniente de que el rodamiento se encuentra localizado en el punto donde el poste debe resistir el momento máximo.

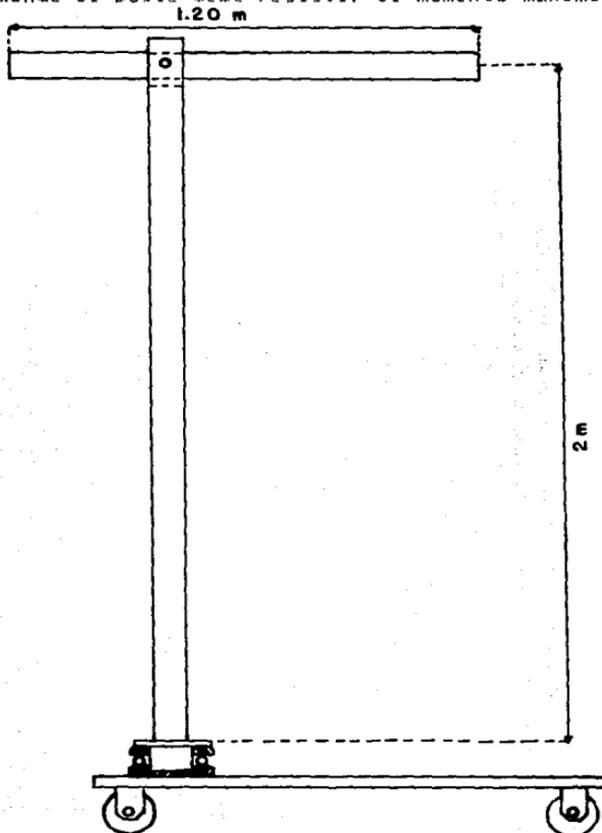


Fig. 3.6 Reubicación del rodamiento.

Para evitar esto, se diseñó un mecanismo que permite situar el rodamiento en la parte superior del poste. A su vez, la pluma conserva el eje que permite girar respecto a un eje vertical, como se muestra en la fig. 3.7.

El diseño anterior permite a la pluma girar respecto; tanto vertical como horizontal; es decir, tiene dos grados de libertad.

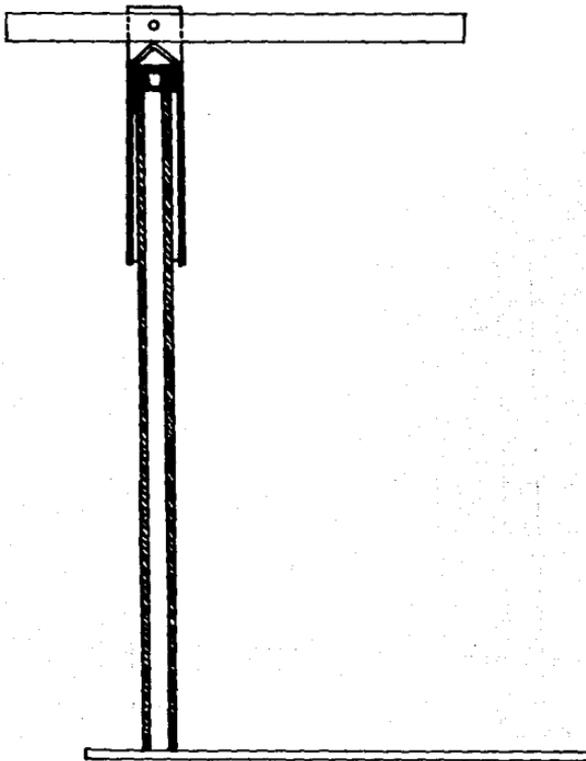


Fig. 3.7 Nueva posición del rodamiento.

Sin embargo se requiere diseñar un dispositivo que le permita obtener la pluma en diversas posiciones fijas respecto al movimiento de giro del eje vertical; ya sea que esté cargando o no.

Una primera opción que se penso, es una cadena que engancha en varias posiciones y la presentamos en la fig.3.8.

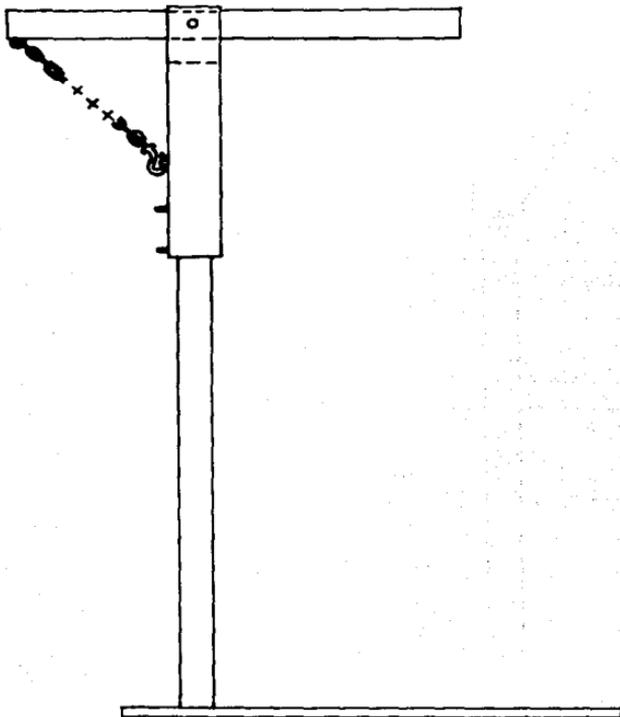


Fig. 3.8 Cadena para posicionar la pluma.

La alternativa para el posicionamiento de la pluma en puntos fijos, la mostramos en la fig. 3.9. Consiste en un mecanismo de trinquete formado por un brazo rígido articulado por un pasador; varias ranuras realizadas en el brazo nos permite obtener las diferentes posiciones. Este diseño mejora las condiciones de seguridad del aparato, respecto al dispositivo de cadena, ya que la forma de asegurar el dispositivo en una posición determinada, es más confiable.

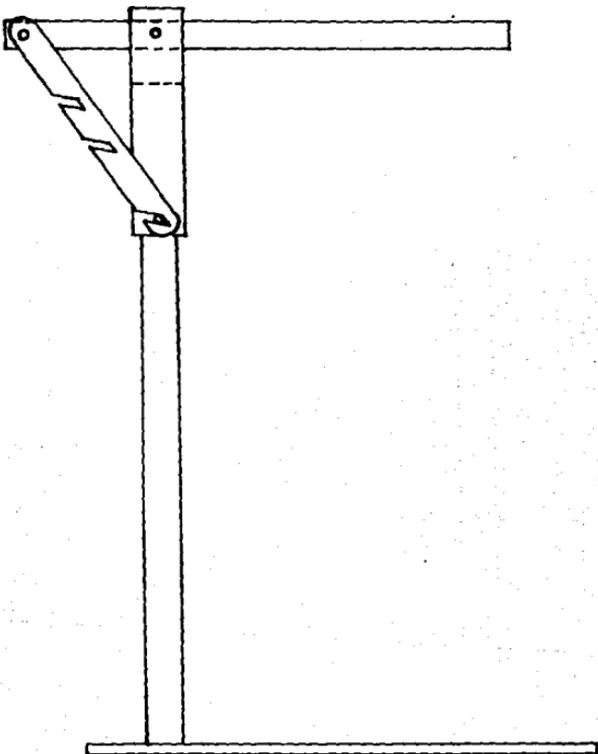


Fig. 3.9 Mecanismo de trinquete para posicionar la pluma.

En el diseño de la fig. 3.4, surgió la idea de dejar el mayor espacio posible para acomodar la carga en la plataforma; que se logró mediante el empleo de un poste.

Para obtener la optimización del espacio libre en la plataforma, se reubicó el poste en una de las esquinas posteriores, facilitándose así la maniobra de carga. La fig. 3.10, nos muestra este diseño.

La posición del poste en una de las esquinas de la plataforma nos origina que el aparato tienda a perder estabilidad debido al momento de volteo, especialmente en el caso de que la pluma se haya girado completamente hacia afuera de la plataforma.

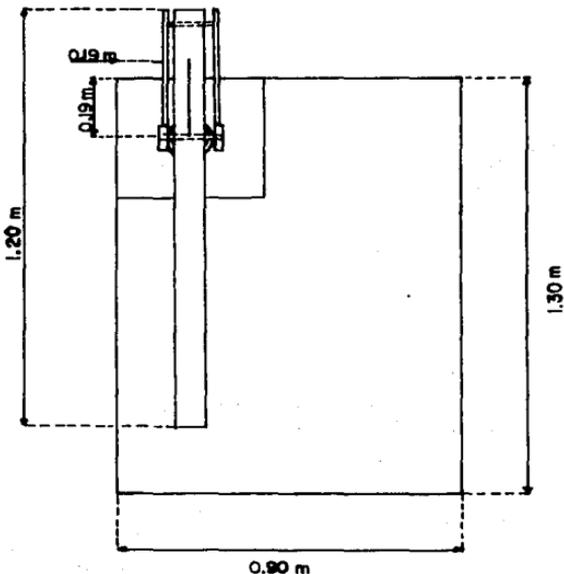


Fig. 3.10 Reubicación del poste para optimizar el área de carga en la plataforma.

Lo anterior puede evitarse por medio de una aleta estabilizadora que contrarreste el momento de volteo. El efecto de la aleta estabilizadora es situar a la pluma, y por consiguiente a la carga, dentro de los puntos de apoyo del aparato.

Para lograr este efecto se coloca la aleta en un costado de la plataforma, como se muestra en la fig 3.11.

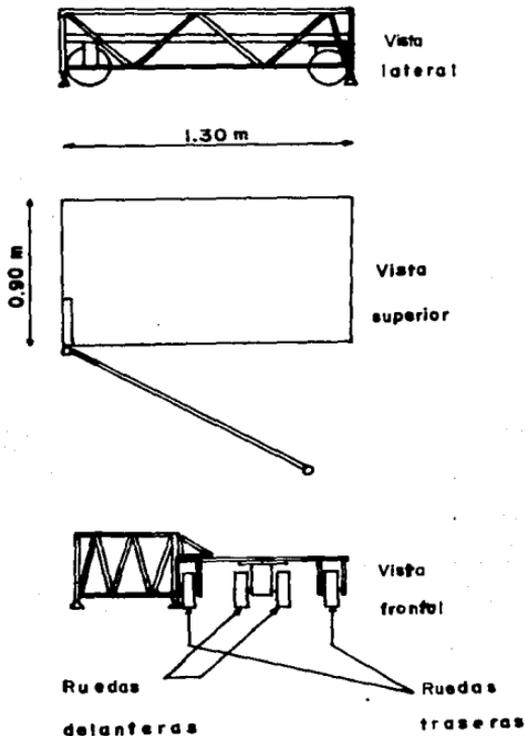


Fig. 3.11 Aleta estabilizadora.

Para asegurar la MINI-PLATAFORMA GRUA en el momento de carga empleamos un sistema que, a la vez que nos permite guiarla durante su traslado nos proporciona un anclaje confiable.

El sistema empleado consiste en un mecanismo de dos ruedas unidas por un eje a un poste. Este mecanismo no está fijo a la plataforma, es decir, que es desmontable. El mecanismo se ilustra en la fig. 3.12.

Al desmontar el mecanismo, la plataforma queda apoyada; de ésta manera se impide que el aparato se mueva al momento de cargarlo o descargarlo. Basta colocar nuevamente el mecanismo direccional bajo la plataforma, para que ésta pueda trasladarse a donde se requiera.

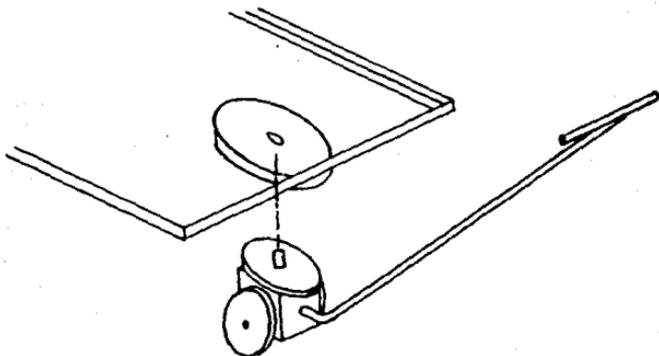


Fig. 3.12 Mecanismo direccional de la Mini-Plataforma Grúa.

CAPITULO 4

CALCULO MECANICO Y SELECCION DE LOS MATERIALES DE LA MINI-PLATAFORMA GRUA. DISEÑO FINAL

4.1 INTRODUCCION.

En el capítulo anterior vimos como fué progresando el proceso del diseño de la Mini-Plataforma Grúa, desde las primeras ideas hasta redondear un conjunto global, que nos permitió llegar a un diseño final satisfactorio.

En el presente capítulo analizaremos, mediante el cálculo, los diseños que se hicieron anteriormente y que, en conjunto, forman el diseño final de la Mini-Plataforma Grúa.

También en este capítulo, se seleccionarán los materiales que se usarán en la construcción de la Mini-Plataforma Grúa.

4.2 CALCULO DE LA PLATAFORMA.

Para facilitar el cálculo de la plataforma, haremos el análisis de éste mediante la analogía de una loza trabajando en dos direcciones.

El momento flexionante para una loza trabajando en dos direcciones es:

$$M = C w L^2 \quad 4.1$$

donde:

w = carga por unidad de longitud.

L = longitud del lado corto.

C = factor para lozas trabajando en dos direcciones, de la tabla de Westergard.

Tanto la fórmula (4.1) como la tabla de Westergard, se encuentran en el Parker.

Para encontrar el momento utilizamos la fórmula:

$$\sigma = \frac{M y}{I} \quad 4.2$$

$$\sigma = \frac{M}{Z} \quad 4.3$$

donde:

Z = módulo de sección, y
 σ = resistencia a la tensión.

Sabemos que:

$$w = \frac{\sigma Z}{C L^2} \quad 4.4$$

y que:

$$W = \frac{w L}{L} \quad 4.5$$

de donde:

$$W = w L \quad 4.6$$

sustituyendo 4.5 en 4.4, obtenemos

$$W = \frac{\sigma Z}{C L} \quad 4.7$$

Tomando un factor de seguridad de 2, para encontrar la resistencia admisible para el acero estructural, cuya resistencia es de 4,200 Kg/cm², cuyo valor fue tomado del Faires,

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{max}}{2} \quad 4.8$$

sustituyendo valores en 4.8,

$$\sigma_{adm} = \frac{4,200 \text{ Kg/cm}^2}{2} = 2,100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} = 2,100 \text{ Kg/cm}^2 \quad 4.9$$

Para obtener el módulo de sección Z para la varilla de 3/4", usamos la ecuación

$$Z = \frac{\pi D^3}{64 (D/2)} = \frac{\pi D^3}{32} \quad 4.10$$

14: 2001 1007
A1 30 1007

sustituyendo valores en 4.10

$$Z = \frac{\pi (1.91)^3}{32} = 0.6787 \text{ cm}^3$$

$$Z = 0.6787 \text{ cm}^3 \quad 4.11$$

Para el caso de nueve varillas, tenemos que

$$Z = 0.6787 \times 9 = 6.1084$$

$$Z = 6.1084 \text{ cm}^3 \quad 4.12$$

por lo que, sustituyendo en 4.4

$$w = \frac{2,100 \text{ Kg/cm}^2 \times 6.1084 \text{ cm}^3}{0.055 \times (90 \text{ cm})^2}$$

$$w = 28.7938 \text{ Kg/cm} \quad 4.13$$

La carga total W se encuentra de 4.6; entonces

$$W = w \times L = (28.7938)(90)$$

$$W = 2591.44 \text{ Kg} \quad 4.14$$

4.14 nos dá la carga total que puede admitir la plataforma y es de 2 591.44 Kg.

Como podemos ver, el valor encontrado de 2 591.44 Kg. es muy superior al propuesto de 1 000 Kg. o sea que tenemos 1 591 Kg. de más, para proteger cualquier abuso en que se incurra al usar la plataforma.

4.3 CALCULO DE LOS EJES DE LAS RUEDAS.

Para los ejes usaremos un acero AISI 1035.

El acero estructural para formas cilíndricas, placas y barras está especificado en el AISI 1035 con un esfuerzo de rendimiento de 39 000 lb/pulg² = 2 730 Kg/cm², o sea que:

$$39\,000 \text{ lb/pulg}^2 = 2\,730 \text{ Kg/cm}^2 \quad 4.15$$

Tenemos que:

$$\sigma = \frac{F_v}{A} \quad 4.16$$

de donde

$$F_v = \sigma A \quad 4.17$$

en donde:

F_v = fuerza vertical.

A = área.

Sabemos que para secciones cilíndricas,

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad 4.18$$

sustituyendo la 4.18 en 4.17

$$F_v = \frac{\sigma \pi D^2}{4} \quad 4.19$$

sustituyendo valores en 4.19

$$F_v = \frac{(2730)(\pi)(D^2)}{4}$$

Vamos a normalizar los ejes para facilitar tanto la construcción como el mantenimiento de los mismos. Usaremos una barra de $3/4" = 1.9$ cm., entonces

$$F_v = \frac{(2730)(\pi)(1.9)^2}{4}$$

$$F_v = 7740.33 \text{ Kg.} \quad 4.20$$

Los ejes soportan 7.7 toneladas, valor que es muy superior al propuesto.

4.4 CALCULO DEL SOPORTE DE LAS RUEDAS.

Los soportes de las ruedas se calcularán por desgarramiento.

Para los soportes de las ruedas usaremos placa de acero de $3/8" = 0.95$ cm de espesor.

De las tablas para acero que vienen en el Faired, y tomando un factor de seguridad de 1.5, para un acero ASTM A-36, obtenemos que

$$\sigma_{\max} = \sigma_y = 36\,000 \text{ lb/pulg}^2 = 2\,530 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_{\max}}{F.S.} = \frac{2\,530 \text{ Kg/cm}^2}{1.5} = 1\,686 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 1\,686 \text{ Kg/cm}^2 \quad 4.21$$

Tenemos que

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad 4.22$$

en donde:

σ = esfuerzo de tensión.

P = peso.

A = área.

despejando P obtenemos,

$$P = \sigma A \quad 4.23$$

pero

$$A = t D \quad 4.24$$

sustituyendo 4.24 en 4.23,

$$P = \sigma t D \quad 4.25$$

en donde

D = diámetro del eje.

sustituyendo valores

$$P = (1\ 686\ \text{Kg/cm}^2) (0.95\ \text{cm.}) (1.9\ \text{cm.})$$

$$P = 3\ 043.23\ \text{Kg.} \qquad 4.26$$

que es lo que resiste cada sección del soporte y, como son dos secciones, entonces

$$P = 3\ 043.23\ \text{Kg} \times 2$$

$$P = 6\ 086.5\ \text{Kg} \qquad 4.27$$

Entonces cada soporte resiste 6 086 Kg.

4.5 CALCULO DE LA SOLDADURA DE LOS SOPORTES DE LAS RUEDAS.

Vamos a calcular el esfuerzo nominal en la soldadura de los soportes de las ruedas.

El esfuerzo nominal se calcula por la ecuación

$$F = S_s (2 a L) \qquad 4.28$$

en donde

F = esfuerzo nominal.

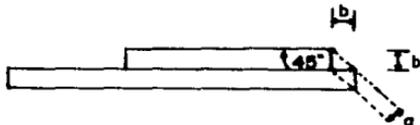
S_s = esfuerzo cortante.

a = garganta.

L = longitud del cordón de la soldadura.

Además sabemos que

$$a = b \cos 45^\circ \qquad 4.29$$



Para nuestro caso, de tablas obtenidas del Manual del Ingeniero Mecánico:

$$b = 1.2\ \text{cm.}$$

$$S_s = 68\ 571\ \text{lb/pulg}^2 = 4\ 800\ \text{Kg/cm}^2$$

$$L = 50\ \text{cm.}$$

entonces, sustituyendo valores numéricos

$$a = 1,2 \cos 45^\circ$$

$$a = 0.8485 \quad 4.30$$

sustituyendo en 4.28

$$F = 4\ 800 [2 (0.8485) (50)]$$

$$F = 407\ 480 \text{ Kg.}$$

$$F = 407 \text{ ton.} \quad 4.31$$

Cada una de las monturas, en sus soldaduras, resistirán 407 toneladas.

4.6 CALCULO DEL MECANISMO DIRECCIONAL.

El cuerpo del mecanismo direccional se hará con un acero ASTM A-36. De la tabla del Shigley, obtenemos que:

$$\sigma_y = 2\ 530 \text{ Kg/cm}^2$$

Usaremos un factor de seguridad F. S. = 2. Entonces

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_y}{\text{F. S.}} \quad 4.32$$

sustituyendo valores en 4.32

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{2\ 530 \text{ Kg/cm}^2}{2}$$
$$\sigma_{\text{adm}} = 1\ 265 \text{ Kg/cm}^2 \quad 4.33$$

Por otra parte, sabemos que

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{D t} \quad 4.34$$

la fuerza que admitirá es $F = 600 \text{ Kg.}$ y $D = 1.9 \text{ cm.}$ de 4.34 despejamos t y obtenemos

$$t = \frac{F}{D \cdot \sigma} \quad 4.35$$

sustituyendo valores

$$t = \frac{600 \text{ Kg.}}{(1265 \text{ Kg/cm}^2) (1.9 \text{ cm})}$$

$$t = 0.24 \text{ cm.} \approx 3/32" \quad 4.36$$

por conveniencia se usará una placa de 1/4".

La resistencia a la tensión, antes de que haya pandeo en la placa es

$$\sigma_{cr} = K_c E \left(\frac{t^2}{b^2} \right) \quad 4.37$$

donde K_c depende de cómo esté sujeta la placa.

Se toma un PTR de $3 \times 3 \times 1/4"$ y, considerando la placa articulada en sus dos extremos tenemos que, de la tabla 11.4 del Shanley, $K_c = 3.62$, entonces, sustituyendo valores en 4.37

$$\sigma_{cr} = (3.62) (2 \times 10^6) \text{ Kg/cm}^2 \frac{(0.635 \text{ cm})^2}{(7.62 \text{ cm})^2}$$

$$\sigma_{cr} = 50\,277 \text{ Kg/cm}^2 \quad 4.38$$

para nuestro caso,

$$F = \sigma A \quad 4.39$$

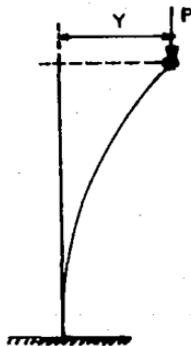
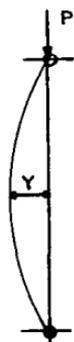
y, sustituyendo valores,

$$F = (50\,277 \text{ Kg/cm}^2) (7.62 \text{ cm}) (0.635 \text{ cm})$$

$$F = 243\,275 \text{ Kg.} \quad 4.40$$

entonces el cuerpo del mecanismo direccional resiste bien.

4.7 CALCULO DE LA COLUMNA.



Partimos de la ecuación diferencial de Euler, basada en el principio de elasticidad.

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = - \frac{M}{E I} \quad 4.41$$

siendo

$$M = - P y \quad 4.42$$

sustituyendo 4.42 en 4.41

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = - \frac{P y}{E I} \quad 4.43$$

haciendo,

$$\frac{P}{E I} = k^2 \quad 4.44$$

tenemos

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + k^2 y = 0 \quad 4.45$$

la ecuación 4.45 es del tipo de ecuación diferencial lineal con coeficientes constantes.

si hacemos $(D^2 + k^2) y = 0$

$$D^2 + k^2 = 0$$

obtenemos las raíces que son

$$D = \pm ki$$

por lo tanto la solución es,

$$y = C_1 \operatorname{sen} kx + C_2 \operatorname{cos} kx$$

para obtener los valores de C_1 y C_2 , partimos de,

$$y = 0 \text{ en } x = 0$$

sustituyendo en 4.46

$$0 = 0 + C_2$$

en donde

$$C_2 = 0 \quad 4.47$$

para $x = L$, $y = 0$. Sustituyendo nuevamente en 4.46

$$0 = C_1 \operatorname{sen} kL \quad 4.48$$

En donde C_1 es la amplitud de una semionda, es decir el desplazamiento debido a la flexión. Si $C_1 = 0$ la columna permanece recta. Cuando no vale cero el valor de $\operatorname{sen} kL$, será cero sólo cuando, $kL = 0, \pi, 2\pi, \dots, n\pi$ (donde n es un entero).

si $C_1 = 0$, $y = 0$, entonces tomamos

$$\operatorname{sen} kL = 0 \quad 4.49$$

y, por lo tanto

$$kL = n\pi$$

donde $n = 1, 2, 3, \dots, (n + 1)$. En consecuencia

$$k = \frac{n\pi}{L} \quad 4.50$$

sustituyendo 4.50 en 4.44, obtenemos

$$\frac{P}{E I} = \frac{n^2 \pi^2}{L^2}$$

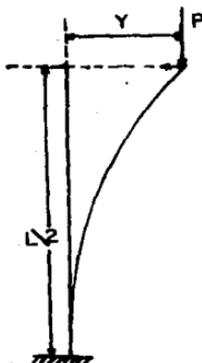
reordenando la ecuación,

$$P = \frac{n^2 \pi^2}{L^2} E I \quad 4.51$$

si $n = 0$, $P = 0$; si $n = 1$, P tiene el valor mínimo para que ocurra el pandeo conocido como carga crítica o P_{cr} , por lo que

$$P = \frac{\pi^2}{L^2} E I \quad 4.52$$

Para el caso de la columna empotrada en un extremo y libre en el otro, tenemos que la deformación corresponde a la que presenta la mitad de la barra con ambos extremos articulados.



Para obtener la carga crítica se sustituye L por $2L$ en la ecuación 4.52 y se obtiene,

$$P_{cr} = \frac{\pi^2}{4 L^2} E I \quad 4.53$$

Utilizando una columna de 2 metros de longitud de sección transversal cuadrada hueca de $3 \times 3 \times 1/4"$, tenemos

$$I_x = \frac{(L_e)^4 - (L_i)^4}{12}$$

siendo L_e la distancia del lado exterior del cuadrado y L_i es la distancia interna del cuadrado sin considerar el espesor.

$$I_x = \frac{(3 \text{ pulg.})^4 - (2.5 \text{ pulg.})^4}{12}$$

$$I_x = 3.494 \text{ pulg.}^4 = 145.46 \text{ cm}^4$$

sustituyendo en 4.53, tenemos

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 (2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2) (145.46 \text{ cm}^4)}{4 (200 \text{ cm})^2}$$

$$P_{cr} = 18\,843.2 \text{ Kg.}$$

4.54

La columna resiste 18.8 toneladas.

4.8 CALCULO DE LA PLACA SOPORTE DE LA COLUMNA.

Se considera la placa como simplemente apoyada y sus dimensiones son las que forman las varillas que pasan por debajo de ella, es decir, 13 cm x 10 cm.

La resistencia a la fluencia está dada por,

$$\sigma = \beta \frac{P}{h^2} \quad 4.55$$

y, despejando h de 4.55,

$$h = \sqrt{\beta \frac{P}{\sigma}} \quad 4.56$$

sabemos que

$$a = 10 \text{ cm}$$

$$b = 13 \text{ cm}$$

y, la relación entre ellos es

$$\frac{b}{a} = 1.3$$

de la tabla de la pag. 366 del libro "Design of machine elements" de M. F. Spotts, tenemos

$$\beta = 0.962$$

tomaremos una carga $P = 2\ 000\ \text{Kg}$.

Del Shigley obtenemos que, para el acero ASTM A-36,

$$\sigma = 36\ 000\ \text{psi}$$

tomamos un factor de seguridad de 2, y obtenemos,

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{36\ 000}{2} = 18\ 000\ \text{psi}$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 1\ 260\ \text{Kg/cm}^2 \quad 4.57$$

sustituyendo en 4.56

$$h = \sqrt{\frac{(0.962)(2\ 000\ \text{Kg})}{1\ 260\ \text{Kg/cm}^2}}$$

$$h = 1.23\ \text{cm} \approx 1/2''$$

Para que la placa soporte 2 000 Kg debe ser de 1/2". Considerando el largo de las cuatro placas triangulares nuestras dimensiones finales propuestas son 11 1/2 x 10 x 3/4".

4.9 CALCULO DE LA SOLDADURA DE LAS PLACAS TRIANGULARES QUE ASEGURAN LA COLUMNA A LA PLACA SOPORTE.

Análogamente a lo hecho en la sección 4.5 calculamos el esfuerzo nominal por

$$F = S_s (2 a L) \quad 4.28$$

en este caso

$$b = 1.2\ \text{cm}$$

$$L = 40\ \text{cm}$$

$$a = b \cos 45^\circ = 1.2 \cos 45^\circ$$

$$a = 0.8485$$

usaremos el mismo electrodo E6013. Sustituyendo valores, tenemos que,

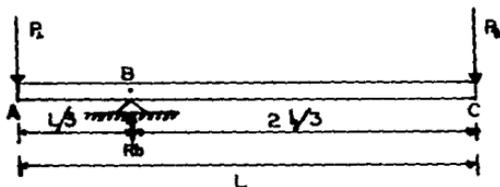
$$F = 4800 [2 (0.8485)(40)]$$

$$F = 325824 \text{ Kg}$$

$$F = 325.8 \text{ Ton.}$$

Veremos que cada una de las 4 placas triangulares que aseguran la columna, resisten, en la soldadura, hasta 325.8 toneladas.

4.10 CALCULO DE LA PLUMA.



Para obtener la reacción R_b y la fuerza P_1 , se plantean las ecuaciones de la estática:

$$\sum M_n = 0 \quad \text{y} \quad \sum F = 0$$

efectuando el análisis de las ecuaciones.

$$\sum M_n = -P_1 (L/3) + P_2 (2L/3) = 0 \quad 4.58$$

$$\sum F = -P_1 + R_b - P_2 = 0 \quad 4.59$$

despejando P_1 en 4.58, se obtiene

$$P_1 = 2 P_2 \quad 4.60$$

sustituyendo P_1 por su valor y despejando R_b en 4.59

$$R_b = 3 P_2 \quad 4.61$$

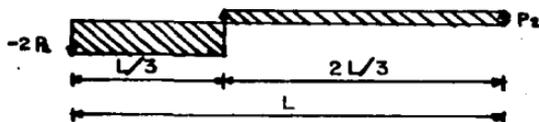
4.11 ECUACIONES DE ESFUERZO CORTANTE.

Las ecuaciones de esfuerzo cortante son:

$$0 < x < L/3 \quad T = -2 P_2 \quad 4.62$$

$$L/3 < x < L \quad T = -2 P_2 + 3 P_2 = P_2 \quad 4.63$$

4.12 DIAGRAMA DE ESFUERZO CORTANTE.



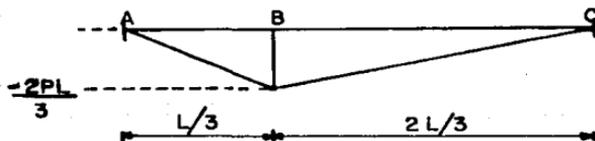
4.13 ECUACIONES DE MOMENTO FLEXIONANTE.

Las ecuaciones de momento flexionante son:

$$0 < x < L/3 \quad M = -2 P_2 x \quad 4.64$$

$$L/3 < x < L \quad M = -2 P_2 x + 3 P_2 (x - L/3) \quad 4.65$$

4.14 DIAGRAMA DE MOMENTOS.



El momento máximo ocurre en $x = L/3$, por lo tanto:

$$M_{\text{máx}} = -2 P (L/3) + 3 P (L/3 - L/3)$$

$$M_{\text{máx}} = -2 P (L/3) \quad 4.66$$

4.15 DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA VIGA.

Por la ley de Hooke tenemos que,

$$\sigma = \frac{M y}{I_x} = \frac{M}{Z_x} \quad 4.67$$

Las formulas para obtener el momento de inercia y el modulo de seccion para un rectangulo hueco son tomadas del Shanley (pag. 178). Siendo estas:

$$I_x = \frac{t h^2 (3b + h)}{6} \quad 4.68$$

de donde;

$$Z_x = \frac{I_x}{y} = \frac{I_x}{h/2}$$

por lo tanto, el módulo de sección Z_x está dado por:

$$Z_x = \frac{t h (3b + h)}{3} \quad 4.69$$

siendo t = espesor de la pared de la sección transversal de la viga;

b = anchura media de la sección transversal; y

h = altura media de la sección transversal.

debido a que se consideran dimensiones pequeñas, la altura, el ancho y el espesor se valúan como valores totales.

Sustituyendo 4.66 en 4.67 y reordenando tenemos,

$$Z_x = \frac{2 P_e L}{3 \sigma} \quad 4.70$$

sustituyendo P , L y σ por sus valores en 4.70

$$Z_x = \frac{2 (1\ 000\ \text{Kg})(120\ \text{cm})}{3 (2\ 530\ \text{Kg/cm}^2)} = 31.62\ \text{cm}^3$$

$$Z_x = 31.62\ \text{cm}^3$$

Supongamos una viga cuyas dimensiones de sección transversal sean:

$$t = 0.25\ \text{pulg} = 0.635\ \text{cm.}$$

$$b = 2\ \text{pulg} = 5.08\ \text{cm.}$$

$$h = 3\ \text{pulg} = 7.62\ \text{cm.}$$

sustituyendo en 4.69 tenemos que:

$$Z_x = 36.87\ \text{cm}^3$$

despejando 4.70 y sustituyendo este valor,

$$P_{\text{c}} = \frac{3\ \sigma\ Z_x}{2\ L} = \frac{3 (2\ 530\ \text{Kg/cm}^2) (36.87\ \text{cm}^3)}{2 (120\ \text{cm})}$$

$$P_{\text{c}} = 1\ 166\ \text{Kg.}$$

Estas dimensiones resultan sobradas para el valor encontrado por la ecuación 4.70; de tal forma que ésta sección resiste perfectamente la carga $P_{\text{c}} = 1\ 000\ \text{Kg}$.

Al aplicar un factor de seguridad de 2, el esfuerzo permisible queda limitado de la siguiente manera:

$$\text{F.S.} = \frac{\sigma_{\text{crit}}}{\sigma_{\text{adm}}} \quad \text{y,}$$

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_{\text{crit}}}{\text{F.S.}}$$

sustituyendo valores tenemos

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{2\ 530\ \text{Kg/cm}^2}{2} = 1\ 265\ \text{Kg/cm}^2$$

sustituyendo este valor en la ecuación 4.70 y despejando P_z

$$P_z = \frac{3 I_x \sigma_{adm}}{2 L} = \frac{3 \times 36.87 \text{ cm}^2 \times 1265 \text{ Kg/cm}^2}{2 \times 120 \text{ cm}}$$

$$P_z = 583 \text{ Kg}$$

4.16 CALCULO DE LAS DEFLEXIONES DE LA PLUMA.

1. Si $0 < x < L/3$, por la ecuación diferencial de la elástica tenemos:

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = M \quad y,$$

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -P_z x \quad 4.71$$

por el método de doble integración obtenemos que,

$$EI \frac{dy}{dx} = -P_z x^2 + C_1 \quad 4.72$$

aún no podemos encontrar C_1 aplicando condiciones de frontera, puesto que no conocemos la pendiente de la viga en ningún punto.

Realizando la segunda integración tenemos:

$$EIy = \frac{P_z x^3}{3} + C_1 x + C_2 \quad 4.73$$

en este caso podemos aplicar condiciones de frontera en $x = 0$ y en $x = L/3$

$$\text{Si } x = 0 \quad EIy = 0 = C_2 \quad 4.74$$

$$\text{Si } x = L/3 \quad EIy = \frac{-P_z L^3}{81} + C_1 \frac{L}{3} \quad 4.75$$

despejando C_1 en 4.75 y sustituyendo en 4.72

$$EI \frac{dy}{dx} = -P_2 x^2 + \frac{P_2 L^2}{27} \quad 4.76$$

sustituyendo C_1 y C_2 en 4.73 y despejando " y "

$$y = \frac{1}{EI} \left[-\frac{P_2 x^3}{3} + \frac{P_2 L^2 x}{27} \right] \quad 4.77$$

II. Si $L/3 < x < L$

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = P_2 (x - L) \quad 4.78$$

$$EI \frac{dy}{dx} = \frac{P_2 x^2}{2} - P_2 Lx + C_1 \quad 4.79$$

aplicando condiciones de frontera en $x = L/3$, puesto que por la ecuación 4.76 podemos conocer $\frac{dy}{dx}$ en ese punto.

$$\text{Si } x = L/3 \quad EI \frac{dy}{dx} = \frac{-2 P_2 L^2}{27}$$

sustituyendo en 4.79

$$EI \frac{dy}{dx} \Big|_{x=L/3} = \frac{-2 P_2 L^2}{27} = \frac{P_2 L^2}{18} - \frac{P_2 L^2}{3} + C_1 \quad 4.80$$

y sustituyendo nuevamente en 4.79

$$EI \frac{dy}{dx} = \frac{P_2 x^2}{2} - P_2 Lx + \frac{11P_2 L^2}{54} \quad 4.81$$

integrando 4.81

$$EI y = \frac{P_2 x^3}{6} - \frac{P_2 Lx^2}{2} + \frac{11P_2 L^2 x}{54} + C_2 \quad 4.82$$

$$\text{Si } x = L/3$$

$$EIy = 0 = \frac{P_2 \cdot L^3}{162} - \frac{P_2 \cdot L^3}{18} + \frac{11P_2 \cdot L^3}{162} + C_2$$

de donde

$$C_2 = \frac{-P_2 \cdot L^3}{54} \quad 4.83$$

despejando y sustituyendo en 4.82, obtenemos

$$y = \frac{P_2 \cdot x^3}{6 EI} - \frac{P_2 \cdot Lx^2}{2 EI} + \frac{11P_2 \cdot L^2 x}{54 EI} - \frac{P_2 \cdot L^3}{54 EI} \quad 4.84$$

Puesto que, por inspección de la viga, se observa que la deflexión máxima ocurre en $x = L$, tenemos que:

$$y_{\text{máx}} = \frac{P_2 \cdot L^3}{6 EI} - \frac{P_2 \cdot L^3}{2 EI} + \frac{11P_2 \cdot L^3}{54 EI} - \frac{P_2 \cdot L^3}{54 EI}$$

$$y_{\text{máx}} = \frac{-4 P_2 \cdot L^3}{27 EI} \quad 4.85$$

$$I_x = \frac{t \cdot h^3 (3b + h)}{6} = \frac{(1/4") (3")^3 [3 (2") + 3"]}{6}$$

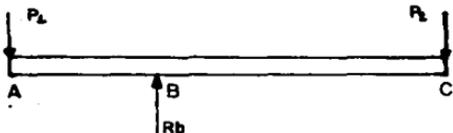
$$I_x = 3.375 \text{ pulg}^4 = 140.47 \text{ cm}^4$$

sustituyendo los valores encontrados anteriormente, tenemos

$$y_{\text{máx}} = \frac{-4 (1000 \text{ Kg}) (120 \text{ cm})^3}{27 (2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2) (140.47 \text{ cm}^4)}$$

$$y_{\text{máx}} = 0.867 \text{ cm.}$$

4.17 CALCULO DEL EJE DE LA PLUMA.



De acuerdo con la figura anterior, tenemos que:

$$P_2 = 1\ 500\ \text{Kg.}$$

$$2 \overline{AB} = \overline{BC}$$

$$\overline{AC} = 1.2\ \text{m}$$

$$\overline{BC} = 0.8\ \text{m}$$

$$\overline{AB} = 0.4\ \text{m}$$

Aplicamos nuestras ecuaciones de suma de momentos y suma de fuerzas y tenemos que:

$$F_v = -P_1 + R_b - 1\ 500\ \text{Kg} = 0$$

$$M_b = (-P_1 \times 0.4\ \text{m}) + (-1\ 500\ \text{Kg} \times 0.8\ \text{m}) = 0$$

de donde

$$P_1 = \frac{-1\ 500 \times 0.8}{0.4}$$

$$P_1 = -3\ 000\ \text{Kg.}$$

4.86

entonces

$$R_b = 1\ 500\ \text{Kg} + 3\ 000\ \text{Kg}$$

$$R_b = 4\ 500\ \text{Kg.}$$

4.87

El eje se hará con un acero AISI 1035.

De las tablas del Shanley obtenemos que, para ese acero

$$\sigma_y = 2\ 730\ \text{Kg/cm}^2$$

Dado que éste es un punto crítico para el manejo de la carga, respecto a la seguridad personal del operario de la Mini-Plataforma Grúa, se toma un factor de seguridad de 2; por lo que

$$\sigma_{adm} = 1\,365 \text{ Kg/cm}^2$$

Considerando que trabajan dos secciones F_v en cada sección F_v es

$$F_v = \frac{R_b}{2} = \frac{4\,500 \text{ Kg}}{2} = 2\,250 \text{ Kg}$$

$$F_v = 2\,250 \text{ Kg} \quad 4.88$$

Para el diseño del perno tenemos que

$$\sigma = \frac{F_v}{A}$$

de donde

$$A = \frac{F_v}{\sigma}$$

por lo que el área es

$$A = \frac{2\,250 \text{ Kg}}{1\,365 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$A = 1.648 \text{ cm}^2 \quad 4.89$$

Sabemos que, para cilindros se cumple que

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

entonces, para encontrar el diámetro que buscamos, despejamos D , de la ecuación y sustituimos valores,

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(1.648 \text{ cm}^2)}{\pi}}$$

y, el diámetro del eje debe ser,

$$D = 1.44 \text{ cm} \approx 5/8" \quad 4.90$$

Con el fin de estandarizar tomaremos un diámetro de 3/4 ".

4.18 CALCULO DEL APOYO DE LA PLUMA.

Este cálculo se hará por desgarramiento del apoyo de la pluma.

Sabemos que,

$$P = \sigma A$$

De las tablas del Faires, tenemos para un acero ASTM A-36

$$\sigma = 36\,000 \text{ psi} = 2\,530 \text{ Kg/cm}^2$$

considerando un factor de seguridad de 1.5,

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_{\text{max}}}{F.S.} = \frac{2\,530 \text{ Kg/cm}^2}{1.5}$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 1\,686 \text{ Kg/cm}^2$$

para encontrar el área,

$$A = D t = 1.44 \text{ cm} \times 0.635 \text{ cm} \times 2$$

$$A = 1.82 \text{ cm}^2$$

entonces,

$$P = 1\,686 \text{ Kg/cm}^2 \times 1.82 \text{ cm}^2$$

$$P = 3\,083 \text{ Kg} \quad 4.91$$

Según 4.91, la carga que resiste la pluma en desgarramiento es menor que la fuerza a la cual está sometida la pluma, ya $R_b = 4\,500 \text{ Kg}$ y $P = 3\,083 \text{ Kg}$. Por otra parte, considerando que el ancho del poste es de 2 1/2" y el de la pluma de 2", nos queda 1/4" a cada lado de ésta y, es posible reforzar la pluma con una placa de 1/4" de cada lado como se muestra en la figura.

En este caso el Área resistente es:

$$A = D \times t \times 2$$

4.92

en donde,

$$t = 1.27 \text{ cm}$$

$$D = 1.44 \text{ cm}$$

sustituyendo en 4.92

$$A = 1.27 \times 1.44 \times 2$$

$$A = 3.65 \text{ cm}^2$$

Teníamos que,

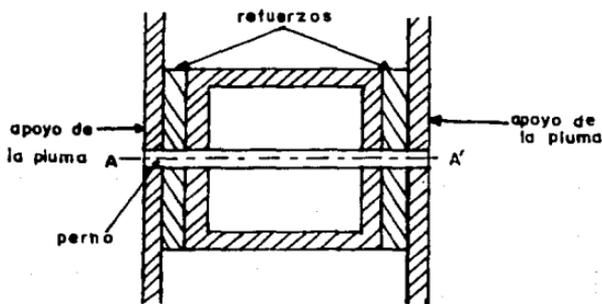
$$P = \sigma A$$

sustituyendo valores,

$$P = 1\ 686 \text{ Kg/cm}^2 \times 3.65 \text{ cm}^2$$

$$P = 6\ 166 \text{ Kg.}$$

$6\ 166 > 4\ 500$, con lo que queda satisfecho el requerimiento de resistencia que nos impusimos.



4.19 CALCULO DE LOS SOPORTES DE LA PLUMA.

Para los soportes de la pluma se utilizará un acero AISI 1035
Nuevamente nos vamos a las tablas del Shigley y obtenemos que

$$\sigma = 36\,000 \text{ psi} = 2\,530 \text{ Kg/cm}^2$$

usaremos un factor de seguridad de 1.5,

$$\sigma_{\text{adm}} = 1\,686 \text{ Kg/cm}^2$$

El Área resistente se calcula con la ecuación,

$$A = D t \quad 4.93$$

sabemos que

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad 4.94$$

sustituimos 4.93 en 4.94 y,

$$\sigma = \frac{F}{2 D t} \quad 4.95$$

despejamos t de 4.95,

$$t = \frac{F}{2 D \sigma}$$

pero,

$$F = R_b = 4\,500 \text{ Kg}$$

como el área total es

$$A = 2 D t$$

y,

$$D = 1.44 \text{ cm}$$

entonces,

$$t = \frac{4\,500 \text{ Kg}}{1\,686 \text{ Kg/cm}^2 \times 2 \times 1.44 \text{ cm}}$$

$$t = 0.9267 \text{ cm} \approx 3/8''$$

El espesor de los soportes de la pluma deben ser de 3/8", pero por el espacio con que se cuenta los soportes deberán ser de 1/2", o sea son de 1/4".

4.20 CALCULO DE LA SOLDADURA DE LOS SOPORTES DE LA PLUMA.

Análogamente al cálculo de soldadura que hemos hecho anteriormente, la soldadura de los soportes de la pluma se calcula por medio de ecuación 4.28, que dice

$$F = S_s (2 a L)$$

en donde "a" se calcula por la ecuación 4.29,

$$a = b \cos 45^\circ$$

para el caso de los soportes de la pluma, los datos son:

$$b = 1.2 \text{ cm}$$

$$L = 7.62 \text{ cm}$$

Hemos estado usando el mismo electrodo para todas las soldaduras, por la calidad del mismo y por comodidad al efectuar las soldaduras.

Del manual del Ingeniero Mecánico, obtenemos

$$S_s = 68\,571 \text{ psi} = 4\,800 \text{ Kg/cm}^2$$

efectuando las operaciones tenemos,

$$a = 1.2 \cos 45^\circ = 0.8485$$

$$F = 4\,800 [2 (0.8485)(7.62)]$$

$$F = 62\,069 \text{ Kg}$$

$$F = 62 \text{ Ton}$$

La soldadura de los soportes de la pluma resiste 62 toneladas; es decir, cada soporte resiste las 62 toneladas en la soldadura.

4.21 CALCULO DE LOS PASADORES DEL TRINQUETE.

El esfuerzo de los pasadores lo calcularemos mediante la ecuación 4.16,

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

De las tablas del Shanley tenemos que,

$$\sigma = 2\,730 \text{ Kg/cm}^2$$

Debido a lo importante que es la seguridad del operario de la Mini-Plataforma-Grúa, y que éstos pasadores son importantes, usaremos un factor de seguridad de 2.

$$\sigma_{\text{adm}} = 1\,365 \text{ Kg/cm}^2$$

Como la fuerza de los pasadores es,

$$F = \frac{3\,464.1 \text{ Kg}}{2}$$

$$F = 1\,732 \text{ Kg}$$

es la fuerza que ejerce por cada trinquete.

de la ecuación 4.16

$$A = \frac{F}{\sigma}$$

sustituyendo valores tenemos que,

$$A = \frac{1\,732 \text{ Kg}}{1\,365 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$A = 1.268 \text{ cm}^2.$$

Para encontrar el diámetro de los pasadores usamos la ecuación

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

sustituyendo valores tenemos que,

$$D = \sqrt{\frac{4 (1.268 \text{ cm}^2)}{\pi}}$$

$$D = 1.27 \text{ cm}$$

De donde obtenemos que los pasadores deben tener un diámetro de 1/2".

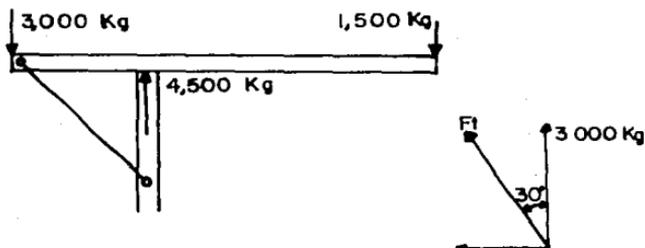
4.22 CALCULO DEL TRINQUETE O TENSOR.

De la figura que a continuación se muestra podemos ver que,

$$F_t = \frac{3\,000 \text{ Kg}}{\cos 30^\circ}$$

$$F_t = 3\,464.1 \text{ Kg}$$

4.96



De las tablas del Shanley, usando un factor de seguridad de 1.5, obtenemos que,

$$\sigma_{adm} = 1\,686 \text{ Kg/cm}^2$$

además sabemos que,

$$D = 1.9 \text{ cm}$$

de la ecuación 4.94,

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

considerando que,

$$A = 2 t D \quad 4.97$$

sustituimos en 4.94, y el valor 4.96, despejamos "t"

$$t = \frac{3\,464.1 \text{ Kg}}{1\,686 \text{ Kg/cm}^2 \times 2 \times 1.9 \text{ cm}} \quad 4.98$$

de donde,

$$t = 0.54 \text{ cm}$$

$$t \approx 1/4"$$

entonces, la placa deberá tener un espesor de 1/4".

4.23 SELECCION DEL RODAMIENTO PARA EL GIRO DE LA PLUMA.

Sabemos que la unión entre el poste y la pluma, la reacción máxima es de 4 500 Kg, y en dirección vertical.

Para nuestro caso, el plano de giro debe ser exactamente perpendicular al eje de rotación, y la carga tiene la misma dirección que el eje de rotación. Por lo tanto, el tipo de rodamiento que se requiere es el conocido como rodamiento de carga axial.

De acuerdo a nuestras necesidades, el fabricante nos recomienda un rodamiento de carga axial, de tres cuerpos, con una capacidad de carga estática de 12 000 Kg, y en carga dinámica de 8 000 Kg.

Este rodamiento tiene un diámetro exterior de 78 mm y un diámetro interior de 55 mm.

4.24 CALCULO DE LOS EJES DE LAS POLEAS.

Para estos ejes usaremos un factor de seguridad de 2. De las tablas del Shanley obtenemos para un acero 1035,

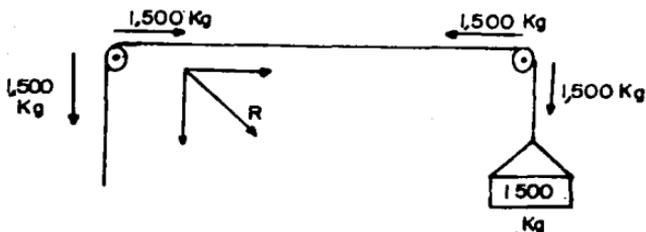
$$\sigma = 2\,700 \text{ Kg/cm}^2$$

entonces,

$$\sigma_{adm} = 1\,365 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_r = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2} = \sqrt{(1500)^2 + (1500)^2}$$

$$F_r = 2121.3 \text{ Kg}$$



Sabemos que, de la ecuación 4.94

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

de donde podemos obtener el área,

$$A = \frac{F}{\sigma}$$

4.99

conocemos el valor de la fuerza, que es

$$F = 2121.3 \text{ Kg}$$

sustituyendo valores en 4.99, tenemos

$$A = \frac{2121.3 \text{ Kg}}{1365 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$A = 1.554 \text{ cm}^2$$

Para obtener el diámetro de los ejes, usamos la ecuación,

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

sustituyendo valores,

$$D = \sqrt{\frac{4 (1.554 \text{ cm}^2)}{\pi}}$$

$$D = 1.40 \text{ cm}$$

$$D \approx 9/16"$$

Los ejes deberán ser de 9/16".

Hemos estado calculando todos los pernos que se usarán en la Mini-Plataforma Grúa, pero, para facilitar su construcción, mantenimiento, posibles cambios, etc., se normalizarán todos los pasadores y ejes a un diámetro de 3/4".

Viendo los valores obtenidos en los cálculos, notamos que el valor de diámetro propuesto de 3/4" satisface plenamente nuestros requerimientos de seguridad, que para nosotros es muy importante.

4.25 SELECCION DE LAS POLEAS GUIAS PARA EL CABLE ELEVADOR DE LA CARGA.

En la selección de estos dispositivos, el criterio que se impone en primera instancia, es el diámetro del eje requerido para soportar la carga que se pretende levantar.

Para nuestro caso, los ejes requeridos deben tener un diámetro de 3/4".

Otro factor importante es la capacidad, en cuanto al diámetro del cable que se debe admitir.

El cable elevador tiene un diámetro de 5/16".

Finalmente, para calcular el diámetro de la polea, tomamos 4 veces el diámetro del cable, más el diámetro del eje, es decir

$$D_p = 4 (5/16") + 3/4"$$

$$D_p = 2"$$

de manera que las poleas a utilizar deben tener 5 cm de diámetro total, con capacidad de admitir un eje de 3/4".

4.26 CALCULO DE LA ALETA ESTABILIZADORA.

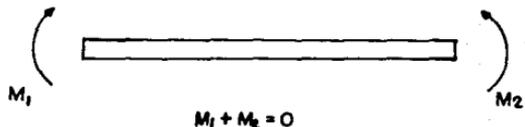
La función de este elemento es contrarrestar el momento debido a la fuerza excéntrica de la carga.

Dicha carga puede llegar a un valor máximo de 1 500 Kg y, considerando una distancia fulcral de 0.80 m., el momento de volteo es de 1 200 Kg.m. Este momento se presenta en un extremo, pero considerando que no actúa ninguna otra fuerza ni momento, por condiciones de estática,

$$\Sigma F = 0$$

$$\Sigma M = 0$$

se presenta una reacción en el otro extremo de apoyo



Para efectos prácticos consideramos al elemento como una viga de sección uniforme, donde M es el momento máximo a lo largo de la viga, de tal manera que el módulo de sección es,

$$Z_x = \frac{b h^2}{6}$$

recordando que,

$$\sigma = \frac{M}{Z_x}$$

para un acero estructural de 4 200 Kg/cm² y con un factor de seguridad de 2, tenemos

$$\sigma_{adm} = \frac{4\ 200\ \text{Kg/cm}^2}{2}$$

$$\sigma_{adm} = 2\ 100\ \text{Kg/cm}^2$$

entonces el módulo de sección es,

$$Z_x = \frac{120\ 000\ \text{Kg cm}}{2\ 100\ \text{Kg/cm}^2}$$

$$Z_x = 57.14\ \text{cm}^2$$

tomando un peralte $h = 20\ \text{cm}$, tenemos un espesor $b = 2.5\ \text{cm}$ es decir, que requiere una sección de 8" x 1", para que la aleta estabilizadora sea confiable.

4.27 CALCULO DE LA SOLDADURA DEL BUJE DE LA ALETA ESTABILIZADORA.

Calcularemos la soldadura del buje de la aleta estabilizadora con la ecuación 4.28

$$F = S_s (2 aL)$$

anteriormente hemos calculado la soldadura considerando un electrodo E6013, así que nuestros datos son
 $a = 0.8485$

$$L = 10 \text{ cm}$$

$$S_s = 4 800 \text{ Kg/cm}^2$$

sustituyendo valores en 4.28,

$$F = 4 800 [2 (0.8485)(10)]$$

$$F = 81 456 \text{ Kg} \approx 81.5 \text{ ton.}$$

La soldadura del buje de la aleta estabilizadora resiste 81.5 toneladas.

4.28 SELECCION DEL MECANISMO ELEVADOR DE LA CARGA.

Para seleccionar el mecanismo elevador de la carga se proponen varias alternativas:

1.-Montacargas C M Puller (tacle), que es un aparejo tirador, de cadena, accionado por una palanca con un trinquete.

2.-Diferencial de cadena, que es un polipasto que desmultiplica la carga. Se encuentra suspendido de un gancho y se acciona manualmente con una cadena.

3.-Garrucha o aparejo tirador, que puede ser de cadena o cable; funciona de la misma forma del tacle, con la diferencia que el mecanismo se encuentra totalmente expuesto.

4.-Garrucha malacate o Tirfor, que es un mecanismo a base de cable tirado por un trinquete, el cual es accionado por una palanca. En un extremo del cable hay un gancho para asegurar la carga y en la armadura del Tirfor hay otro gancho para asegurarlo a él.

Para la elevación de la carga de la Mini-Plataforma Grúa que se seleccionó la garrucha malacate o Tirfor.

Las ventajas de este dispositivo son:

- a) Cumple con la capacidad de carga requerida.
- b) Es un dispositivo liviano (7 Kg).
- c) Su diseño facilita notablemente su adaptación a la Mini-Plataforma Grúa.
- d) Dado que el diseño es muy sencillo y su fabricación es totalmente nacional, y de precio muy accesible.

CAPITULO 5

PROCESOS DE FABRICACION DE LA MINI-PLATAFORMA GRUA

5.1 INFORMACION GENERAL SOBRE PROCESOS DE FABRICACION.

A continuación se hablará de forma global de los procesos con que la industria actualmente cuenta para la fabricación de un determinado producto. No se dará información detallada de cada una de las operaciones, pues debe entenderse que la persona interesada en fabricar este dispositivo habra de ser un obrero calificado. De ésta manera el objetivo es tener presente los diferentes procesos con los que uno puede contar:

El Torneado; operación por la cual se generan formas distintas a una pieza, siendo las dos más fáciles: las planas y cilíndricas. Los movimientos a efectuar en el torno son 1) Principal.- proporcionado por la máquina para dar la potencia que requiere el mecanizado (proceso por el cual se remueve gradualmente el material de la pieza). 2) Movimiento de Avance.- Provocado por la herramienta que puede ser continuo o escalonado. El torno es considerado como máquina universal porque realiza otras operaciones como el Refrentado empleado para maquinarse extremos de una pieza y dar la longitud requerida. El mandrilado, para redondear y hacer recto un agujero con una herramienta de corte cilíndrica de una sola punta. Además un torno con el uso de algunos accesorios puede realizarse también rectificación y fresado.

Fresado; proceso para generar superficies maquinadas, mediante una fresa (cuerpo cilíndrico que gira sobre su eje con múltiples filos cortantes). En el fresado existen dos operaciones: 1) Fresado Periférico.- la superficie es generada por dientes colocados en la periferia del cuerpo de la herramienta y es paralela al eje de rotación. 2) Fresado Frontal.- la superficie generada forma ángulo recto con el eje de la fresa, resultado de la combinación de dientes periféricos como de la cara de la fresa.

Taladrado: La máquina empleada es el taladro, donde la herramienta denominada broca cuenta con dos filos y cada uno de ellos removerá una parte de material, provocado al generar una superficie cilíndrica interior. La herramienta es la que gira y avanza a lo largo de su eje rotacional, permaneciendo fija la pieza durante el proceso de mecanizado.

Serrado; operación por la cual son cortadas las barras de metal, en longitudes adecuadas. La viruta es producida por una sucesión de dientes que actúan en línea angosta, por lo que es un proceso económico con respecto al desperdicio de material y consumo de potencia. En su evolución aparecieron sierras mecánicas, las sierras circulares, las sierras de cinta vertical y horizontal y recientemente el serrado por fricción para partes estructurales de acero suave y acero inoxidable.

Limado; maquinado manual que alisa una superficie metálica por una serie de dientes pequeños a lo largo de una superficie al quitarle pequeñas virutas.

La clasificación de las limas es por: 1) Longitud; 6, 10, ó 12 pulg., para trabajo fino de 10 a 14 pulg. 2) Forma; rectangular, cuadrada, redonda, media caña y triangular. 3) Tipo de corte; Picadura Simple con dientes en dirección angular de 63° a 85° de la cara para trabajo de acabado. Picadura Doble con dos hileras de dientes al mismo ángulo y opuesto para formar puntas, usada para desbastar. De Diente Curvado para metales blandos. 4) Grosor; extrafinas, finas, medianas, bastardas, gruesas y bastas.

Rectificado; proceso de maquinado en el que es empleada una rueda multicortante, para alisar y terminar un producto con tolerancias de milésimas de pulg.. Los materiales abrasivos de la rueda son naturales y artificiales, entre los naturales están el esmeril, corindón, la arena de cuarzo y el diamante. Los artificiales son el carburo de silicio para materiales suaves; aluminio, cobre, cerámica. El óxido de aluminio, es para materiales de elevada resistencia a la tracción.

Soldadura; unión localizada entre dos materiales por la combinación de presión y temperatura. Los materiales más usuales son metales, pero también los plásticos se unen por el mismo proceso. Se distinguen principalmente: a) La Soldadura con Gas.- producida por el calentamiento de una mezcla formada de oxígeno y acetileno con o sin el uso de un material de relleno. b) La Soldadura de Arco.- Clasificadas en Soldaduras de corriente continua y corriente alterna.

En la de corriente continua, si es puesta la pieza al punto positivo o ánodo, y el electrodo negativo, se dice que hay polaridad directa. Cuando la pieza es negativa y el electrodo positivo la polaridad es inversa. La polarización directa provee mayor calor a la superficie de la pieza, la cual tiene mayor capacidad calorífica que el electrodo. En la actualidad se emplea corriente alterna, usándose primeramente electrodos de carbón, donde el arco requería de aporte de material.

Posteriormente sustituido por un electrodo de metal, pues el calor del arco podía simultáneamente fundir el electrodo y el metal original.

El desarrollo de electrodos revestidos, constan de un alambre de metal, sobre el que se coloca a presión un revestimiento con químicos que proveen una escoria protectora, estabilizan el arco, actúan como un fundente y proveen una escoria protectora para la acumulación de impurezas.

5.2 PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LA MINI-PLATAFORMA GRUA.

Como primera parte de éste capítulo se describió brevemente los procesos de fabricación, que habrán de emplearse de alguna manera en la construcción de la Mini-Plataforma Grúa. Ahora como segunda parte se vera como fueron aplicados dichos procesos mencionados con anterioridad, para la construcción del aparato.

5.2.1 FABRICACION DE LA PLATAFORMA.

El marco de la plataforma se construye con ángulo de acero de $2 \times 2 \times 1/4$ ". Se cortan con un ángulo de 45° , dos tramos de 90 cm. y dos de 130 cm., uniéndose mediante soldadura de arco. El corte de los tramos se hace mediante el empleo de un disco de corte de alumina para obtener un mejor acabado en el corte. Para el soldado a efectuarse se empleara el electrodo E6013 en soldadura de arco.

El entramado de la plataforma se construye con varilla de acero corrugado de $3/4$ ", cortandose en tramos de la misma, de 90 y de 130 cm. Con las varillas a la medida, también cortadas con disco de corte de alumina se procede a formar el entramado y, para facilitar la unión entre las varillas, se hace un esmerilado en los puntos de unión, permitiendo que las varillas embonen entre sí.

La unión, tanto de las varillas en el entramado como en el marco de ángulo de acero, se hace por medio de soldadura, haciendo uso del electrodo E6013 para tener una mayor penetración en el soldado.

Teniendo ya la plataforma armada, se procede a montarse sobre sus ruedas utilizadas, que son de hule con rin de aluminio tipo STP fabricadas por Hulera Joyma.

Para poder montar la plataforma en las ruedas, se les hace una montura a cada una de las dos ruedas traseras y en la parte delantera de la plataforma, se coloca un ingenioso mecanismo para poder direccionar todo el aparato con suma facilidad.

A continuación se describe la manera de fabricar tanto las monturas como el mecanismo de dirección.

Las monturas o soportes de las ruedas traseras se fabrican con placa de acero de 43×10 cm. y un espesor de $3/8$ ". La placa se corta con disco de corte de alumina. A los 16.5 cm. y a los 26.5 cm. llevar un corte en V, para permitir el doblado a 90° . Para poder admitir el eje de las ruedas, se hace un barrenado de $3/4$ " a 3 cm. de cada extremo. El barrenado se puede efectuar montando la pieza en el torno y con una broca de $3/4$ " se efectua el barrenado.

En un extremo del eje de las ruedas, se practica un agujero de $1/8$ " de diámetro para colocar ahí unas chavetas que aseguren las llantas en su lugar.

La unión de los soportes con la plataforma se realiza en el marco de la plataforma mediante soldadura de arco y con electrodo E6013.

Para fabricar el mecanismo direccional que servirá de apoyo en la parte delantera, se une mediante un mismo eje, a un perfil tubular rectangular que sirve de cuerpo al mecanismo y a las ruedas, las cuales son del tipo STP de Hulera Joyma.

El eje o perno del mecanismo direccional, está hecho con una barra de acero AISI 1035, el cual se ajusta a su dimensión final en el torno. Para asegurar las ruedas, se practican también agujeros de 1/8" para poner las chavetas correspondientes.

En la parte superior del cuerpo del mecanismo direccional, se coloca una placa circular de 1/2" de espesor y de 20 cm. de diámetro, la cual es maquinada en torno y se une al cuerpo direccional mediante soldadura.

En el centro de la placa se pone un eje de 1/2" de diámetro y 1" de largo, el cual servirá para asegurar éste mecanismo en la parte inferior de la plataforma. En la placa circular se practica un orificio por donde la atravesará el eje y se asegurará por medio de soldadura.

En la parte inferior de la plataforma se suelda una placa circular de 1/2" de espesor y 25 cm. de diámetro, la cual tiene un orificio en el centro por donde entrará el eje mencionado anteriormente y que está en el mecanismo direccional.

Lo anterior está contruido de esta manera para poder quitar y poner el mecanismo direccional según sea necesario. Los orificios se hacen con taladro, sino se indica otra cosa.

Para poder tirar la plataforma, al mecanismo se le practica un orificio en dirección transversal al eje de las ruedas, por donde se introduce un tubo de 1" de diámetro y 120 cm. de largo.

El tubo lleva un dobléz a 45° a 10 cm. del cuerpo del mecanismo hacia arriba. En el extremo superior del tubo se le pone un maneral para poder tirarlo; éste maneral está hecho de un tubo similar al que se coloca en el cuerpo del mecanismo, pero de 15 cm. de largo. Para sujetar ambos tubos, tanto entre ellos como en el cuerpo del mecanismo, se utiliza soldadura y un electrodo conocido; el E6013.

En el costado de la plataforma, que corresponde a la columna se instala la aleta estabilizadora, la cual se fabrica armando una estructura tipo celosía, mediante ángulo de acero 1 x 1 x 1/4" y varilla de acero corrugado de 3/4" uniéndola mediante soldadura con el electrodo E6013.

Para unir la aleta estabilizadora a la plataforma, el primer poste de la celosía lleva un buje que se fabrica con tubo de 5/8" cortado a las dimensiones del poste y el cual a su vez, va soldado al marco de la plataforma, en la esquina del costado mencionado.

Para reforzar la unión, se añade un ángulo que completa la longitud del buje y el cual también va soldado en la parte superior de la plataforma y al buje mismo.

Para anclar a la plataforma al momento de quitarle el mecanismo direccional, se utilizan dos apoyos fabricados con solera de 2 x 1/2" y de 60 cm. de longitud y doblado por el centro a 90°.

Estos apoyos se sueldan al marco en ambos costados delanteros, empleando el electrodo E6013.

De ésta manera se construye la plataforma, sus ruedas, su mecanismo direccional, sus apoyos y la aleta estabilizadora.

5.2.2 FABRICACION DE LA COLUMNA.

La columna se fabrica con un PTR de $3 \times 3 \times 1/4$ " y se une a la plataforma mediante una placa soldada a la misma. La placa tiene por dimensiones $11 \frac{1}{2} \times 10 \times 3/4$ ".

Para asegurar la columna en la placa, se sueldan en sus esquinas una placa triangular de 8×8 " en los extremos que se uniran a la columna y a la placa. El electrodo seguirá siendo el E6013.

En la parte superior de la columna va colocado el rodamiento que permite girar a la pluma. Para poder colocar éste rodamiento se diseña una "bota".

El cuerpo de la bota está formado por un tubo de 18" de largo. En la parte inferior del tubo se coloca una placa de $3/4$ " de espesor y maquinada en torno para tener la forma interior de la columna y exterior del tubo. En la parte superior de la bota va instalado el rodamiento, el cual es un balero de tres cuerpos, y está asegurado por un eje guía, el cual asegura que el balero esté centrado. El eje guía se asegura a una placa circular que está soldada a la bota y de este modo hacer que la bota se pueda mover, respecto a la columna.

También en la parte superior de la bota van soldadas unas orejas, que están hechas de placa de $1/2$ " de espesor y donde se asegurará la pluma, por medio de un eje. A estas orejas se les practica un orificio de $3/4$ " para admitir el eje. A éste eje se le hacen unos orificios en los extremos para ponerle unas chavetas que aseguren el eje. Las orejas son de un acero AISI 1035. A la bota se le sueldan unos pasadores que servirán para asegurar el trinquete de la pluma. Estos pasadores están hechos de acero y tienen un diámetro de $3/4$ ".

5.2.3 FABRICACION DE LA PLUMA.

La pluma está hecha con PTR de $3 \times 2 \times 1/4$ " y tiene una longitud de 120 cm; en el extremo posterior de la pluma se hace un orificio, por donde se atravesará un eje de $3/4$ " y al cual se le harán, a su vez, orificios de $1/8$ " para colocar las chavetas. El eje de $3/4$ " sirve para asegurar la pluma.

El trinquete está formado por una doble barra de acero, con tres ranuras para posicionar la pluma.

En el extremo anterior de la pluma vá soldada una oreja, en donde se colocará una polea que sujeta al cable que elevará o bajará la carga. La oreja es de placa de acero y va soldada a la pluma con soldadura de arco y con electrodo E6013, siendo la placa de acero de 1/4".

5.2.4 MECANISMO DE ELEVACION DE LA CARGA.

El mecanismo de elevación de la carga está formado por un aparato llamado tirfor y un cable de acero de 5/16" de diámetro. Para sujetar el tirfor a la plataforma, se le practica un orificio de 1" al poste en la parte inferior del mismo y por ahí se le atraviesa una barra de acero del mismo diámetro, la cual se curvará a modo de que forme un gancho.

Lo anterior sirve para sujetar en dicho gancho al gancho que trae el tirfor integrado. A su vez, el tirfor ira sujetado directamente a la columna mediante unos tornillos de 1/4", usando dos orificios que ya tiene el tirfor en su estructura.

Solo se practicarán orificios de 1/4" en la columna para sujetar los mencionados tornillos del tirfor. El cable atraviesa al tirfor al ir maniobrando con la carga.

CAPITULO 6

DIBUJOS Y PROCESOS DE ENSAMBLE
DE LA MINI-PLATAFORMA GRUA

6.1 INTRODUCCION.

En el presente capítulo describiremos, de forma breve y concisa, como deberán ensamblarse todas y cada una de las partes que componen la Mini-Plataforma Grúa.

Tanto los dibujos como las explicaciones son sencillas y sin mayor rebuscamiento. Se realizarán de este modo con el fin de que cualquier persona que las vea, sea técnico o no, las visualizen de forma clara y precisa de lo que aquí se expone.

Al finalizar el capítulo presentamos un aspecto general de la Mini-Plataforma Grúa, para con ello redondear la idea general del proyecto.

6.2 ENSAMBLE DE LA PLATAFORMA.

La plataforma se construye haciendo un marco de 0.90 mts. de ancho por 1.30 mts. de largo, con un ángulo de acero de $2 \times 2 \times 1/4$ ". Los ángulos se unen haciendo un corte a 45° en sus extremos, como se muestra en la fig. 6.2.

Para el entramado usamos varilla corrugada de $3/4$ " de acero reforzado. Colocamos las varillas cortas sobre el marco y por debajo de las varillas largas.

En las uniones de varillas cortas y largas, se rebajan ambas con esmeril para con ello asegurar la unión, ver fig. 6.1.

Las varillas cortas, que son las que resisten la mayor parte del peso de la carga, se colocan a cada 13 cms hasta completar nueve varillas, como podemos apreciar en la fig. 6.3.

Las ocho varillas largas se colocan a cada 10 cms una de otra.

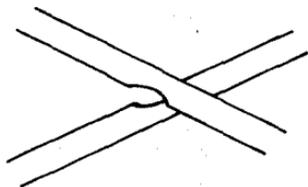


Fig. 6.1 Unión de varillas.

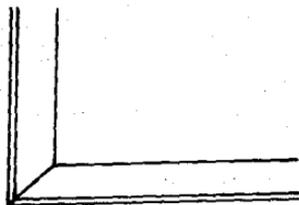


Fig. 6.2 Ensamble del marco.



Fig. 6.3 Ensamble de las varillas cortas.

6.3 ENSAMBLE DE LAS RUEDAS.

Las ruedas se unen a sus monturas por medio de un eje de $\frac{3}{4}$ ". El perno o eje tiene una cabeza en uno de sus extremos y una ranura en el otro.

Para evitar que exista juego en la rueda, colocamos en cada lado de ella una arandela, en el eje y por dentro de la montura. Este ensamble se muestra en la fig. 6.4

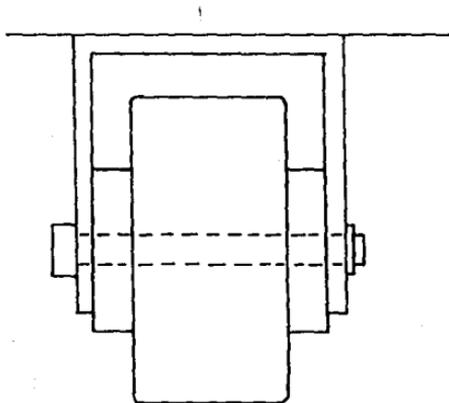


Fig. 6.4 Ensamble de las ruedas.

6.4 ENSAMBLE DEL MECANISMO DIRECCIONAL.

El cuerpo del mecanismo direccional es un PTR de $3 \times 3 \times \frac{1}{4}$ ", y le atraviesa un eje de $\frac{3}{4}$ ", en el que se montan las ruedas.

Al igual que en el caso de las ruedas traseras, el eje tiene una cabeza en uno de sus extremos, y una ranura que acepta una chaveta, en el otro extremo. Lo anterior se muestra en la fig. 6.5.

El cuerpo del mecanismo direccional lleva en su parte superior una placa de 3" de diámetro y 1/2" de espesor, en cuyo centro lleva soldado un pivote de 1/2" de diámetro y 1" de longitud; como se muestra en las figs. 6.5 y 6.6.

El pivote embona en el orificio de la placa soldada por la parte inferior delantera de la plataforma, como se muestra en la fig. 6.6.

En la fig. 6.6 y 6.7, podemos ver que el cuerpo del mecanismo direccional se le introduce un tubo, a 90° del sentido del eje; el cual continúa, doblado hacia arriba, hasta terminar en un pequeño tubo atravesado a 90°. De éste último se tira para transportar la Mini-Plataforma Grúa.

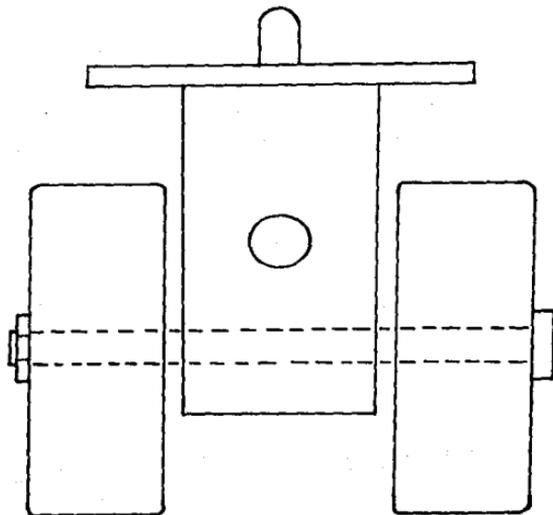


Fig. 6.5 Mecanismo direccional.

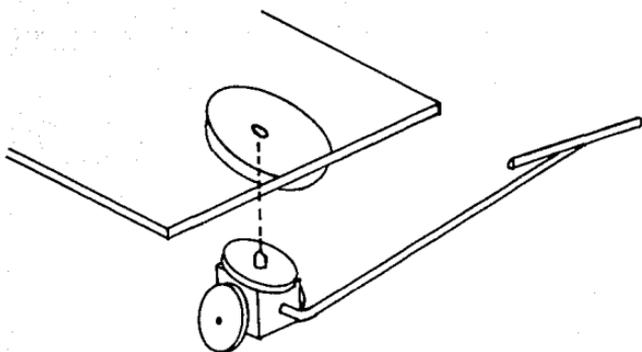


Fig. 6.6 Ensamble del mecanismo direccional.

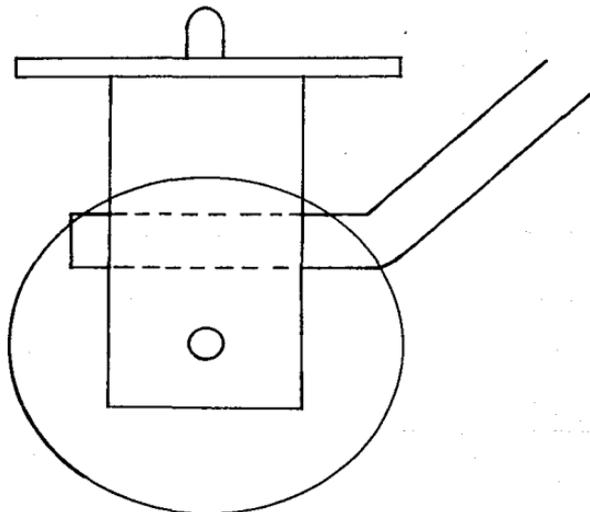


Fig. 6.7 Ensamble del tubo tirador de la grúa.

6.5 ENSAMBLE DE LA ALETA ESTABILIZADORA.

En un costado de la plataforma, por el lado derecho de la columna, desde una vista posterior, se suelda un buje. Este buje se refuerza por medio de un tirante, el cual también se suelda al marco de la plataforma.

En el buje se introduce una de las varillas que sirven de apoyo a la aleta estabilizadora. A partir de ésta varilla, una vez introducida en el buje, se comienza el armado de la aleta estabilizadora, como vemos en la fig. 6.8.

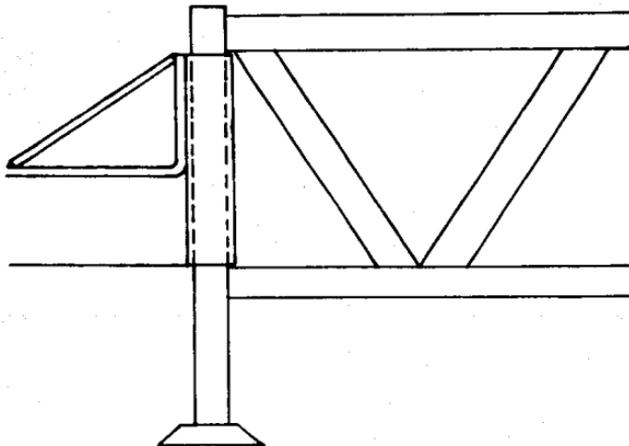


Fig. 6.8 Ensamble de la aleta estabilizadora.

6.6 ENSAMBLE DE LA COLUMNA.

La columna, construida con PTR de $3 \times 3 \times 1/4$ ", se ensambla a la plataforma mediante la unión de ésta con una placa de $11 \frac{1}{2} \times 10 \times 3/4$ ".

La unión entre la columna y la placa se asegura por medio de 4 placas triangulares de 8" de cateto por $1/4$ " de espesor. Las placas triangulares se sueldan, en sus catetos, a la columna y a la placa base, colocando las placas en las aristas de la columna y en dirección hacia las esquinas de la placa base, como se muestra en las figs. 6.9 y 6.10.

La placa base se suelda a la plataforma en la esquina posterior izquierda, desde una vista frontal.

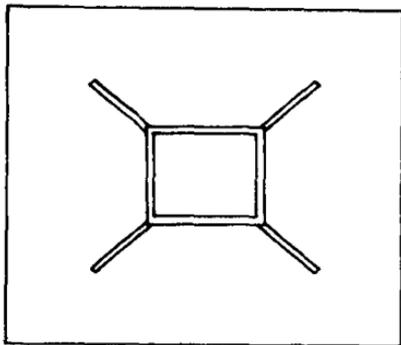


Fig. 6.9 Ensamble de la columna.

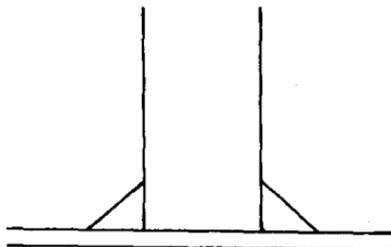


Fig. 6.10 Ensamble de las placas triangulares.

6.7 ENSAMBLE DEL RODAMIENTO PARA EL GIRO DE LA PLUMA.

A la parte superior de la columna se fija un yunque o apoyo, por medio de dos tornillos. Este apoyo lleva torneado en su centro un cono interior. Sobre este cono se apoya un eje cuyo extremo cónico embona en el apoyo o yunque.

Sobre el eje se monta el rodamiento axial. El diámetro del eje está torneado para poder ser admitido exactamente en el diámetro interior del rodamiento.

Por debajo del rodamiento y envolviéndolo se fija al yunque, por medio de dos tornillos, un cilindro descubierto en su parte superior. En la parte superior del rodamiento se asienta un cilindro, de diámetro inferior al anterior, sobre el cual se apoya el cilindro que cubre a todo el mecanismo. Este último cilindro se encuentra cubriendo la parte superior de la columna y lo denominamos "bota".

Para alinear la bota se coloca un anillo en la columna, a la altura de la parte inferior de la bota. Este ensamble se muestra en la fig. 6.11.

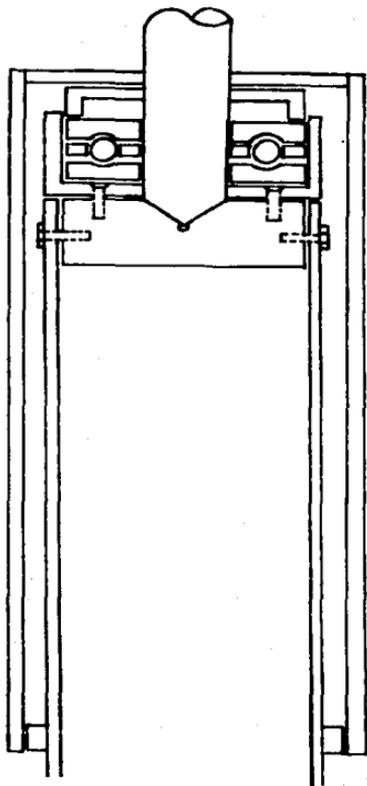


Fig. 6.11 Ensamble del rodamiento.

6.8 ENSAMBLE DEL APOYO DE LA PLUMA.

La pluma lleva a un tercio de su longitud, un eje que la atraviesa a lo ancho y a la mitad de su altura. Como se ve en las figs. 6.12 y 6.13.

El eje se apoya en dos placas, las cuales se fijan mediante soldadura, en la parte superior de la bota.

La pluma se refuerza, entre ella y los apoyos, con dos placas que se disponen una de cada lado de la pluma.

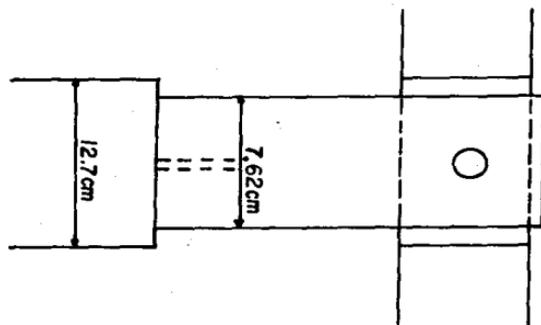


Fig. 6.12 Ensamblaje del apoyo de la pluma.

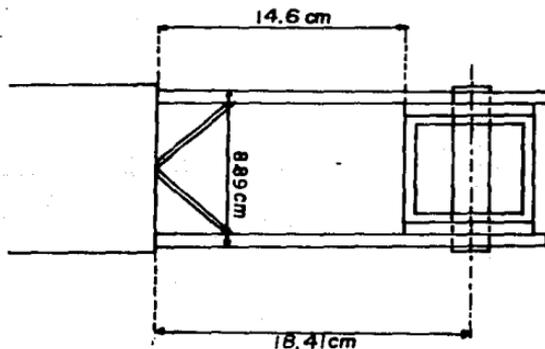


Fig. 6.13.

6.9 ENSAMBLE DEL TENSOR DE LA PLUMA.

El tensor de la pluma se construye mediante una doble barra, cada una de las cuales tiene las siguientes características:

1.- Su longitud total es de 75 cms.

2.- Tiene tres ranuras:

La primera está a 31.10 cms. de su longitud;

t la segunda está a 43.73 cms.,

la tercera está a 65.00 cms.

3.- Cada una de las barras tiene un barreno a 5 cms. de su longitud.

Al sujetar las barras, una a cada lado de la pluma y en sus extremos, por medio de un eje de 3/4" que pasa por el barreno de la barra, se puede hacer coincidir cada ranura con un pasador soldado a la parte inferior de la bota.

Las ranuras a 31.10 cms., posicionan la pluma a 60°, con respecto a la columna; las ranuras a 43.73 cms., posicionan a la pluma a 45° y las ranuras a 65.00 cms., la posicionan a 90°.

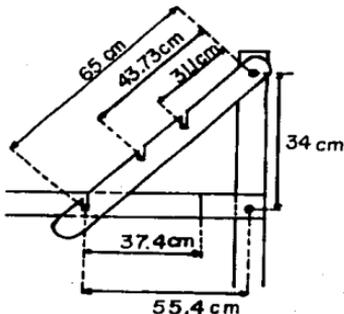
Para que se produzcan las posiciones anteriormente mencionadas, el pasador que sujeta las barras de la pluma, debe colocarse a 34 cms. del eje de apoyo de la pluma; y los pasadores soldados a la bota deben colocarse a 55.40 cms. del eje de apoyo, tal y como se muestra en la fig. 6.14 y 6.15.

Fig. 6.14



Ensamble del tensor de la pluma.

Fig. 6. 15



6.10 ENSAMBLE DE LA SUJECION DEL MECANISMO ELEVADOR DE LA CARGA.

El mecanismo elevador de la carga o tirfor, se sujeta, mediante su propio gancho, de un cáncamo de anilla alargada fijado a la columna a 40 cms. de la placa base.

Para asegurar el tirfor, este se sujeta de la columna mediante cuatro tornillos, como se muestra en la fig. 6.16.

Esta sujeción se realiza en la cara lateral derecha de la columna, desde una vista posterior, para permitir el libre accionamiento de la palanca de tracción.

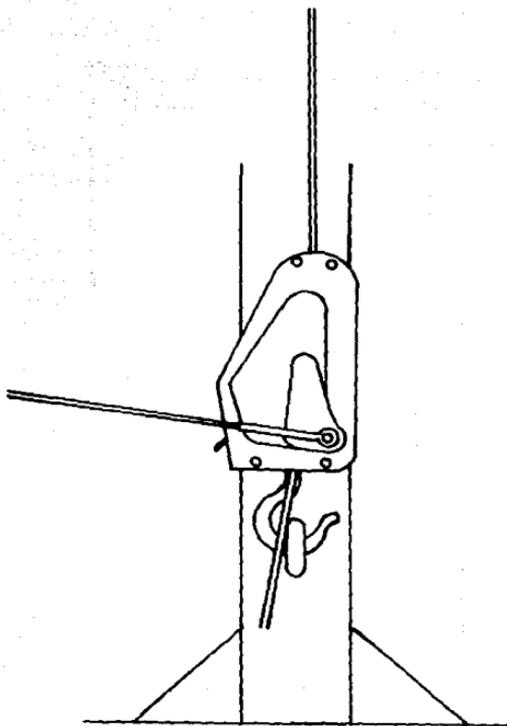


Fig. 6.16 Sujeción del mecanismo elevador.

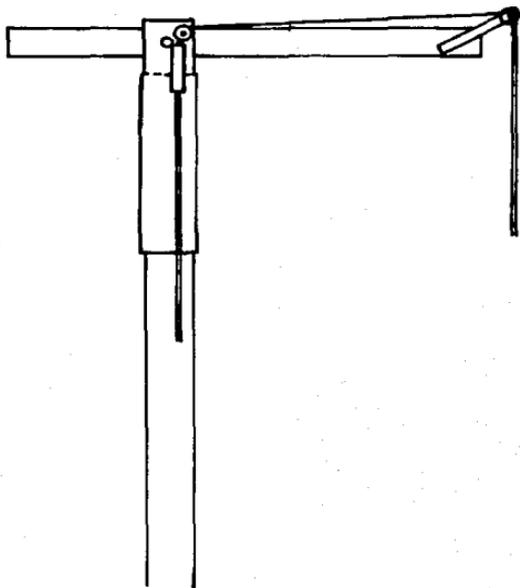


Fig. 6.17 Ensamble de las poleas.

6.11 ENSAMBLE DE LAS POLEAS DEL CABLE DEL MECANISMO ELEVADOR DE LA CARGA.

Al igual que el tirfor, las poleas se colocan por el lado derecho en las posiciones que a continuación se indican.

Una de las poleas se coloca en la esquina superior derecha de la placa de apoyo de la pluma. Por debajo de ésta polea se suelda un buje, cuya función es de mantener la posición del cable con respecto a la polea, aún durante el giro de la bota.

La otra polea se sujeta mediante dos soleras en el extremo delantero de la pluma, y forman un ángulo de 150° con la misma, como se muestra en la fig. 6.17.

6.12 ASPECTO GENERAL DE LA MINI-PLATAFORMA GRUA.

La fig. 6.18, tenemos un isométrico que nos muestra en su conjunto a la Mini-Plataforma Grúa Móvil.

Especificaciones:

Fig. 6.18

- 1.-Plataforma.
- 2.-Aleta Estabilizadora.
- 3.-Mecanismo Direccional.
- 4.-Mecanismo Elevador.
- 5.-Mecanismo para el giro en el plano horizontal.
- 6.-Tensor de la pluma.
- 7.-Pluma.
- 8.-Polea guía del cable.

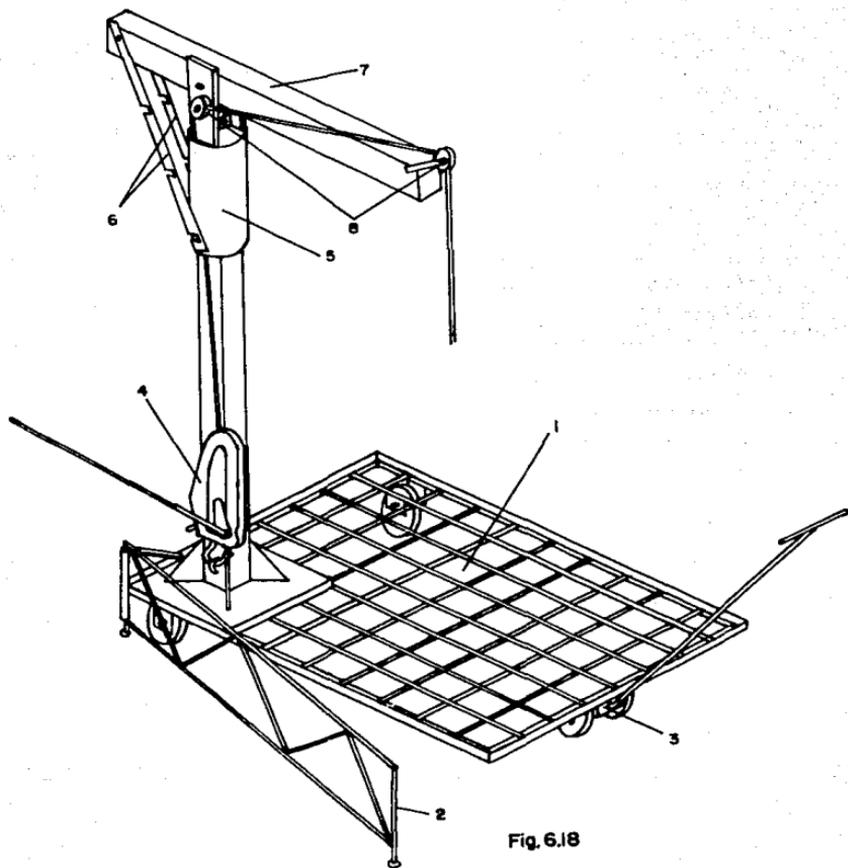


Fig. 6.18

CAPITULO 7

ESTIMACION DE COSTOS

7.1 INTRODUCCION.

Los valores que a continuación presentaremos están basados en la construcción de un prototipo de la Mini-Plataforma Grúa.

El prototipo necesitaría material para su construcción y mano de obra calificada para fabricación y ensamble del mismo.

Para no aumentar el precio del prototipo con gastos de comercialización innecesarios (intermediarios), se planeó calcular el costo del prototipo vendiéndolo directamente al usuario.

Los valores de materiales y mano de obra aquí presentados, están actualizados a febrero de 1989 y fueron obtenidos de distribuidores y talleres especializados.

7.2 ESTIMACION DE COSTOS DE LA MINI-PLATAFORMA GRUA.

A continuación se hará una lista con los valores obtenidos de los costos de materiales y mano de obra especializada, necesarios para la construcción de un prototipo de la Mini-Plataforma Grúa.

Materiales:

Barra de ángulo de 2 x 2 x 1/4" * * * * *	\$ 9 900
Barra de ángulo de 1 x 1 x 1/4" * * * * *	3 150
Varilla corrugada de 3/4" * * * * *	80 919
PTR * * * * *	29 160
Tubo para la bota * * * * *	18 883
Accesorios de la bota (soporte, guía, etc.) * * * *	8 996
Barra para ejes y pasadores * * * * *	1 800
Montura de las llantas * * * * *	11 830
Orejás * * * * *	6 390
Electrodos para soldar * * * * *	2 677
Rodamiento (balero) * * * * *	18 679
Llantas (4) * * * * *	82 656

Tirfor y cable para elevar la carga	*****\$	505 000
Poleas (2)	*****\$	12 600
Tornillos y chavetas	*****\$	4 320
Pintura	*****\$	4 725
Extras (estopa, grasas, etc.)	*****\$	5 940
Base de la columna	*****\$	20 386
Placas triangulares de la columna	*****\$	7 571
Tubo para tirar del mecanismo direccional	****\$	10 033
Solera de 2" x 1/2"	*****\$	1 728
Lamina de 1/2" para placas circulares	****\$	14 765
Trinquete	*****\$	6 377
Bases para el rodamiento	*****\$	2 726
Eje para el rodamiento	*****\$	1 350
Bujes de 5/8"	*****\$	2 973

Costo de los materiales	*****\$	876 000
15 % de I V A	*****\$	131 400

Total de costo de los materiales *****\$ 1 007 400

Mano de obra:

Corte de material	*****\$	18 000
Maquinado de los accesorios del rodamiento	****\$	23 000
Ensamble	*****\$	40 000
Soldadura	*****\$	35 000
Maquinado de pernos	*****\$	12 000

Pintura * * * * *	\$	10 000
Extras (doblado, revisión, etc.) * * * * *	\$	15 000

Costo de fabricación * * * * *	\$	153 000
15 % de I V A * * * * *	\$	22 950

Total del costo de fabricación * * * * *	\$	175 950
--	----	---------

Costo total de la Mini-Plataforma Grúa * * * * * \$ 1 183 350

Para poder comercializar la Mini-Plataforma Grúa, aplicaremos un porcentaje de utilidad de 30 %, que en el medio comercial es considerado justo.

De acuerdo a la teoría de costos:

Precio de venta - Utilidad = Costo
 en donde :

Utilidad = Precio de venta x Porcentaje de utilidad

si,

F = % de utilidad

V = Precio de venta

C = Costo

tenemos:

$$V - (V \times F) = C$$

factorizando

$$V (1 - F) = C$$

en donde

$$V = \frac{C}{1 - F}$$

sabemos que,

$$F = 30 \% = 0.3 \text{ y,}$$

$$C = 1\ 183\ 350$$

sustituyendo valores,

$$V = \frac{1\ 183\ 350}{1 - 0.3} = \frac{1\ 183\ 350}{0.7}$$

$$V = 1\ 690\ 500$$

Entonces nuestro precio de venta de la Mini-Plataforma Grúa será de \$ 1 690 500, entonces:

Precio de venta * * * * * \$ 1 690 500

15 % de I V A * * * * * \$ 253 575

Precio al público * * * * * \$ 1 944 075

En el mercado existe una grúa de características similares, pero no tiene plataforma, ni giro de la pluma en el plano horizontal. Su precio es de \$ 2 400 000 . Si comparamos los precios de ambos aparatos, obtenemos una importante diferencia de \$ 455 925, y si además consideramos la ventaja de la plataforma y el giro de la pluma, obtenemos un producto que puede competir ventajosamente en el mercado, tanto en el precio como en las cualidades de trabajo, aunado a que es de construcción nacional.

CAPITULO 8

CONDICIONES DE OPERACION Y CARACTERISTICAS
DE LA MINI-PLATAFORMA GRUA

8.1 CARACTERISTICAS DE LA MINI-PLATAFORMA GRUA.

Las características principales de la Mini-Plataforma Grúa son las siguientes:

- 1.- Plataforma para cargar 1 tonelada.
- 2.- Area útil de carga de 1.07 m².
- 3.- Ruedas de hule con rin de aluminio.
- 4.- Mecanismo direccional desmontable
- 5.- Anclaje confiable mediante dos apoyos secundarios, al momento de desmontar el mecanismo direccional.
- 6.- Mecanismo para elevación de la carga con capacidad de 1.3 ton.
- 7.- Cable de acero y gancho para elevación de la carga.
- 8.- Un mecanismo de rodamiento para mover la pluma en el plano horizontal.
- 9.- Mecanismo de trinquete para mover la pluma en plano vertical.
- 10.-Aleta estabilizadora, para evitar el volteo.
- 11.-Peso aproximado del conjunto 161 Kg.

Acabamos de enumerar las características principales de la Mini-Plataforma Grúa, pero las más importantes son: la versatilidad del diseño y su mantenimiento, que es mínimo.

La versatilidad del diseño empieza con la plataforma, la cual está formada por un entramado de varilla. Si se requiere de una superficie lisa, se puede cubrir fácilmente con madera o plástico, por ejemplo.

A la pluma se le puede adaptar una extensión, en caso de que así se requiera, para tener más distancia en el brazo de la grúa. Esto se puede lograr fácilmente con un PTR mas ancho, que embone en la pluma original.

Si consideramos ésta adaptación veremos que al aumentarse la longitud, la capacidad de carga disminuira en la forma siguiente:

A una extension de 80 cm. se le efectuan 4 barrenos de izquierda a derecha el primero a 5 cm. que servirá como unión entre la pluma y extensión.

El segundo barreno a 32 cm., dando una longitud total a la pluma de 166 cm. para una carga de 430.10 Kg.. El barreno numero tres se hará a 54 cm. y podrá levantar 487.8 Kg. dandonos una longitud total de 144 cm..

El ultimo barreno localizado a 76 cm. nos proporciona un alcance de 122 cm. soportando finalmente 563.4 Kg., colocandose la guía de la polea a la distancia de 78 cm. de la extensión.

En lo que respecta al mantenimiento, se diseño de modo que pueda desarmarse fácilmente, en caso de necesitarse. Los ejes y pasadores se estandarizaron, para que al momento de armarse o desarmarse, se use una sola herramienta para todos. La única lubricación que necesita es en las llantas, ya que el rodamiento está prelubricado; además, en caso de revisión del mismo, o cambio, la bota es fácilmente desmontable.

La grúa tiene la opción de ser usada con llantas de hule o de acero, las primeras se recomiendan si la distancia a recorrer es una superficie lisa o rugosa, pavimentada o firme simplemente, permitiendo ser empleadas para una mayor rapidez y recorrer longitudes más extensas que las llantas de acero.

Las llantas de acero tienen la desventaja de ser más lentas, ruidosas y se emplean en superficies muy planas, teniendose como ventajas que pueden trabajar sobre superficies que contengan químicos, corrosivos, aceites, acidos, diesel, etc.. Condiciones que deterioran rapidamente a las de hule, las de acero tienen una vida útil mayor, pero esto queda en función del costo.

Una llanta de hule tipo RTP de rin de aluminio, soporta una carga de 300 Kg., y el costo es de aprox. de \$ 21 000.00, mientras que una rueda de acero de las mismas dimensiones soporta 700 Kg. y su costo es de \$ 82 000.00.

El dispositivo podrá manejar cargas con dimensiones no mayores a las del área útil de la plataforma y de un peso no mayor al que el mecanismo de carga resiste.

El uso de éste dispositivo ha sido calculado para dar un servicio normal y para ser sometido bajo condiciones extremas, pudiendo mantenerse el dispositivo cargado permanentemente.

El fácil manejo de éste dispositivo hará que el usuario se adapte al mismo rapidamente, al ver las considerables ventajas ofrecidas por este, sin requerir de una capacitación para su manejo.

3.2 CONDICIONES DE OPERACION DE LA MINI-PLATAFORMA GRUA.

1.-El mecanismo direccional es desmontable. Para anclar la Mini-Plataforma Grúa, basta con mover hacia arriba el mecanismo para que se suelte, quedando apoyada la Mini-Plataforma Grúa en sus apoyos auxiliares. Al volver a su lugar el mecanismo direccional, el aparato queda libre de anclaje y puede moverse donde se desee.

2.-La capacidad de carga de la plataforma es de 1 tonelada. Se recomienda no rebasar ese límite.

3.-El mecanismo elevador de la carga tiene una capacidad de elevación de 1.3 toneladas. Tampoco se debe rebasar ese límite.

4.-Para poder elevar carga con la Mini-Plataforma Grúa, debe abrirse la aleta estabilizadora de modo que la carga quede entre la plataforma y la aleta. Esto es importante para evitar que el conjunto se voltee al momento de elevar la carga.

5.-El mecanismo elevador de carga tiene una extensión que debe ponerse en la palanca del mismo, para facilitar la maniobra. Una vez terminada la maniobra, debe retirarse, de la palanca, la extensión.

6.-Antes de elevar la carga, debe seleccionarse el ángulo que se desea tenga la pluma y asegurar bien el trinquete. Los ángulos disponibles son: 0°, 45° y 60°.

7.-El cable del mecanismo elevador de la carga tiene una longitud de 10 mts.

CONCLUSIONES

Para el tipo de maniobra que nos motivó a elegir un dispositivo de carga y transporte, se encontró con la mejor alternativa, una grúa montada sobre una plataforma móvil. Esta selección se justifica por el hecho de que este dispositivo permite el manejo de la carga que se encuentra en las centrales de depósito de mercancías; con transportación dentro de las mismas; además no requiere integrarse a la infraestructura de dichas centrales.

Desde el punto de vista funcional, el dispositivo cumple con sus objetivos tanto de carga, ya que cumple con el requisito de carga de 1 tonelada, como de alojamiento y transporte de la misma.

El requerimiento de capacidad de carga queda cubierta con una grúa, cuya pluma se diseñó para admitir hasta 1 tonelada, con un factor de seguridad de 2. El alojamiento de la carga se realiza en la plataforma, cuya capacidad es de 1,000 Kg. con un factor de seguridad de 2. El transporte queda habilitado por medio de las ruedas y el mecanismo direccional con los cuales está equipado el dispositivo.

Sin embargo nuestro diseño puede ser adaptado para admitir 2 toneladas de carga; esto se consigue mediante el cambio de la pluma original por un PTR de 3 x 4 x 1/4 pulg. y un mecanismo elevador de 2 toneladas. Tomándose en cuenta que tanto la plataforma, como columna, pernos y mecanismo direccional, cubren dichos requerimientos.

Estas modificaciones provocan un incremento aproximado de \$ 300 000.00. Teniéndose aun la versatilidad de insertar una extensión lográndose un mayor alcance de la pluma.

La extensión habrá de ser de un PTR de dimensiones menores que puedan embonar interiormente en el original. La extensión de 80 cm. deberá de contar con 4 barrenos de 3/4 de pulg. calculados para lo siguiente: El primer barreno se hace a 5 cm. que servirá de unión final entre la pluma y la extensión, el segundo barreno es colocado a 32 cm dando una distancia total de la pluma de 166 cm. para levantar una carga de 820.20 Kg.. El tercer barreno se posiciona a 54 cm. totalizando 144 cm. para cargar 975.6 Kg., el último barreno a 76 cm. nos permite cargar 1,126.7 Kg. dándonos una longitud de la pluma de 122 cm.. Colocándose la guía de la polea a la distancia de 78 cm. de la extensión.

El dispositivo cumple con la función de mejorar las condiciones de trabajo del cargador; ya que le permite manejar

cargas más pesadas que las que él mismo puede cargar, sin detrimento de su salud ni de su seguridad personal. Así mismo, aumenta su ingreso al manejar un mayor volumen de carga por jornada, la cual comúnmente se paga a destajo. Finalmente, el costo de producción del dispositivo permite un precio accesible al usuario.

Por otra parte, se encuentran las siguientes ventajas que proporciona la Mini-Plataforma Grúa:

La disposición de la grúa en la plataforma permite optimizar el área de carga;

El mecanismo de giro le dá a la pluma un radio de giro de 0.8m y 360° en el plano horizontal, permitiendo el levantamiento de la carga en cualquier posición de la plataforma;

La selección entre tres posiciones de la pluma, con respecto a la horizontal, dan a la grúa maniobrabilidad en espacios reducidos;

El mecanismo direccional permite una facilidad de dirección durante el transporte, además de permitir un anclaje efectivo, al retirarlo de la plataforma.

En cuanto al servicio y mantenimiento, éstos quedan facilitados por el diseño del dispositivo, que permite retirar fácilmente sus componentes. El mantenimiento es mínimo, debido a la sencillez de su mecanismo.

La operación del dispositivo es relativamente sencilla, ya que ninguno de sus mecanismos es complicado.

Desde el punto de vista económico, el dispositivo resulta competitivo, respecto a mecanismos similares.

BIBLIOGRAFIA

Diseño de Elementos de Máquinas

Virgil M. Faires.

Montaner y Simón S. A. Editores. 1977.

Diseño de Estructuras de Acero

Bresler, Lin & Scalzi

Editorial Limusa. 1980.

Diseño en Ingeniería Mecánica

Joseph E. Shigley and Larry D. Mitchell

Editorial Mc. Graw Hill. 1985.

Design of Machine Elements

M. F. Spotts

Prentice - Hall Inc. 1978.

Enciclopedia Salvat Diccionario

Tomo 1 y 9

Editorial Salvat Editores. 1977.

Introducción a la Metalurgia Física

Sydney H. Avner

Editorial Mc. Graw Hill. 1985.

Manual del Ingeniero Mecánico

Marks

Editorial Mc. Graw Hill. 1982.

Manual de Maquinas y Herramientas

Richard. R. Kibbe and John E. Neely

Volumen 1

Editorial Limusa. 1985.

Machine Design

Black and Adams

Editorial Mc. Graw Hill-Kogakusha

Materiales y Procesos de Fabricación

E. Paul DeGarmo

Editorial Reverté S. A. 1975.

Materiales para Ingeniería

Van Vlack

Editorial Addison Wesley.

Mecánica de Materiales

F. R. Shanley

Editorial Mc. Graw Hill. 1982

Procesos de Manufactura I y Procesos Industriales Mecánicos

Ing. Raúl Espinosa Islas

Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. 1984

Química

Gregory R. Choppin

Editorial C.E.C.S.A. 1981

Resistencia de Materiales

John N. Cernica

Editorial C.F.C.S.A.

Resistencia de Materiales

S. Timoshenko

Editorial Espasa-Calpe S. A. 1970.

Simplified Design Reinforced Concrete

Harry Parker

John Wiley & Sons. 1979.