



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERIA

“CONDICIONES DE SEGURIDAD DURANTE LOS PROCESOS  
DE IZAJE CON GRUA MOVIL”

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:  
**NAYELI DIAZ MORALES**

DIRECTOR DE TESIS: M.I. HECTOR SANGINÉS GARCÍA



MÉXICO, D.F.

2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.



## AGRADECIMIENTOS

---

Agradezco:

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, por la formación que recibí durante mi estancia en esta institución, por la libertad de expresar mis ideas y por la oportunidad de formarme un criterio propio.

A mi director de tesis el Ing. Héctor Sanginés, por todo el apoyo e impulso que me dio, por el tiempo que me dedicó para aclarar mis dudas, para orientarme, apoyarme y hacerme ver que no era tan difícil elaborar este trabajo, sin duda es usted uno de los mejores recuerdos que me deja la Facultad de Ingeniería.

A los ingenieros:

Héctor Legorreta, porque fue alguien que siempre estuvo dispuesto a ayudarme, agradezco la calidad humana que lo hace ser para mí uno de los profesores que recordaré con más cariño.

Margarita Puebla, por esa linda sonrisa que siempre me transmitió ánimo y por el cúmulo de conocimientos transmitidos en clase, que sin duda me serán de utilidad a lo largo de mi desempeño profesional.

Agustín Deméneghi, por vernos más que como alumnos, como compañeros, gracias por esa sencillez.

A mis sinodales, los ingenieros Arturo Nava, Luis Candelas, Héctor Sanginés, Margarita Puebla y Agustín Deméneghi, por recibir con agrado mi tesis para su revisión y por acceder con gusto en ser mis sinodales.

A Dios, por todas las bendiciones con las que ha llenado mi vida; sin duda han sido muchas, pero las que siempre estarán en mi corazón como lo más preciado y lo mejor que tengo, son los maravillosos padres y hermao que me dio Erasto, Rocío y Adrián y la fortuna de darme en Armando una gran persona con quien compartir mi vida. A ellos cinco dedico este logro tan importante para mí.

A Erasto y Rocío, por ser unos padres excepcionales, gracias por todo el amor que me han dado, en ustedes encuentro la fuerza para vencer cualquier obstáculo, porque cuando me siento abatida siempre están ustedes para alentarme a seguir adelante, para recordarme que los grandes logros implican un gran esfuerzo, pero que soy capaz de conseguir lo que me proponga y cómo no si los tengo a ustedes. Papito, en ti encuentro el más claro ejemplo de lucha y tenacidad, en ti logro ver que las cosas no son fáciles y que muchas veces hay que empezar desde abajo pero viendo hacia arriba y sabiendo que siempre que uno se esfuerce las cosas se dan de manera positiva tarde o temprano, la clave está en no desistir. Gracias papito por abrirme camino en el negocio de las grúas. Mamí, de ti he aprendido a buscar una superación constante, eres lo que quiero llegar a ser: una madre amorosa, una excelente esposa, una profesionista comprometida, en suma, una gran mujer; es un reto difícil, pero tú y mi papá me dieron los elementos para poder realizarme personal y profesionalmente. A los dos, gracias por lo que con tanto amor han hecho de mí. Los adoro.

A Adrián, a ti que a pesar de ser mi hermano menor me has dado grandes lecciones, porque te ví convertírte de un niñoito inquieto y juguetón a un hombre recto, responsable y comprometido. Gracias hermano, por ser más que eso, por ser mi confidente y por ser quien me ubica y me hace poner los pies en la tierra. Te quiero con todo mi corazón.

A Armando, por tu amor que es mi motivo de superación, es lo que me hace esforzarme por ser cada día mejor con el fin de nutrir nuestro cariño y de que te sientas orgulloso de compartir tu vida conmigo. Te amo.

A Hortensia y Armando, por su orientación y consejos, brindados en el momento en que necesitaba aclarar mis ideas para definir el tema de esta tesis. Muchas gracias por su apoyo.

A mis amigos Mari Fer, Karla, Silvia, Germán y Sergio, por su amistad que es para mí un tesoro invaluable, por tantos ratos buenos y malos en los que han estado para acompañarme y hacerme sentir afortunada por tenerlos conmigo.

A Grúas y Transportes Avante, por todas las facilidades brindadas para la elaboración de esta tesis, por todas las concesiones y permisos otorgados.

A Jesús Canales por el apoyo y consejos, por darme la oportunidad de iniciar en el negocio de las grúas torre.



## INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	
CAPITULO I GENERALIDADES	1
1.1.- Clasificación de grúas	1
1.2.- Seguridad operativa	5
1.3.- Sistemas de seguridad	10
CAPITULO II LINGADO DE CARGA	13
2.1.- Elementos de sujeción y amarre	13
2.2.- Lingado de carga	27
CAPITULO III CONDICIONES DE ESTABILIDAD	40
3.1.- Anclaje de la grúa móvil	40
3.2.- Capacidad de carga del suelo	42
3.3.- Maniobras cercanas a excavaciones y muros de retención, recomendaciones	50
3.4.- Estabilidad estructural contra volteo	52
CAPITULO IV CASO PRÁCTICO: UTILIZACIÓN DE GRÚA MOVIL EN CAMPO, DESMONTAJE DE GRÚA TORRE CON GRÚA MÓVIL	54
4.1.- Estudio de mecánica de suelos	54
4.2.- Características del equipo a desmontar, grúa torre modelo GT-108	60
4.3.- Desmontaje de la grúa torre GT-108	62
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFIA	87



## INTRODUCCION

---

Esta tesis engloba información sobre la prevención de accidentes durante los procesos de izaje por medio de grúas móviles, empleadas en la industria de la construcción. Cada uno de los capítulos contiene datos útiles que tienen el propósito de disminuir los riesgos que pueden afectar la integridad del personal involucrado, o de la carga a elevar, así como del mismo equipo de izaje.

El primer capítulo nos introduce al tema, describiendo los diferentes tipos de grúas que pueden ser empleados en obras de construcción, su clasificación, principales componentes y de una forma general se establecen las principales medidas de seguridad que se deben considerar para evitar accidentes y garantizar una práctica segura durante los procesos de izaje.

El segundo capítulo detalla las características de los distintos elementos de sujeción y amarre que pueden ser empleados durante los procesos de izaje; así como, el uso adecuado de los mismos y el mantenimiento que se les debe dar, para evitar un desgaste que ocasione retirar los elementos antes de tiempo. En la segunda parte de este capítulo se trata un tema de gran importancia porque en él se exponen las medidas de prevención de accidentes por caída o deslizamiento de la carga.

Posteriormente, en el tercer capítulo se plantean las condiciones de estabilidad asociadas con el anclaje de una grúa móvil y con las reacciones que el suelo puede presentar como consecuencia del peso del equipo y la carga a izar. Dentro de este mismo apartado, se incluyen algunos conceptos físicos relacionados con la estabilidad estructural de una grúa móvil, tales como el de momento resistente y momento de volteo para el caso de una grúa hidráulica; de igual forma se establecen las condiciones de deformación y capacidad de carga del suelo.

---

---

Por último en el cuarto capítulo, se expone un caso real de un desmontaje de una grúa torre utilizando como equipo auxiliar una grúa móvil, en esta sección se van mencionando los principales conceptos analizados durante los capítulos anteriores, con la finalidad de mostrar su aplicación en campo.



### **1.1.- Clasificación de grúas**

Las necesidades de una obra son diversas, una de ellas es la manipulación de materiales y productos en proceso o terminados que requieren ser movidos mediante elementos de izaje. La operación de estas máquinas complejas es de gran importancia, pues contribuye a hacer más eficiente el ciclo productivo y cumplir con los plazos de avance de obra y entrega final de la misma; por tal razón la presencia de las grúas en las obras, con potencial de manipulación de cargas es cada vez más importante y fundamental.

Una grúa es una máquina con una pluma, diseñada principalmente para elevar y desplazar cargas pesadas. Hay dos tipos básicos de grúas: móviles y fijas. Las grúas móviles pueden ir montadas sobre vehículos de motor que permiten su desplazamiento. Las grúas fijas son del tipo torre.

La capacidad de una grúa está en función de su tipo y tamaño, oscilando desde unos pocos kilogramos a cientos de toneladas, dicha capacidad varía en función de la posición de la carga; cuando la carga se encuentra más próxima al mástil de la grúa (centro de rotación) la capacidad es mayor y disminuye cuando la carga se encuentra más alejada.

Entre las grúas fijas más usadas en la obra se tienen a las grúas torre. La grúa torre es una máquina empleada para la elevación de cargas, por medio de un gancho suspendido de un cable a través de un brazo horizontal giratorio que acepta rotación de 360°, en un radio de varios metros, a todos los niveles y en todas direcciones. Está constituida esencialmente por una torre metálica llamada mástil, una flecha y contra flecha, lastres, contrapeso y los motores de orientación, elevación y distribución o traslación de carga, disponiendo además

de un motor de traslación de la grúa cuando se encuentra dispuesta sobre rieles. Fig. 1.1

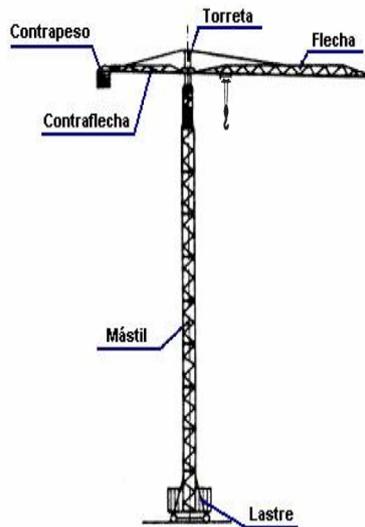


Fig. 1.1 Principales componentes de una grúa torre

El uso más frecuente de este tipo de equipo es para la construcción de edificios de gran altura, ya que las grúas torre cuentan con una característica importante, la facilidad para elevarse a niveles superiores conforme avanza la obra.

Se denomina grúa móvil a aquel equipo empleado para la elevación y distribución de cargas dentro del sitio de trabajo, con la característica de contar con un vehículo portante que posibilite su desplazamiento por vías públicas y/o terrenos, ya sea sobre ruedas o sobre orugas, dotado de sistemas de propulsión y dirección propios sobre cuyo chasis se acopla un aparato de elevación tipo pluma de celosía o bien telescópica.

A continuación se presentan tres criterios de clasificación para este tipo de grúas móviles, Fig. 1.2.

1.- Según la base sobre la que va montada:

a) Montada sobre ruedas: es aquella cuya base está equipada de ruedas para su desplazamiento en cualquier terreno (all terrain) o terreno rugoso (rough terrain).

b) Montada sobre orugas: su base está equipada de cadenas para su desplazamiento.

2.- Según su estructura:

a) De estructura giratoria: aquella cuya estructura superior completa, incluida pluma y equipo de mando, gira sobre su base.

b) De pluma giratoria: aquella cuya estructura superior, incluida la pluma, sin equipo de mando gira sobre su base.

c) De pluma fija: aquella cuya estructura superior, incluida la pluma, es fija respecto a su base.

d) Grúa articulada: aquella cuya estructura superior, incluida la pluma, es fija respecto a una base articulada.

3.- Según los tipos de plumas:

a) Pluma de longitud fija: pluma de longitud de funcionamiento fija que puede variarse con la incorporación o eliminación de elementos, pero no puede modificarse durante el ciclo de trabajo.

b) Pluma de celosía: pluma de longitud fija de estructura de tipo de celosía.

c) Pluma telescópica: formada por varias secciones que permiten variar su longitud mediante un funcionamiento hidráulico.

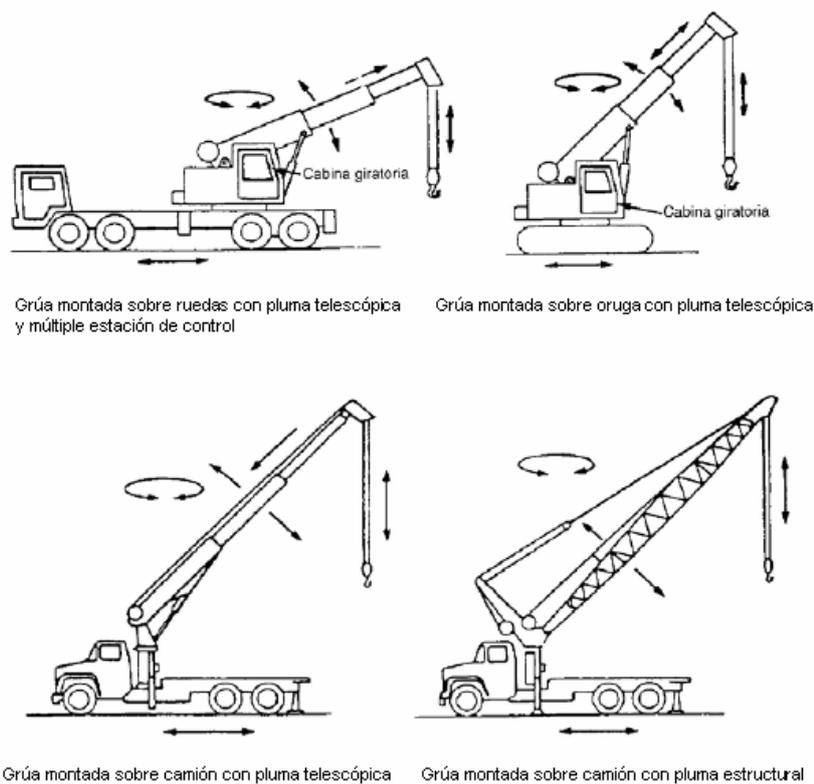
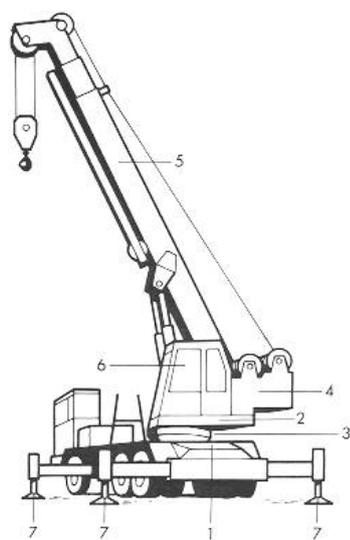


Fig. 1.2 Ejemplos de algunas configuraciones de grúa móvil

Una grúa móvil montada sobre camión con pluma telescópica está constituida por los siguientes componentes o grupo de elementos. Fig. 1.3



- 1.- Chasis portante
- 2.- Plataforma base
- 3.- Corona de orientación
- 4.- Equipo de elevación
- 5.- Flecha telescópica
- 6.- Cabina de mando
- 7.- Estabilizadores

Fig. 1.3 Elementos de grúa móvil sobre camión con pluma telescópica.

### Chasis portante

Estructura metálica sobre la que, además de los sistemas de propulsión y dirección, se fijan los restantes componentes.

### Superestructura

Constituida por una plataforma base sobre la corona de orientación que la une al chasis y permite el giro de 360°, la cual soporta la flecha o pluma que puede ser de celosía o telescópica, equipo de elevación, cabina de mando, y en algunos casos, contrapesos desplazables.

### Elementos de apoyo

A través de los que se transmiten los esfuerzos al terreno, orugas, ruedas, estabilizadores que son apoyos auxiliares de los que disponen las grúas móviles sobre ruedas y están constituidos por gatos hidráulicos montados en brazos extensibles, sobre los que se hace descansar totalmente a la máquina y mejoran el reparto de carga sobre el terreno.

## **1.2.- Seguridad operativa**

La operación segura de los equipos de izaje es de gran importancia pues contribuye a hacer más productiva cualquier obra; la operación segura ayuda a resguardar la vida del personal, los bienes involucrados como pueden ser la carga y el propio equipo.

Para evitar los accidentes con grúas, es imprescindible la adecuada capacitación y calificación de los operadores, ayudantes y personas involucradas en las maniobras y montajes, es también de vital importancia generar en ellos la conciencia preventiva mediante las inspecciones periódicas y el mantenimiento del equipo para lograr que funcione en forma eficiente y segura.

Los equipos de izaje deben ser mantenidos en correctas condiciones de trabajo y para ello es importante la realización de inspecciones obligatorias regulares, llevadas a cabo por personas capacitadas quienes deberán llevar un registro

de las condiciones en las que se encuentra la grúa, de este modo las posibles desviaciones en las condiciones de seguridad de los componentes del equipo se detectan en forma temprana y pueden corregirse a tiempo.

La operación segura de una grúa es responsabilidad de todas las partes involucradas, fabricante, dueño, operador y ayudantes. Los fabricantes son responsables de que el diseño y la fabricación garanticen un equipo estable y con una estructura sólida. De ellos depende también que las capacidades de las grúas estén perfectamente registradas, con la finalidad de evitar accidentes causados por exceso de carga e inestabilidad. Instrumentos tales como limitadores de carga, indicadores del ángulo y longitud de la pluma ayudan a los operadores en el manejo seguro de una grúa. Además, los fabricantes de grúas deberán proporcionar una tarjeta que especifique las configuraciones de carga, así como los límites de capacidad.

Los propietarios de las grúas son los responsables de mantener las máquinas en buenas condiciones asegurándose de que se efectúen inspecciones regulares y un mantenimiento adecuado. El propietario puede ser también el responsable de asignar la máquina más adecuada para la ejecución de cada trabajo, una grúa asignada a un proyecto deberá poder transportar la carga más pesada para la cual fue destinada. La grúa deberá ser inspeccionada por una persona competente antes de ser asignada a un proyecto y, una vez en él la revisión deberá ser diaria y periódica atendiendo a las recomendaciones del fabricante, llevando un registro del mantenimiento.

El operador deberá ser una persona calificada y capacitada, es responsabilidad de él la sana ejecución de cualquier trabajo, así como, mantener el equipo en buenas condiciones de uso. Para evitar una carga excesiva, el operador deberá conocer de antemano el peso a levantar y trabajar conforme a las prácticas seguras de manejo de grúas, que a continuación se mencionan.

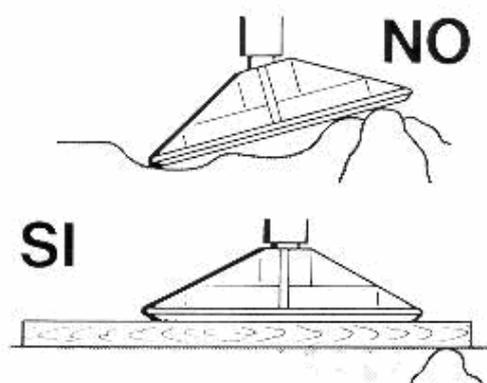
Asegurarse de que el terreno, el acceso y los alrededores de la zona de trabajo, soportarán el peso de la grúa con la carga en suspensión.

La grúa deberá estar nivelada y manejarse de acuerdo a lo especificado en la tabla de capacidades dada por el fabricante.

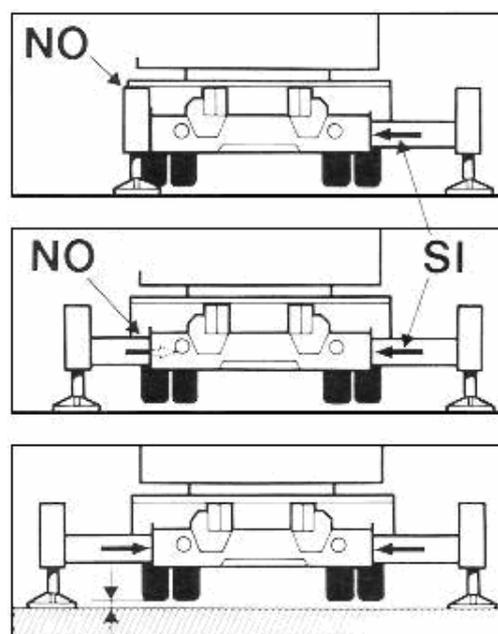
Los estabilizadores deberán estar totalmente extendidos. Fig. 1.4

Todas las cargas deberán estar totalmente aseguradas antes de ser izadas por medio de los elementos de sujeción adecuados, para evitar la caída o deslizamiento de las mismas.

El movimiento con carga debe ser lento; la pluma nunca debe ser prolongada o acortada de tal modo que pueda comprometer la estabilidad de la grúa.



a)



b)

Fig. 1.4 Posicionamiento correcto

Cuando el operador no pueda ver claramente la carga y/o el sitio donde será colocada, se deberá valer de un ayudante, ambos deben estar instruidos para entender bien las señales de mano por medio de las cuales se dará la comunicación entre ellos o bien a través de radios de comunicación, con la finalidad de dar y recibir las instrucciones que aseguren un buen manejo de la carga. Fig. 1.5

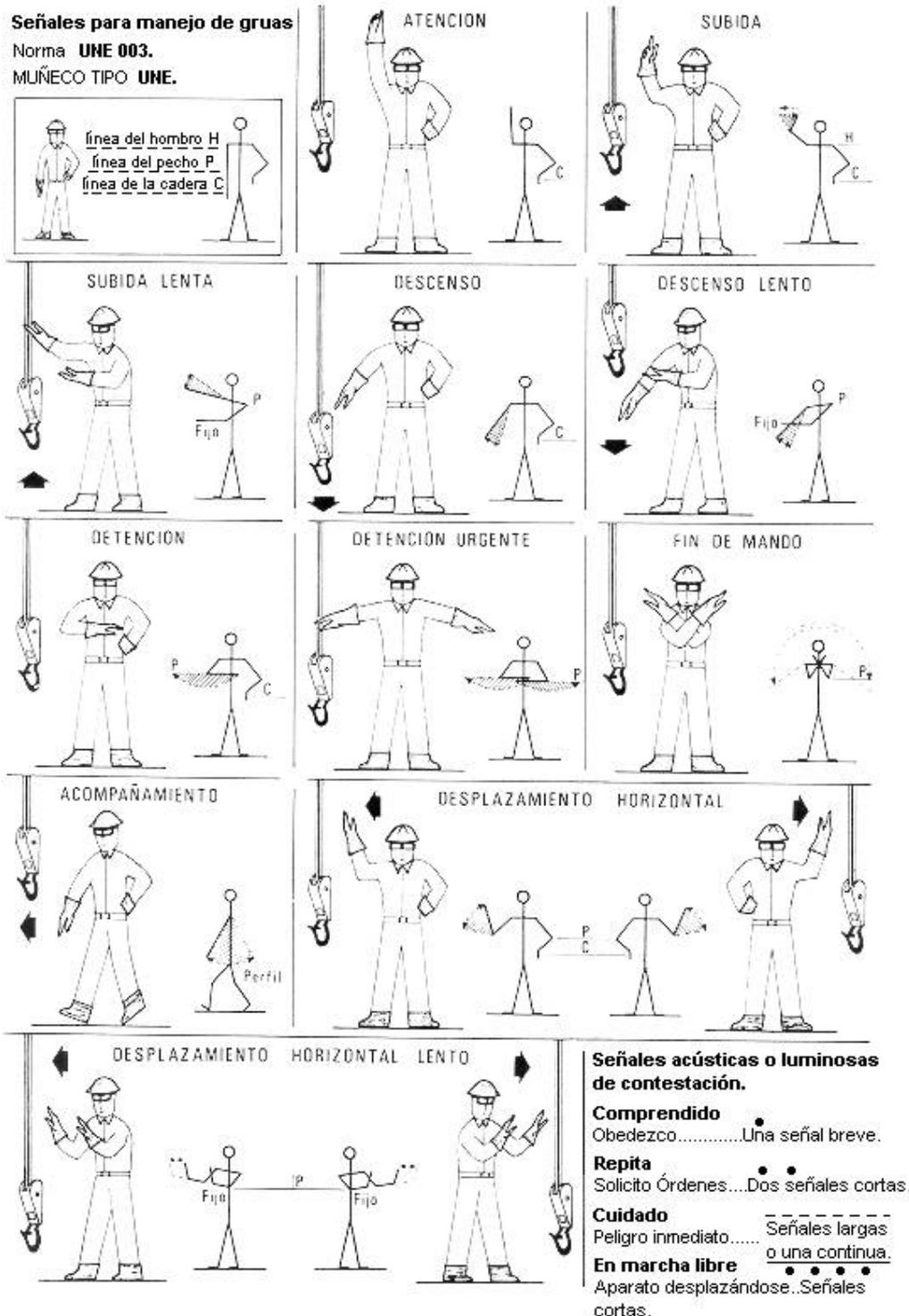


Fig. 1.5 Señales para manejo de grúas

Las medidas de seguridad deberán extremarse cuando se trabaje en los límites de proximidad de líneas eléctricas, todas las personas que se verán involucradas en una maniobra de este tipo, deberán mantenerse alerta contra los posibles peligros que pudieran sufrir durante la ejecución del trabajo.

Antes de comenzar a trabajar cerca de líneas eléctricas, se debe notificar al propietario sobre la presencia de dichas líneas y solicitar que sean desenergizadas y conectadas a tierra en caso de que sea posible o en su defecto proporcionar barreras aislantes. La zona de trabajo de la grúa será acordonada para disminuir los posibles riesgos durante la operación de izado. No se realizarán los movimientos de carga cuando el viento haga que el operador pierda el control de la carga durante su elevación y que esto provoque el contacto con alguna de las líneas. Fig. 1.6

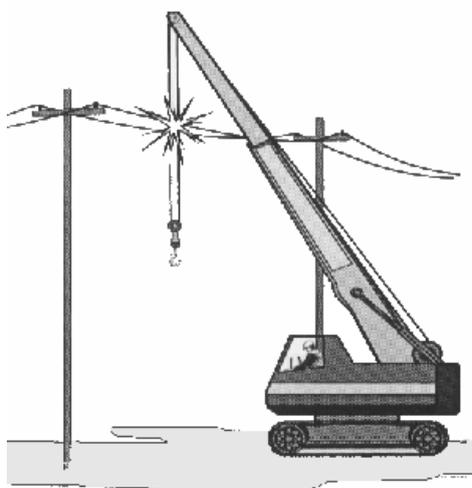


Fig. 1.6 Trabajo cerca de líneas eléctricas

Para proteger a los trabajadores contra la electrocución cuando operan o trabajan en los alrededores de grúas próximas a las líneas eléctricas, se hacen las siguientes recomendaciones de prácticas de seguridad en el trabajo:

- ◆ Antes de comenzar el trabajo, desenergice las líneas eléctricas y/o coloque barreras aislantes para evitar el contacto con la carga a izar, con la pluma de la grúa o con su aguilón.
  
- ◆ Conocer la ubicación y el voltaje de todas las líneas eléctricas de alto voltaje en el sitio de trabajo para definir las áreas más seguras para la operación de la grúa.

- ◆ Los operadores deben mantener las distancias de seguridad entre las líneas energizadas y sus equipos.
- ◆ Definir las rutas por las que puedan transitar las grúas evitando la proximidad con las líneas.
- ◆ Operar las grúas a velocidades menores que las normales en áreas donde existan líneas eléctricas, con precaución al desplazarse sobre terreno irregular que pueda ocasionar algún movimiento brusco a la grúa y con ello tocar las líneas eléctricas.
- ◆ Nadie debe tocar una grúa ni su carga hasta que el operador diga que es seguro hacerlo.

La distancia permitida para voltajes normales en trabajos próximos a tendidos eléctricos de alta tensión, son los que muestra la tabla 1.1

<b>VOLTAJE NORMAL ENTRE FASES</b> ( kv )	<b>DISTANCIA MINIMA PERMITIDA</b> ( m )
Hasta 50	3.1
De 50 a 200	4.6
De 200 a 350	6.1
De 350 a 500	7.6
De 500 a 750	10.1
De 750 a 1000	13.7

Tabla 1.1 Distancias permitidas hacia líneas eléctricas de alta tensión

### 1.3.- Sistemas de seguridad

Son dispositivos con los que cuentan los equipos y sirven para anular un riesgo o bien dan protección sin condicionar el proceso operativo.

Entre los riesgos específicos originados en los trabajos con grúa móvil cabe destacar, por los graves daños que puedan ocasionar, el vuelco de la máquina, la precipitación de la carga y el contacto de la pluma con una línea eléctrica de alta tensión.

Como se ha expuesto con anterioridad cada uno de estos riesgos tiene su origen en una o varias causas, algunas de las cuales pueden ser eliminadas mediante los sistemas de seguridad que se describen a continuación, por impedir que llegue a producirse la situación de peligro.

#### Limitador del momento de carga

Dispositivo automático de seguridad para grúas telescópicas de todo tipo, que previene contra los riesgos de sobrecarga o de vuelco por sobrepasarse el máximo momento de carga admisible.

La finalidad de este dispositivo es impedir que se sobrepase la "curva de carga a seguir" indicada por el fabricante. Generalmente actúa emitiendo una señal de alarma, luminosa o sonora, cuando el momento de carga llega a ser el 75% del máximo admisible y bloqueando los circuitos hidráulicos al alcanzarse el 85% del valor de aquél.

#### Válvulas de seguridad

Sistema de válvulas que traban las secciones de la pluma telescópicas al dejar bloqueados los circuitos hidráulicos cuando se producen fugas en los conductos de alimentación.

#### Limitador de final de carrera del gancho

Dispositivo eléctrico que corta automáticamente el suministro de fuerza cuando el gancho se encuentra a la distancia mínima admisible del extremo de la pluma.

### Pestillo de seguridad

Dispositivo incorporado a los ganchos para evitar que los cables, estrobos o eslingas que soportan la carga puedan salirse de aquéllos. Existen diversos tipos entre los que cabe destacar los de resorte y los de contrapeso.

### Detector de tensión

Dispositivo electrónico que emite una señal en la cabina de mando cuando la pluma se aproxima a una línea de alta tensión, al ser detectado el campo eléctrico por las sondas fijadas en el extremo de la flecha.



## LINGADO DE CARGA

### 2.1.- Elementos de sujeción y amarre

La caída o deslizamiento de la carga al momento de ser izada, implica problemas de diferente índole, estos pueden ser de tipo económico como el daño total o parcial de la carga y/o de la misma grúa, de tipo humano en el caso de que alguien resulte lesionado, todo esto trae consigo como consecuencia directa que dentro de una obra en construcción el aumento en los costos de operación y un retraso en su ejecución, estas complicaciones pueden ser causa de haber sujetado mal la carga. Como parte fundamental durante los procesos de izaje está el lingado de la carga, este debe ser realizado de manera adecuada por medio de los elementos de amarre y sujeción apropiados, de tal forma que se garantice que tanto los cables como los accesorios tendrán la capacidad para soportar el peso de la carga a elevar y evitar con ello los problemas y complicaciones anteriormente mencionados.

#### *Cables de acero*

Los estobos son utilizados en la mayoría de los movimientos de carga, siendo elementos esenciales para la manipulación y sujeción de las piezas a elevar, es conveniente conocer sus características, así como tener en cuenta las condiciones básicas de su instalación, manipulación y conservación.

Los estobos son cables de acero acondicionados en sus extremos por diferentes terminales que favorecen la manipulación de la carga, la Figura 2.1 muestra las diferentes terminales que un estobo puede tener. El tipo de terminal tiene gran importancia para la seguridad de la maniobra, ya que la resistencia de los estobos queda determinada por la capacidad de carga del propio cable así como de los accesorios que éste lleve.

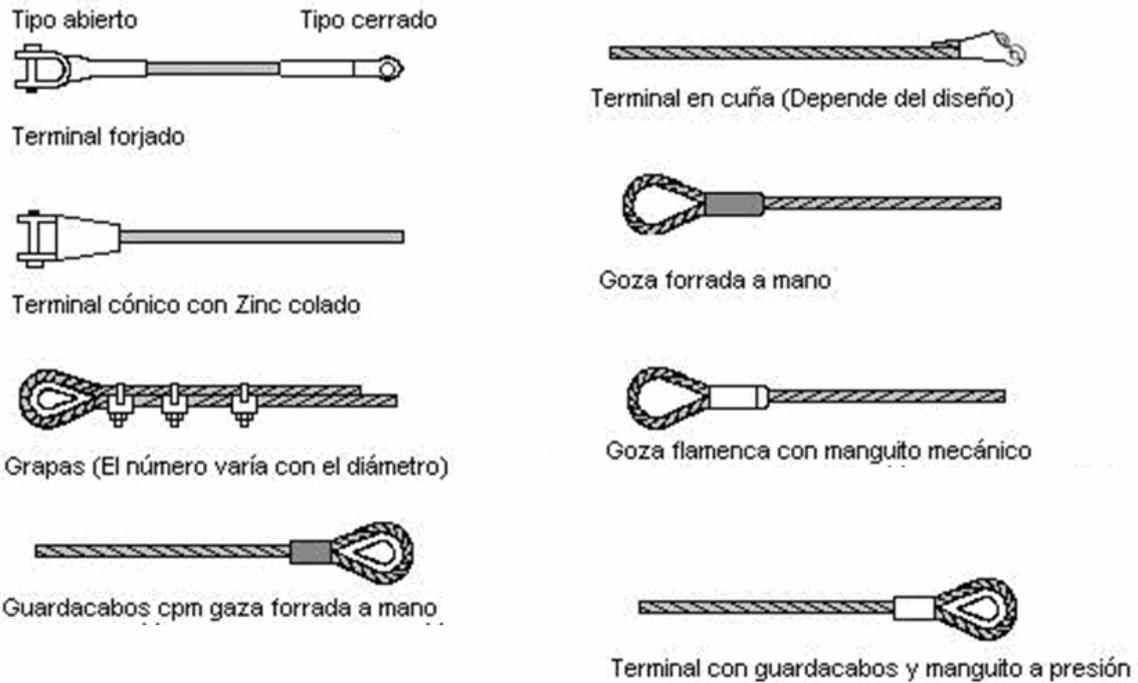


Fig. 2.1 Estrobo y sus diferentes terminales

Los cables metálicos son muy utilizados dentro de las actividades industriales, con ellos se fabrican los estrobo que son empleados durante las maniobras de elevación de carga, por ello es conveniente conocer las características de dichos elementos.

Un cable metálico, de manera general puede estar compuesto por diversos cordones metálicos, dispuestos alrededor de un alma, que puede ser textil, metálica o mixta. A su vez un cordón puede estar compuesto por diversos alambres metálicos.

El diámetro nominal de un cable queda determinado por el círculo máximo conformado por el total de los cables, para su medición es de gran ayuda el empleo del Vernier. Fig. 2.2

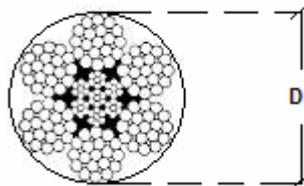


Fig. 2.2 Diámetro nominal

La sección útil de un cable es la suma de las secciones de cada uno de los alambres que lo componen, la sección útil no debe calcularse nunca a partir de su diámetro.

La resistencia de un cable está determinada por la calidad del acero utilizado en la fabricación de los distintos alambres, el número y sección de los mismos y el estado en que se encuentren, el coeficiente de trabajo de un cable queda determinado por la siguiente fórmula.

$$K = \frac{C_{re}}{Q} \quad (2.1)$$

donde:

$K$  = Coeficiente de seguridad

$C_{re}$  = Carga de rotura efectiva

$Q$  = Carga a soportar por el cable

La carga de rotura efectiva de un cable es el valor que se obtiene al hacerlo fallar sometiéndolo a una prueba de esfuerzo a tensión en una máquina de ensayo. Para los aparatos y equipo de elevación, el factor o coeficiente de seguridad no deberá ser menor a 6.

Cada largo de cable debe llevar una placa en la que el fabricante especifique los siguientes datos:

- ◆ Nombre y dirección del fabricante.
  
- ◆ Diámetro nominal del cable.
  
- ◆ Tipo de cable y la dirección del cableado (derecha o izquierda).
  
- ◆ Composición del cable, tipo y número de trenzas, número de alambres por trenza, naturaleza del alma y la composición de la misma si ésta fuera de acero.

- ◆ Carga de rotura efectiva del cable, indicando los datos referentes de la prueba.
- ◆ Indicación de su forma de mantenimiento o inspecciones especiales.

A continuación se describen algunos tipos de estrobos.

- Sin fin: son especialmente diseñados para elevar cargas extremadamente pesadas. Su construcción conformada por muchos alambres de poca sección les otorga mayor flexibilidad y maleabilidad. Fig. 2.3



Fig. 2.3 Estrobo sin fin

TABLA DE CAPACIDAD			
DIAMETRO		CAPACIDAD	
		VERTICAL	CANASTA
( mm )	( plg )	( t )	( t )
28	1 1/8	10	20
38	1 1/2	20	40
48	1 7/8	30	60
57	2 1/4	42	84
67	2 5/8	58	116
76	3	76	152
86	3 3/8	96	192
96	3 3/4	110	220
105	4 1/8	140	280
114	4 1/2	160	320

Tabla 2.1 Capacidad de carga de un cable sin fin

- Con ojales: estos estrobos se fabrican utilizando cables de acero, fig. 2.4 los ojales se confeccionan entrelazando el cable, y luego se coloca un casquillo fabricado con una aleación especial que posee características específicas de maleabilidad en frío, el cual se sella a presión con prensas

diseñadas exclusivamente para tal fin, lo cual permite al casquillo fluir entre los intersticios del cable, uniendo entre sí a cada uno de los alambres que lo forman, garantizando la resistencia del ojal a la rotura del cable de acero utilizado.



Fig. 2.4 Estrobo con ojales

TABLA DE CAPACIDAD									
DIAMETRO DEL CABLE									
( mm ) ( plg )	( kg )	( kg )	( kg )	10° ( kg )	30° ( kg )	60° ( kg )	90° ( kg )	120° ( kg )	
7,94 5/16"	635	476	1270	1270	1226	.099	898	635	
9,53 3/8"	900	675	1800	1800	1736	1558	1272	900	
11,11 7/16"	1200	900	2400	2400	2318	2078	1697	1200	
12,70 1/2"	1600	1200	3200	3200	3090	2771	2262	1600	
14,30 9/16"	2000	1500	4000	4000	3863	3464	2828	2000	
15,90 5/8"	2600	1950	5200	5200	5022	4503	3676	2600	
19,05 3/4"	3600	2700	7200	7200	6954	6235	5091	3600	
22,23 7/8"	4800	3600	9600	9600	9272	8313	6788	4800	
25,40 1"	6500	4875	13000	13000	12556	11258	9192	6500	
28,60 1 1/8"	7700	5775	15400	15400	14874	13336	10889	7700	
31,75 1 1/4"	10000	7500	20000	20000	19318	17320	14142	10000	
34,90 1 3/8"	12100	9075	24200	24200	23374	20957	17111	12100	
38,10 1 1/2"	14400	10800	28800	28800	27817	24940	20364	14400	
50,80 2"	25000	18750	50.000	50000	48295	43300	35355	25000	

Tabla 2.2 Capacidad de carga de un estrobo con ojales

- Estrobo simple. Compuesto por una sola rama, acondicionado en sus extremos por diferentes terminales que dependiendo la carga a mover pueden ser ojales, ganchos o mixtos. Fig. 2.5



Fig. 2.5 Estrobos simples

- Estrobo compuesto. Se conforman de varias ramas mismas que facilitan la sujeción de la carga en diferentes puntos, éstas ramas pueden contar con terminal en ojal, ganchos, etc. Fig. 2.6



Fig. 2.6 Estrobos compuestos

El adecuado manejo y conservación de los estrobos será un factor determinante durante las maniobras de izaje, por lo tanto se hacen las siguientes recomendaciones:

- ♦ Su empleo se hará por debajo de la carga máxima permitida por el fabricante.
- ♦ Está prohibido el uso de cables que presenten deformaciones permanentes tales como lazos, nudos o cocas, que son deformaciones que impiden que los hilos estén en contacto permanente entre ellos, soportando por lo tanto la carga solo una parte de los hilos.
- ♦ Los cables deben estar lo suficientemente engrasados para evitar su corrosión.

- ◆ Se desecharán los que tengan rotos un 10% de los hilos en un tramo inferior a 8 veces el diámetro del cable.
  
- ◆ Se tendrá en cuenta como norma general que los cables que no tengan terminal forjada engarzada, verán reducida su Carga Máxima de Utilización (CMU) hasta un 25%, como es el caso de que la terminal se haga en lazo a base de grapas o abrazaderas.
  
- ◆ Cuando una terminal en lazo se haga con grapas, deberán ser todas de la misma dimensión e ir situadas en idéntica posición, debiendo incorporar un mínimo de tres, siendo aconsejable que lleve guardacabos en su interior.
  
- ◆ Los cables no se deberán apoyar sobre aristas vivas o superficies abrasivas; utilizar cantoneras de material adecuado, que podrán ser incluso de madera de buena calidad.
  
- ◆ Una vez usados se guardan debidamente en un ambiente seco y ligeramente engrasados a salvo de los rayos solares.

### *Cadenas*

Así como los estrobos, las cadenas también deben llevar una placa con los datos del fabricante, ésta debe contener la siguiente información:

- ◆ Características de las cadenas sin calibrar: longitud exterior del eslabón, ancho exterior nominal del eslabón, debe existir un esquema de cuando menos dos eslabones unidos indicando dichas dimensiones.
  
- ◆ Características de las cadenas calibradas: las mismas que para las no calibradas, con las tolerancias de dichas dimensiones.
  
- ◆ El método de soldadura de los eslabones.

- ◆ Valor de la carga de prueba aplicada a la cadena entera.
- ◆ Carga mínima de falla por esfuerzo a tensión.
- ◆ Indicación de las normas de mantenimiento o inspección especiales.

La correcta utilización de las cadenas es indispensable en la conservación de las mismas, así como en la prevención de accidentes durante su empleo por lo tanto es importante tomar en consideración los siguientes puntos:

- ◆ Está prohibido soldar los eslabones de una cadena.
- ◆ Si es necesario acortar una cadena o unir dos, se deberá hacer con los medios que para tal fin existen, evitando el uso de tornillos que desgastan los eslabones o pueden abrirlos, o en el caso de ser de menor diámetro hacer que se cierren, inutilizando así la cadena.
- ◆ Nunca se harán nudos a una cadena para acortarla ni se unirán con tornillos u otros medios no homologados.
- ◆ Se comprobará periódicamente el alargamiento de la cadena midiendo un eslabón, así como el desgaste sufrido por el material de los eslabones, desechándose los que presenten una tolerancia mayor a la especificada por el fabricante.
- ◆ Como norma general se desechará aquella cadena en que cualquiera de sus eslabones presente un desgaste superior al 10%, haciendo la mediación promedio entre dos diámetros perpendiculares del mismo eslabón. Todos los eslabones se inspeccionaran periódicamente, para la cual es útil la construcción de una chapa calibradora que facilite la tarea.
- ◆ Si el alargamiento de la cadena es superior a un 5% se retirará inmediatamente.

- ◆ No se debe usar las cadenas con funda pues esto no permite ver las posibles deformaciones que pudieran presentar los eslabones.
- ◆ Debe evitarse su oxidación, esto podría reducir su capacidad y el grosor de los eslabones, deben mantenerse protegidas con una ligera capa de aceite.
- ◆ Se eliminarán en cuanto haya el más leve indicio de grietas, fisuras o deformación en los eslabones.
- ◆ Deberán ser almacenadas en un lugar seco ligeramente cálido a salvo de los rayos solares.



Fig. 2.7 Cadena y pulpos de 2,3 y 4 brazos

### *Cuerdas de materiales textiles*

Las cuerdas de fibras naturales pueden ser elaboradas de diferentes plantas entre las que se pueden mencionar el yute, algodón, manila, entre otras. Cada una tiene sus propias características y son usadas para diferentes trabajos, en el caso de movimiento y elevación de cargas las más comúnmente usadas son las de fibra manila, que es una fibra fuerte y dura. La fibra de manila resiste bien las condiciones climáticas de viento, lluvia y sol. Estas cualidades hacen que la cuerda de manila sea empleada para usos rudos, son apropiadas para trabajos de izaje, ya que estas fibras provienen de la parte más céntrica de la planta del abacá.

Actualmente las fibras naturales son sustituidas por las sintéticas como el nylon (poliamida), poliéster y polipropileno, entre otras. Las cuerdas hechas con estos materiales brindan diversas ventajas sobre las de fibra natural pues son más resistentes, flexibles, manejables. A diferencia de cuerdas hechas de fibras de manila que son fibras pequeñas en superposición, las cuerdas sintéticas son elaboradas con fibras continuas a todo lo largo de la misma.

La identificación de las cuerdas de materiales sintéticos se hace mediante el siguiente código de colores. Tabla 2.3

Poliamida	Verde
Poliéster	Azul
Polipropileno	Marrón

Tabla 2.3 Código de colores de las cuerdas sintéticas

#### Características de las cuerdas

**Durabilidad:** Son tres los principales factores que hacen que una cuerda sea más o menos durable.

- ◆ La resistencia a la abrasión de la camisa.
- ◆ Su elongación, que por regla general cuanto mayor es la capacidad de elongación de una cuerda menor es su durabilidad, y
- ◆ Los pequeños impactos que sufre, éstos poco a poco van deteriorando y desgastando la cuerda.

**Resistencia a la abrasión:** las cuerdas con camisas moderadamente rígidas y rugosas son más resistentes a la abrasión.

**Resistencia al calor:** Capacidad de una cuerda para mantener sus condiciones físicas y mecánicas de una cuerda.

**Impermeabilidad:** Una cuerda mojada es más pesada y un 30% menos resistente. Los fabricantes cubren la cuerda con una solución de

fluoropolímeros para evitar la permeabilidad, este tratamiento alarga la vida de la cuerda de un 15 a un 20%. Las cuerdas se pueden impregnar en el suelo de sustancias nocivas, por ello con las cuerdas impermeables este riesgo disminuye.

Pese a la gran tecnología de las cuerdas actuales, éstas son delicadas debido a que en definitiva son materiales plásticos con varios enemigos serios: las aristas (que las puede cortar), el polvo (que introduciéndose a la cuerda resulta como un agente abrasivo para los hilos), los rayos ultravioleta, los productos químicos, y sus vapores, así como las fuertes tensiones a las que son sometidas. Además, las cuerdas, en muchos de los casos no suelen presentar signos visibles de deterioro (salvo desgarrones de la camisa, y/o rotura de las fibras). Por todo ello, conviene revisar la cuerda después de cada uso y además adquirir unos hábitos de mantenimiento.

Los siguientes puntos mencionan algunos aspectos que se deben tener en cuenta para la conservación de las cuerdas de materiales textiles.

- ◆ Se almacenarán estiradas para evitar la deformación de las capas, lo que ocasionaría que unas trabajen más que otras.
- ◆ Se debe evitar su exposición prolongada al sol, ya que los rayos solares deterioran las fibras textiles, especialmente las de poliamida.
- ◆ Evitar en la medida de lo posible, el contacto de la cuerda con la tierra, arena y con cualquier otro material que pueda introducirse por la camisa y desgastar la cuerda, en caso de que esto suceda se recomienda cepillarlas.
- ◆ En caso de que se hayan mojado y el agua se haya congelado en ellas, no deberán ser usadas hasta que estén completamente secas, ya que el hielo podría cortar las fibras. No se deben secar cerca del fuego ni utilizar fuentes artificiales de calor, la forma correcta es dejándolas durante el tiempo que sea necesario en un lugar ventilado, alejadas de los rayos solares.

- ◆ Las cuerdas de poliéster tienen una durabilidad mayor que las de poliamida, resistiendo mejor a los rayos solares.
- ◆ Nunca se apoyará la cuerda sobre cantos vivos; existen elementos de protección hechos con plásticos, y en todo caso se pueden utilizar cantoneras de madera de buena calidad.
- ◆ La unión entre cuerdas sólo está permitida a través de elementos de unión intermedios, no se deberán hacer nudos con ellas.



Fig. 2.8 Agentes que deterioran una cuerda

### *Ganchos, grilletes y accesorios*

Este tipo de accesorios son la unión entre los estrobos, eslingas o cadenas y la carga que se va a izar, éstos deberán escogerse convenientemente, en función del peso que deberán soportar.

Para el caso de los anillos se debe considerar que su forma o geometría afecta directamente a su resistencia, si se tienen anillos del mismo material e igual diámetro de sección recta será más resistente uno en forma de pera que uno circular. Fig. 2.9

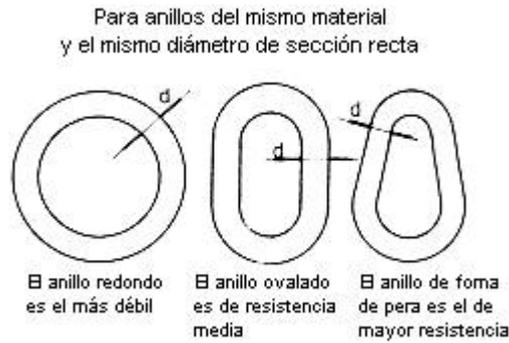


Fig. 2.9 Geometría y resistencia de un anillo

Todos los diferentes accesorios que se emplean en maniobras de elevación de cargas tales como los que se muestran en la Figura 2.10 deberán contar con su respectivo certificado que incluirá los siguientes datos: el organismo que controla la garantía del sistema de calidad en su fabricación, la identificación del año de fabricación y el número de serie o lote, la prueba en la que se determina la carga máxima que puede soportar sin que presente una deformación permanente, además de los datos generales que se han mencionado anteriormente.



Fig. 2.10 Accesorios de izaje

Todos los ganchos deben cumplir con las siguientes prescripciones:

- ◆ Deben disponer de pestillo de seguridad que impida la salida involuntaria de los elementos de izado, prohibiéndose el uso de los que no tengan o no funcionen adecuadamente. Actualmente existen

ganchos que llevan incorporado el pestillo de seguridad en el mismo gancho.

- ◆ Deberán ser de acero o hierro forjado y su elección estará en función del esfuerzo que tienen que transmitir.
- ◆ Las partes que puedan entrar en contacto con las cuerdas no deben tener aristas vivas.
- ◆ Su carga de trabajo será como máximo la quinta parte de la carga de rotura.

En cuanto a los accesorios se tomará en cuenta lo siguiente:

- ◆ Los accesorios que presenten fisuras o desgaste en la zona de apoyo de la carga se deberán retirar y cambiar por unos en buenas condiciones.
- ◆ Los sistemas que permiten el giro del gancho deben estar perfectamente engrasados.
- ◆ Cuando intervienen elementos intermedios tales como ganchos, grilletes o cualesquiera otras combinaciones de accesorios para la sujeción y elevación de la carga, la capacidad de carga de todo el conjunto incluyendo la cuerda que se emplee, quedará determinada por la de su elemento más débil, por lo tanto deberán estar marcados todos los elementos de sustentación en un lugar visible.

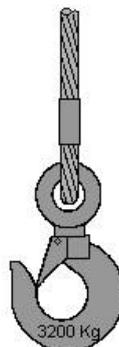


Fig. 2.11 Conjunto de elementos o accesorios de izaje

## 2.2.- Lingado de carga

### Capacidad de carga de las cuerdas

Cálculo del esfuerzo realizado por las cuerdas de elevación.

Para que un elemento pueda ser elevado es necesario asegurar su estabilidad al momento de realizar dicho procedimiento, fig. 2.12 por lo tanto se necesitan las siguientes condiciones:

- Que la carga sea levantada establemente.
- Que se determine de manera imaginaria una horizontal que cruce por el centro de gravedad de la carga y que ésta sea levantada paralela al suelo.

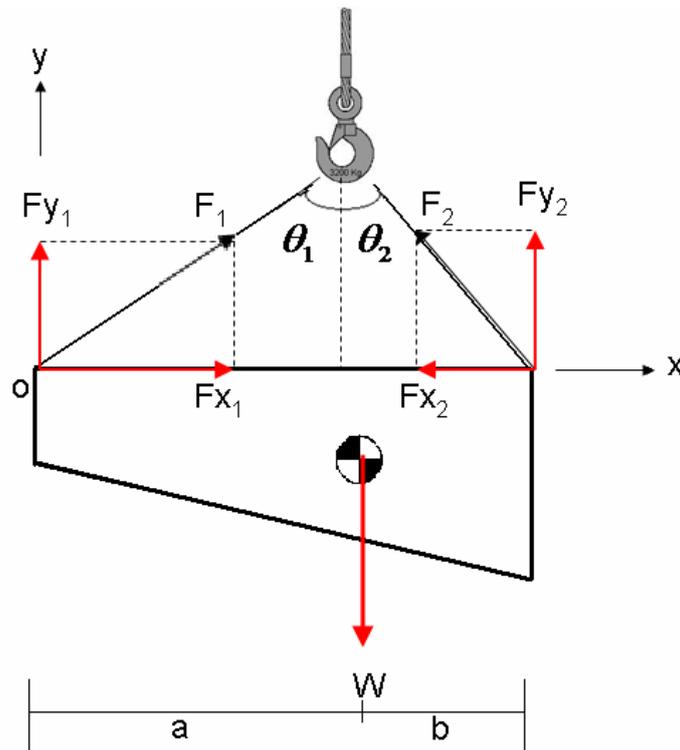


Diagrama de fuerzas

Donde:

 Centro de gravedad (C.G.)

$F_1$ : Fuerza resultante 1

$F_{y1}$ : Fuerza 1 en el eje "y"

$F_{x1}$ : Fuerza 1 en el eje "x"

$F_2$ : Fuerza resultante 2

$F_{x2}$ : Fuerza 2 en el eje "x"

$F_{y2}$ : Fuerza 2 en el eje "y"

W: Peso de la carga a elevar

$\theta_1$ : ángulo de la cuerda 1 con respecto a la vertical

$\theta_2$ : ángulo de la cuerda 2 con respecto a la vertical

a: Distancia del punto de sujeción 1 al C.G. "a"

b: Distancia del punto de sujeción 2 al C.G. "b"

o: Origen

Fig. 2.12 Capacidad de carga de las cuerdas

Para cumplir las dos condiciones anteriormente mencionadas, se requiere del siguiente cálculo matemático.

La suma de momentos en "o" debe ser igual a cero para garantizar que no se presenten inclinaciones.

Se considerará el momento positivo en sentido anti-horario.

$$\sum M_o = -W(a) + F_2 \cos \theta_2 (a + b) = 0 \quad (2.1)$$

donde:

$$F_2 \cos \theta_2 = F_{y2} \quad (2.2)$$

Sustituyendo la ecuación (2.2) en la ecuación (2.1)

$$\sum M_o = -W(a) + F_{y2}(a + b) = 0 \quad (2.3)$$

Despejando  $F_{y2}$  de la ecuación (2.3)

$$F_{y2} = \frac{W(a)}{(a + b)} \quad (2.4)$$

Haciendo suma de fuerzas en "y"

$$\sum Fy = Fy_1 - W + Fy_2 = 0 \quad (2.5)$$

Despejando  $Fy_1$  de (2.5)

$$Fy_1 = W - Fy_2 \quad (2.6)$$

Sustituyendo la ecuación (2.4) en (2.6) se tiene:

$$Fy_1 = W - \frac{W(a)}{(a+b)} \quad (2.7)$$

Simplificando (2.7)

$$Fy_1 = \frac{W(a+b) - W(a)}{(a+b)} \quad ; \quad Fy_1 = \frac{W(b)}{(a+b)}$$

(2.8)

Con las ecuaciones (2.4) y (2.8) se obtienen las fuerzas  $Fy_1$  y  $Fy_2$  en términos del peso de la carga y de las distancias al C.G. y de los ángulos respectivos a la vertical.

Sabiendo que

$$F_1 = \frac{Fy_1}{\cos \theta_1} \quad (2.9)$$

Y que

$$F_2 = \frac{Fy_2}{\cos \theta_2} \quad (2.10)$$

Sustituyendo (2.4) en (2.9)

$$F_1 = \frac{W(b)}{(a+b) \cos \theta_1} \quad (2.11)$$

y (2.8) en (2.10)

$$F_2 = \frac{W(a)}{(a+b) \cos \theta_2} \quad (2.12)$$

De las ecuaciones (2.11) y (2.12) se obtiene la tensión mínima que deben soportar las cuerdas respectivamente, en función del peso a elevar y las

distancias desde los puntos de sujeción al C.G. y el ángulo de las cuerdas con respecto a la vertical.

La capacidad de carga de las cuerdas disminuye en relación al ángulo que forman con respecto a la horizontal, mientras menor sea el ángulo menor será la capacidad de carga.

Estas son algunas relaciones:

60°, la capacidad de carga será reducida aproximadamente en un 15%

45°, la capacidad de carga será reducida aproximadamente en un 30%

30°, la capacidad de carga será reducida aproximadamente en un 50%

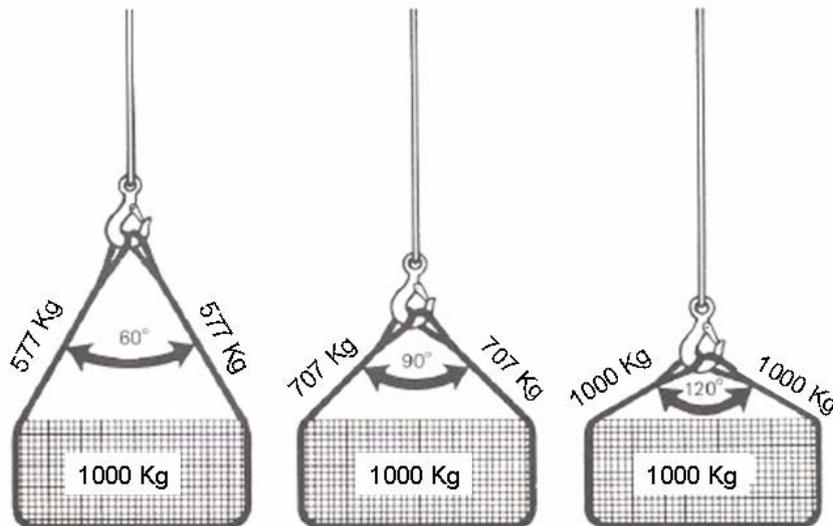


Fig. 2.13 Capacidad de carga de las cuerdas

Por medio del siguiente cálculo se demostrarán las relaciones anteriores. Considerando que los elementos a elevar son simétricos en peso y dimensiones se tiene que la longitud de las cuerdas será la misma; entonces:

$$a = b \text{ y } \theta_1 = \theta_2 \Rightarrow \theta$$

Sustituyendo en (2.11) y (2.12) se tiene:

$$F_1 = \frac{W(a)}{(a+a)\cos\theta} \tag{2.13}$$

$$F_2 = \frac{W(a)}{(a+a)\cos\theta} \quad (2.14)$$

Simplificando

$$F_1 = \frac{W}{2\cos\theta} \quad (2.13')$$

$$F_2 = \frac{W}{2\cos\theta} \quad (2.14')$$

Siendo que la carga es elevada por dos cuerdas bajo las condiciones de simetría anteriormente mencionadas:

$$F_1 = F_2 \Rightarrow F$$

El porcentaje de carga de las cuerdas es:

$$\text{Capacidad de carga de las cuerdas} = \frac{W}{F_1 + F_2} (100) \quad (2.15)$$

Simplificando:

$$\text{Capacidad de carga de las cuerdas} = \frac{W}{2F} (100) \quad (2.16)$$

Comprobación numérica:

Para  $\theta = 30^\circ$  respecto a la vertical

Sustituyendo en (2.13')

$$F_1 = \frac{W}{2\cos 30^\circ} = \frac{W}{1.732}$$

Sustituyendo en (2.14')

$$F_2 = \frac{W}{2\cos 30^\circ} = \frac{W}{1.732}$$

Por condiciones de simetría se tiene que  $F_1 = F_2$  y sustituyendo en la ecuación de capacidad de carga (2.15) se obtiene:

$$\text{Capacidad de carga} = \frac{W}{\frac{W}{1.732} + \frac{W}{1.732}} (100)$$

Simplificando:

$$\text{Capacidad de carga} = \frac{1.732W}{2} (100)$$

$$\text{Capacidad de carga} = 86.6W\%$$

En otras palabras, la capacidad de carga de las cuerdas al tener un ángulo de  $30^\circ$  con respecto a la vertical será de  $0.866W$ , es decir, pierde aproximadamente un 15% de su capacidad de carga.

Para  $\theta = 45^\circ$  respecto a la vertical

Sustituyendo en (2.13')

$$F_1 = \frac{W}{2 \cos 45^\circ} = \frac{W}{1.414}$$

Sustituyendo en (2.14')

$$F_2 = \frac{W}{2 \cos 45^\circ} = \frac{W}{1.414}$$

Por condiciones de simetría se tiene que  $F_1 = F_2$  y sustituyendo en la ecuación de capacidad de carga (2.15) se obtiene:

$$\text{Capacidad de carga} = \frac{W}{\frac{W}{1.414} + \frac{W}{1.414}} (100)$$

Simplificando:

$$\text{Capacidad de carga} = \frac{1.414W}{2} (100)$$

$$\text{Capacidad de carga} = 70.7W\%$$

En otras palabras, la capacidad de carga de las cuerdas al tener un ángulo de  $45^\circ$  con respecto a la vertical será de  $0.707W$ , es decir, pierde aproximadamente un 30% de su capacidad de carga.

Para  $\theta = 60^\circ$  respecto a la vertical

Sustituyendo en (2.13')

$$F_1 = \frac{W}{2 \cos 60^\circ} = \frac{W}{1} = W$$

Sustituyendo en (2.14')

$$F_2 = \frac{W}{2 \cos 60^\circ} = \frac{W}{1} = W$$

Por condiciones de simetría se tiene que  $F_1 = F_2$  y sustituyendo en la ecuación de capacidad de carga (2.15) se obtiene:

$$\text{Capacidad de carga} = \frac{W}{W + W} (100)$$

Simplificando:

$$\text{Capacidad de carga} = \frac{W}{2} (100)$$

$$\text{Capacidad de carga} = 50W\%$$

En otras palabras, la capacidad de carga de las cuerdas al tener un ángulo de  $60^\circ$  con respecto a la vertical será de  $0.5W$ , es decir, pierde aproximadamente un 50% de su capacidad de carga.

Podemos decir entonces que la capacidad de elevación (capacidad de carga) de la cuerda, disminuye en función del ángulo de izaje; quedando terminantemente prohibido usar un ángulo de trabajo mayor a  $60^\circ$  con respecto a la vertical.

### *Lingado de carga y utilización de las cuerdas*

Cada maniobra de elevación tiene diferentes condiciones, siempre serán diferentes las piezas en cuanto al tamaño, forma y peso, esto determina la ubicación de los puntos donde deberán colocarse los elementos de sujeción y amarre para realizar de manera segura el movimiento de cualquier elemento.

Los operadores de grúa y sus ayudantes deben conocer y aprender a identificar entre un buen lingado de carga y uno inseguro que no guarde las condiciones de seguridad apropiadas, deben ser capaces de anticipar cómo se comportará la carga al momento de ser levantada. Un lingado inapropiado no sólo representa un riesgo, sino una consecuencia en costo, en el caso de que se llegara a dañar al equipo, la carga o la integridad física de alguna persona, por lo tanto es de suma importancia que todos los que se verán relacionados

durante el proceso de izaje estén familiarizados con algunos conceptos de estática como lo es el centro de gravedad de un cuerpo en relación con el punto de elevación y la distribución de fuerzas en las cuerdas y la carga. Estos conceptos se explicarán a continuación.

El centro de gravedad de un cuerpo es el punto donde se concentra la resultante del peso de la carga a elevar, actuando en dirección inversa al levantamiento y se tendrá una condición de equilibrio con el gancho si éste se ubica justo arriba de este punto.

Por ejemplo, un cuerpo de condiciones geométricas simétricas y con masa uniformemente repartida como el que se ilustra en la figura 2.14.a, tendrá su centro de gravedad justo en la intersección de sus diagonales. Como una regla empírica, cuando un objeto de forma irregular como el que se muestra en la figura 2.14.b, sea levantado, será de ayuda para la ubicación de su centro de gravedad, complementar su forma de manera imaginaria en una forma simétrica y ubicar dicho punto donde se cruzan las nuevas diagonales, esto nos puede dar una buena aproximación de su verdadera ubicación. Se debe tener siempre en mente, que esta consideración no aplica para casos en los que se concentre mayor masa en alguna parte del cuerpo a elevar.

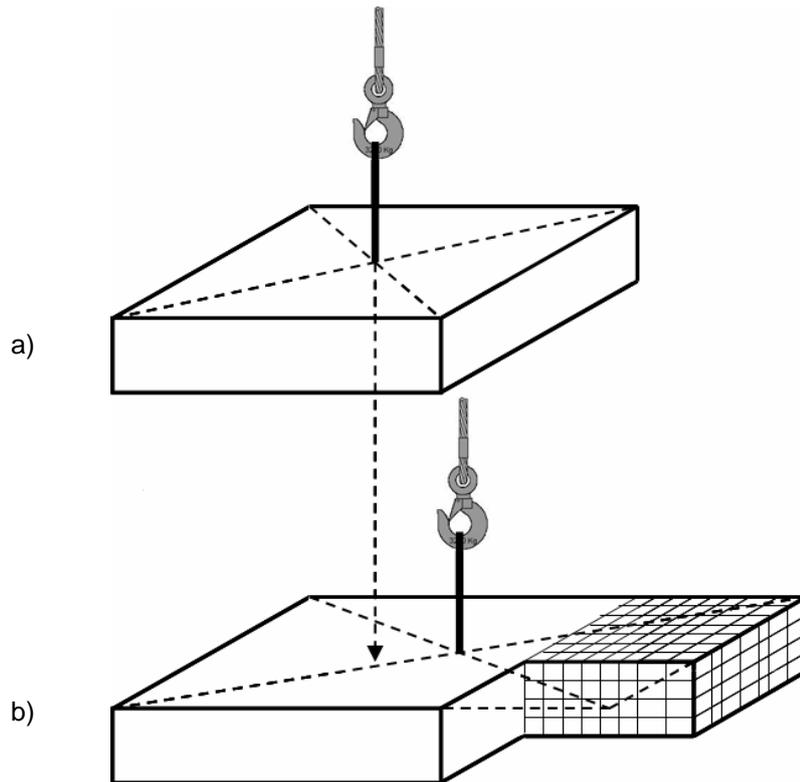


Fig. 2.14 Ubicación del centro de gravedad

Los siguientes puntos explican el comportamiento de la carga al momento de ser elevada, dependiendo la ubicación del centro de gravedad y las condiciones de amarre:

- ◆ Cuando el centro de gravedad quede en línea con el gancho de la grúa y los ángulos de elevación sean iguales en cada cuerda y éstas realizan el mismo esfuerzo para izar la carga.
- ◆ Cuando el centro de gravedad no esté en línea con el punto de elevación, será necesario emplear cuerdas de diferente largo para poner el centro de gravedad bajo el punto de elevación (gancho de la grúa) y así poder levantar la carga horizontalmente y de forma balanceada. Fig. 2.15

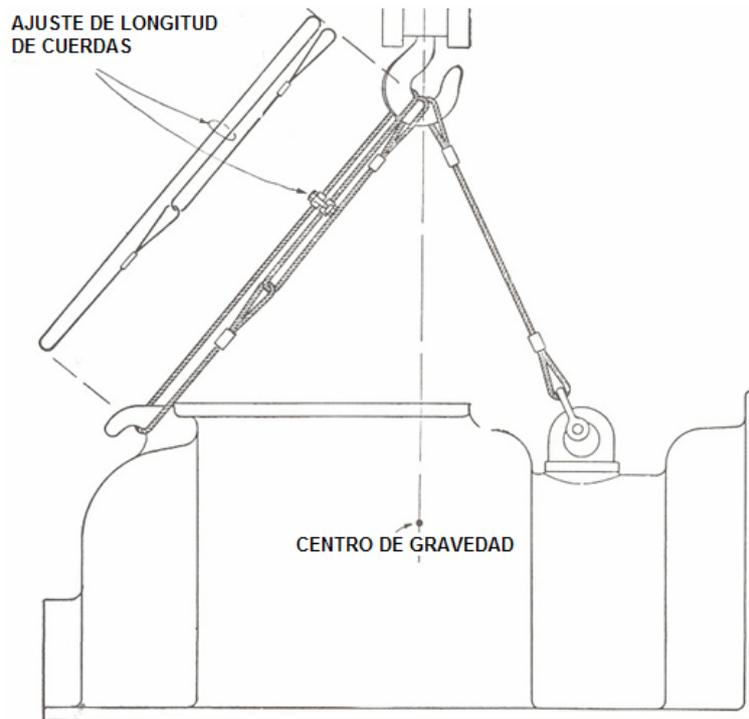


Fig. 2.15 Centro de gravedad en posición asimétrica y cuerdas de diferente largo

- ◆ Cuando el centro de gravedad está por encima de los puntos de sujeción de la carga, ésta al ser elevada girará ubicando al centro de gravedad en un punto más bajo, por lo tanto es mejor sujetar la carga de tal forma que el centro de gravedad quede por debajo de los puntos de sujeción, siempre que esto sea posible.
- ◆ Si la carga es levantada sin antes determinar la posición del centro de gravedad, ésta se balanceará hasta que el centro de gravedad quede justo bajo el gancho de la grúa que es el punto de elevación.

#### *Utilización de las cuerdas*

Las consideraciones para emplear las cuerdas de manera segura son diversas, a continuación se señalan las siguientes:

- ◆ La seguridad en la utilización de una cuerda comienza con la elección de ésta, que deberá ser adecuada a la carga y a los esfuerzos que ha de soportar.
- ◆ En ningún caso deberá superarse la capacidad de carga de la cuerda, debiéndose conocer, por tanto, el peso de la carga a elevar. Cuando se desconozca el peso de una carga se podrá calcular multiplicando su volumen por la densidad del material del que esté hecha. Para efectos prácticos conviene recordar las siguientes densidades:
  - Madera:  $800 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
  - Concreto:  $2,500 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
  - Acero:  $8,000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
- ◆ En caso de duda, el peso de la carga se deberá estimar por exceso.
- ◆ Es recomendable que el ángulo con respecto a la vertical no sobrepase los  $60^\circ$ .
- ◆ Los puntos de sujeción no deberán permitir el deslizamiento de las cuerdas, y estos puntos deberán estar convenientemente dispuestos en relación al centro de gravedad.
- ◆ Para la elevación de piezas de gran longitud, es conveniente el empleo de pórticos. Fig. 2.16

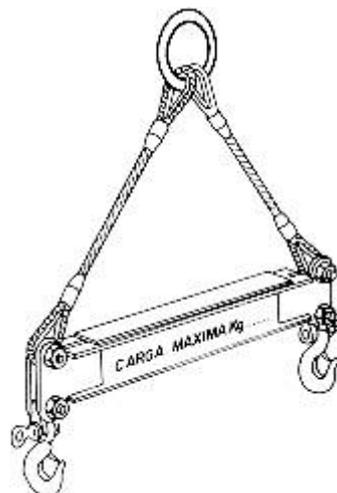


Fig. 2.16 Pórticos para elevación de cargas

- ◆ Las cuerdas no se apoyarán nunca sobre aristas vivas, para lo cual deberán emplearse cantoneras o escuadras de protección. Fig. 2.17

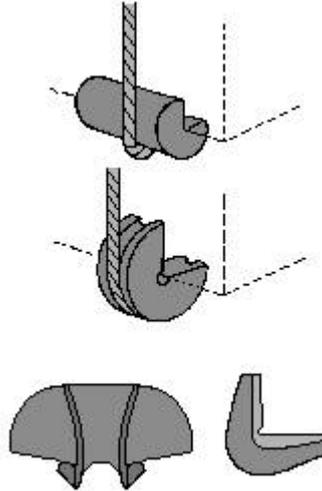


Fig. 2.17 Cantoneras de protección

- ◆ Los ramales de dos cuerdas distintas no deberán cruzarse, es decir, no montarán una sobre otra, sobre el gancho de elevación, ya que una de las cuerdas estaría comprimiendo a la otra pudiendo incluso llegar a romperse. Fig. 2.18

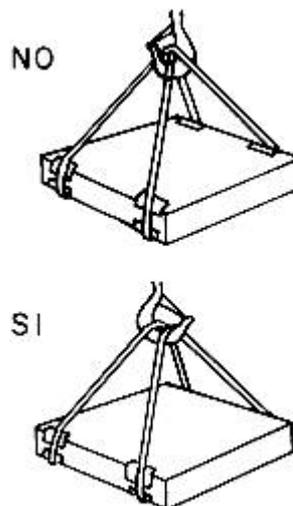


Fig. 2.18 Evitar ramales cruzados

- ◆ Antes de la elevación completa de la carga, se deberá tensar suavemente la cuerda, separando la carga no más de 10 cm, para asegurarse de un buen ligado.

- ◆ Cuando sea necesario deslizar una cuerda, se deberá aflojar lo suficiente para moverla sin rozar con la carga.
- ◆ Al elevar la carga se deberá evitar que las cuerdas trencen entre ellas.
- ◆ Las cargas deberán tener una cuerda que guíe su trayectoria, para evitar que choque con algún objeto. Fig. 2.19

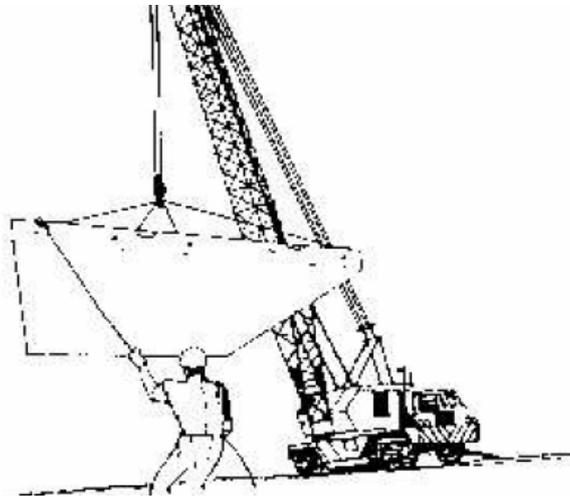


Fig. 2.19 Cuerda guía

# 3

## CONDICIONES DE ESTABILIDAD

### 3.1.- Anclaje de la grúa móvil

Uno de los factores más importantes al momento de anclar una grúa móvil es la horizontalidad de los apoyos. Pequeños ángulos implican distancias grandes en las plumas, figura 3.1 haciendo con esto que la grúa pierda capacidad de carga y estabilidad.

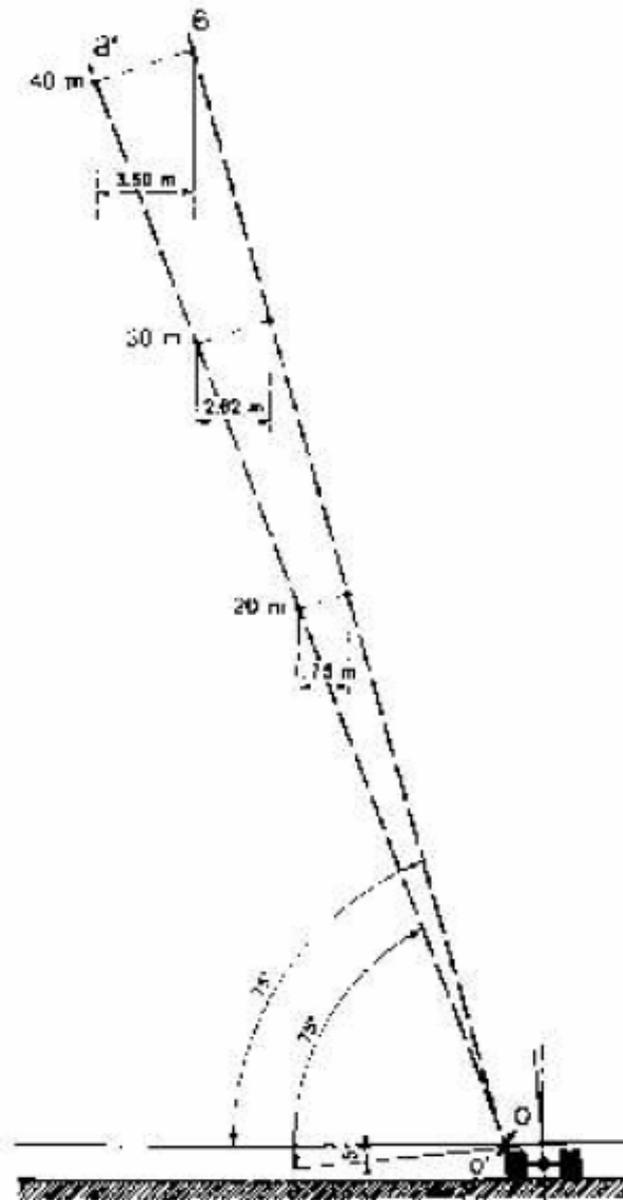


Fig. 3.1 Condiciones de horizontalidad

Es por ello que deberá procederse con cautela, comprobando que el terreno tiene la resistencia suficiente para que los apoyos (orugas, ruedas o estabilizadores) no se hundan en el mismo durante la ejecución de las maniobras.

El anclado de la máquina se efectuará evitando las irregularidades del terreno y poniendo planchones si fuera necesario, con la finalidad de conseguir que la grúa quede perfectamente nivelada. Esta nivelación que deberá ser verificada antes de iniciarse los trabajos que serán detenidos de forma inmediata si durante su ejecución se observa el hundimiento de algún apoyo.

Si la transmisión de la carga se realiza a través de estabilizadores y el terreno es de constitución arcillosa o no ofrece garantías, es preferible ampliar el reparto de carga sobre el mismo aumentando la superficie de apoyo mediante bases constituidas por tablones. Fig. 3.2

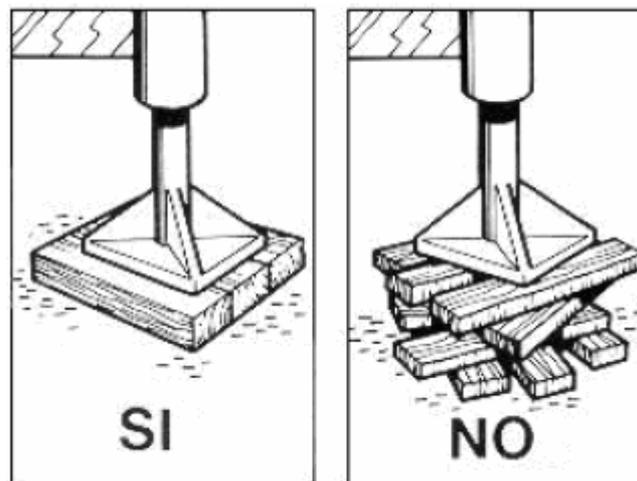


Fig. 3.2 Correcto uso de bases de tablones

Cuando la grúa móvil trabaja sobre estabilizadores, que es lo recomendable aún cuando el peso de la carga a elevar permita hacerlo sobre neumáticos, los brazos deberán encontrarse extendidos en su máxima longitud y, manteniéndose la correcta horizontalidad de la máquina, se darán a los gatos la elevación necesaria para que los neumáticos queden totalmente separados del suelo. Fig. 3.3

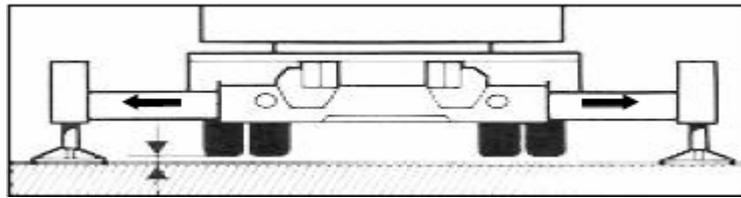


Fig. 3.3 Correcta posición de los estabilizadores

### 3.2.- Capacidad de carga del suelo

Para el análisis de capacidad de carga del suelo podríamos suponer que cada uno de los estabilizadores de la grúa trabajan como cimentaciones del tipo de zapatas aisladas. Fig. 3.4

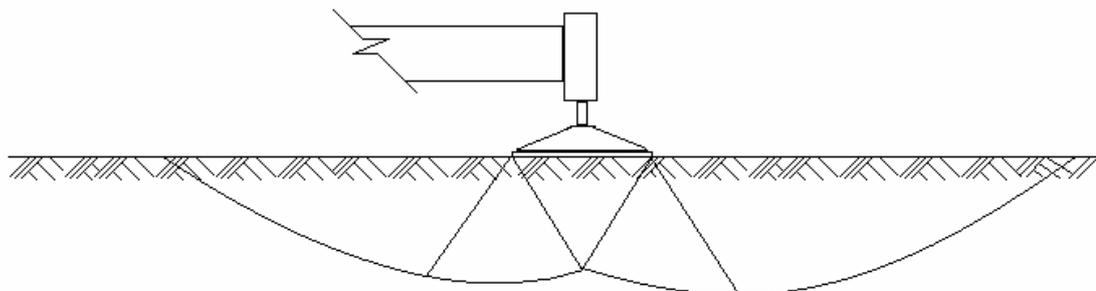


Fig. 3.4 Acción de los estabilizadores,  
Semejante a una zapata aislada

Los estabilizadores constituyen el elemento intermedio que permite la transmisión de las cargas al terreno. Para evitar una maniobra riesgosa se debe garantizar que el suelo tenga la capacidad de soportar el peso propio de la grúa y de las piezas a elevar y que las deformaciones producidas en éste sean admisibles.

En relación con el desplazamiento plástico local o general del suelo bajo la estructura de los estabilizadores, generado por la presión vertical conocida como capacidad de carga última por resistencia al corte del suelo, de los estudios de la teoría de la plasticidad respecto a dicha capacidad de carga, se pueden extraer las siguientes conclusiones (Deméneghi, Puebla y Sanginés, 2003)

Si la base de un estabilizador descansa sobre la superficie de un suelo sin peso que posee cohesión y fricción, el terreno falla como se indica en la figura 3.5 a través de 5 zonas. Debido a la fricción y adhesión entre el suelo y la base de la zapata, la zona I permanece en estado elástico; actúa como si fuera parte de la zapata y penetra un ángulo de  $45^\circ + \phi/2$  con la horizontal.

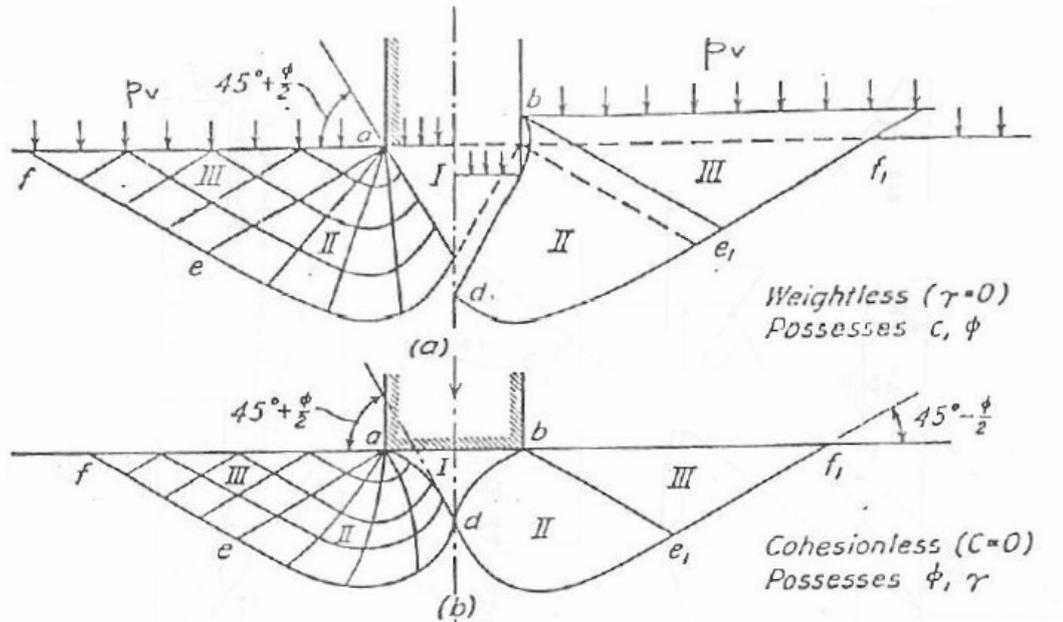


Fig. 3.5 Zonas de equilibrio plástico después de la falla

En las zonas II y III se genera un patrón de esfuerzos cortantes, los cuales en la zona III son iguales al estado pasivo de Rankine; las fronteras de la zona pasiva forman un ángulo de  $45^\circ - \phi/2$  con la horizontal.

Las zonas II se conocen como zonas de esfuerzos radiales, porque las rectas de esta región plástica parten de las aristas de la zapata. La otra familia de curvas son espirales logarítmicas, cuyos centros se localizan en las aristas de la zapata.

La capacidad de carga última está dada por

$$q_d = cN_c + p_v N_q + (1/2) \gamma B N_\gamma \quad (3.1)$$

donde:

$$N_q = e^{\Pi \tan \phi} \tan^2 (45^\circ + \phi/2) \quad (3.2)$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi \quad (3.3)$$

$$N_c = (N_q + 1) \tan \phi \quad (3.4)$$

Si el suelo no tiene cohesión, pero sí fricción y peso propio, el patrón de falla se muestra en la figura 3.5.b. Las fronteras de la zona elástica I son curvas, las dos ramas se intersecan en el punto d, formando un ángulo de  $90^\circ - \phi$ . En las zonas II las líneas radiales son curvas. En la zona III se presenta el estado pasivo de Rankine.

La ecuación de una espiral logarítmica es: Fig. 3.6

$$\rho = \rho_0 e^{\theta \tan \phi} \quad (3.5)$$

(( $\theta \tan \phi$ ) en radianes)

La espiral logarítmica tiene la propiedad de que el ángulo entre el radio vector y la normal a la curva vale  $\phi$ . Fig. 3.6

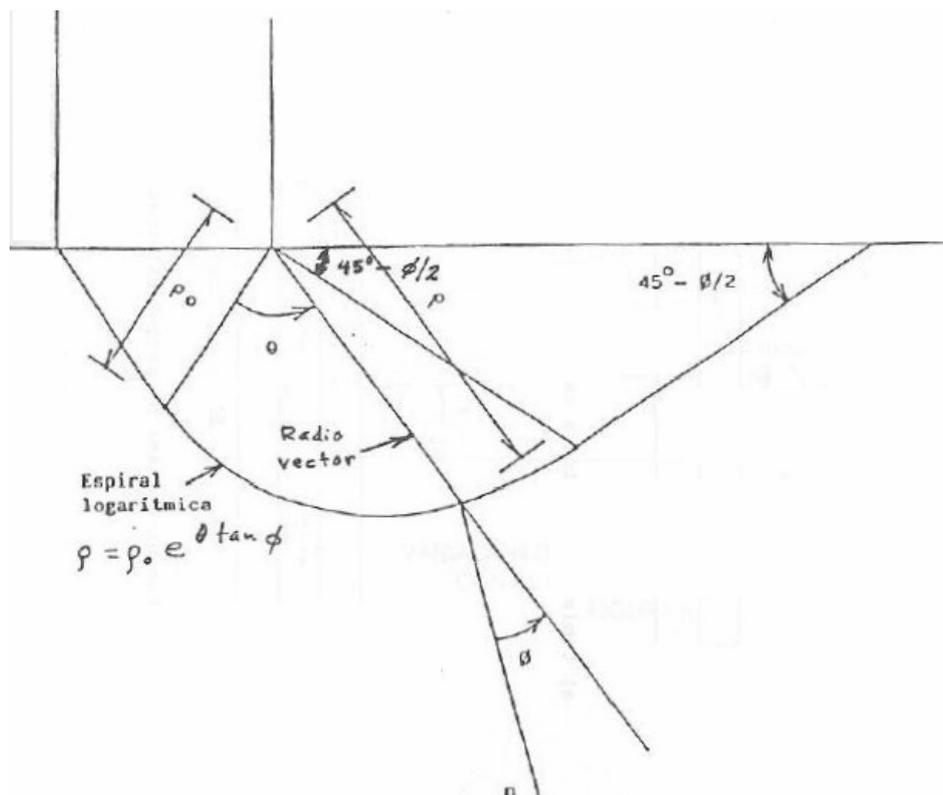


Fig. 3.6 Espiral logarítmica

Cabe aclarar que para la obtención de la ecuación de capacidad de carga  $q_d$  (ec. 3.1), se hicieron las siguientes hipótesis: el material es incompresible, su

comportamiento es rígido plástico, y se trata de un estado de deformación plana.

Por lo demás, las limitaciones de las teorías sobre capacidad de carga no tienen una importancia práctica seria, porque la precisión de las soluciones aún aproximadas depende en mayor medida de nuestra habilidad de valorar las propiedades mecánicas de los suelos que entraran en las ecuaciones, que de los defectos de las propias teorías (Deméneghi, Puebla y Sanginés, 2003).

#### *Capacidad de carga resistente, factores de resistencia*

Se definirá ahora la capacidad de carga resistente de un suelo con la siguiente expresión:

$$q_R = cN_c f_c F_{R1} + p_v N_q f_q F_{R2} + (1/2)\gamma B N_\gamma f_\gamma F_{R3} \quad (3.6)$$

Donde  $F_{Ri}$  son factores de resistencia (o factores de reducción de resistencia), los cuales miden el grado de incertidumbre que se tiene respecto a la variación de la resistencia del suelo. En general  $F_{Ri} \leq 1$ .

#### *Presión última sobre el terreno, factores de carga*

La presión de contacto media entre los estabilizadores y el terreno vale:

$$q = \sum Q / A \quad (3.7)$$

donde:

$$\sum Q = \text{sumatoria de cargas al nivel de desplante del estabilizador}$$

$$A = \text{área del estabilizador}$$

Además

$$q = (1/A)(Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n) \quad (3.8)$$

Ahora se define la presión última sobre el terreno de la siguiente forma:

$$q_{ult} = (1/A)(Q_1 F_{c1} + Q_2 F_{c2} + \dots + Q_n F_{cn}) \quad (3.9)$$

Donde  $F_{ci}$  son factores de carga, que miden la incertidumbre que se tiene respecto a la intensidad de las cargas. En general  $F_{ci} \geq 1$ , aún cuando en algunos casos particulares  $F_{ci}$  puede ser menor que uno.

La ec. (3.9) se puede poner en forma simplificada:

$$q_{ult} = \sum QF_c / A \quad (3.10)$$

#### *Revisión de la seguridad de un estabilizador*

Para que se cumpla con la seguridad de un estabilizador, basta que se satisfaga la siguiente desigualdad

$$q_{ult} \leq q_R \quad (3.11)$$

Sustituyendo las ecs. (3.10) y (3.6) en la expresión (3.11)

$$\sum QF_c / A \leq cN_c f_c F_{R1} + p_v N_q f_q F_{R2} + (1/2)\gamma B N_\gamma f_\gamma F_{R3} \quad (3.12)$$

La desigualdad (3.12) se emplea para revisar la seguridad del terreno por capacidad de carga.

#### *Suelos cohesivos totalmente saturados*

En un estabilizador apoyado sobre un suelo cohesivo totalmente saturado la condición más desfavorable ocurre a corto plazo, ya que la resistencia tiende a aumentar al producirse el fenómeno de consolidación del suelo. Por lo tanto, se recomienda la ejecución de pruebas triaxiales no consolidadas-no drenadas (tipo UU, pruebas rápidas) para la determinación de la resistencia al corte del terreno. Fig. 3.7

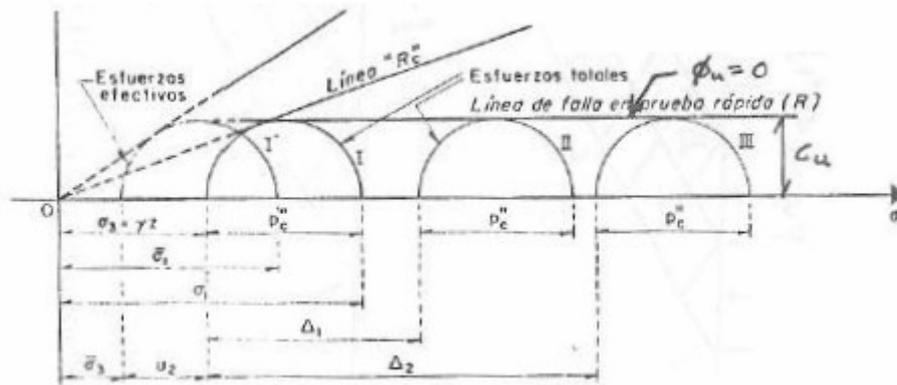


Fig. 3.7 Línea de falla en prueba triaxial rápida

Dado que la extracción de una muestra inalterada de arcilla produce cierta alteración de la misma, algunos autores recomiendan la ejecución de pruebas consolidadas-no drenadas para la obtención de la cohesión aparente del material. Desde luego, la presión de confinamiento de laboratorio deberá ser lo más cercana posible a la presión de confinamiento de campo.

En una prueba rápida  $c = c_u$  y  $\phi = \phi_u = 0$  Fig. 3.7. Sustituyendo en las ecs.

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2(45^\circ + \phi/2), \quad N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi \quad \text{y} \quad f_q = 1 + (B/L) \tan \phi \quad \text{se tiene:}$$

$$N_q = 1; \quad N_\gamma = 0; \quad f_q = 1$$

Además, en teoría de la plasticidad se demuestra que en un material puramente cohesivo

$$N_c = 2 + \pi = 5.14$$

Se había señalado antes que la capacidad de carga resistente está dada por la ec. (3.6)

$$q_R = cN_c f_c F_{R1} + p_v N_q f_q F_{R2} + (1/2) \gamma B N_\gamma f_\gamma F_{R3}$$

Sustituyendo los valores correspondientes a un suelo puramente cohesivo obtenemos

$$q_R = 5.14 c_u f_c F_{R1} + p_v F_{R2} \quad (3.13)$$

$$\text{Haciendo } F_{R1} = F_R \quad F_{R2} = 1$$

Entonces

$$q_R = 5.14c_u f_c F_R + p_v \quad (3.14)$$

donde:

$$f_c = 1 + 0.25 \frac{B}{L} + 0.25 \frac{D}{B}$$

### *Fórmulas para deformaciones elásticas*

Las deformaciones instantáneas en los suelos se pueden calcular de manera aproximada utilizando las expresiones que proporcionan la teoría de la elasticidad.

#### Deformación vertical de un rectángulo cargado

El asentamiento de la superficie de un medio semi infinito homogéneo e isótropo, bajo la esquina de un rectángulo sometido a carga uniformemente repartida  $q$ , está dado por la fórmula de Schleicher (Terzaghi 1943).

$$\delta = [q(1-\nu^2)/(\pi E)] \left( L \ln \frac{B + \sqrt{B^2 + L^2}}{L} \right) + B \ln \frac{L + \sqrt{L^2 + B^2}}{B} \quad (3.15)$$

donde:

$B$  = ancho del rectángulo

$L$  = longitud del rectángulo

$E$  = módulo de elasticidad del medio

$\nu$  = relación de Poisson del medio

Si la base del estabilizador es cuadrada, la ec. (3.15) se convierte en

$$\delta = \frac{2qB(1-\nu^2) \ln(1 + \sqrt{2})}{\pi E}$$

(3.15')

$$\delta = \frac{1.763qB(1-\nu^2)}{\pi E} \quad (3.15'')$$

La rigidez lineal vertical se define como el cociente de la carga vertical concentrada  $Q_v$  entre el asentamiento vertical que produce dicha carga. En un estabilizador de planta cuadrada de ancho  $B$ , la rigidez lineal vertical está dada por

$$K_v = \frac{0.891EB}{1-\nu^2} \quad (3.15'')$$

(En la ec. 3.15'' el asentamiento se calcula bajo el centro del cuadrado).

Cuando el medio elástico tiene un espesor  $H$ , el asentamiento bajo la esquina de un rectángulo sometido a carga uniforme  $q$  está dado por la fórmula de Steinbrenner (Juárez Badillo y Rico 1980).

$$\delta = [q(1-\nu^2)/\pi E] \left[ L \ln \frac{(B + \sqrt{L^2 + B^2})\sqrt{L^2 + H^2}}{L(B + A)} + B \ln \frac{(L + \sqrt{L^2 + B^2})\sqrt{B^2 + H^2}}{B(L + A)} \right] + (q(2\pi E)(1-\nu-2\nu^2)H) \left( \text{ang} \tan \frac{LB}{HA} \right) \quad (3.16)$$

$$A = \sqrt{L^2 + B^2 + H^2} \quad (3.17)$$

Cuando existe un medio estratificado, formado por  $n$  estratos de propiedades elásticas  $E$  y  $\nu$ , el asentamiento de la superficie se puede calcular utilizando la ley de Hooke para cada estrato:

$$\varepsilon_z = (1/E)[\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \quad (3.18)$$

Donde  $\sigma_z$ ,  $\sigma_x$  y  $\sigma_y$  son los esfuerzos normales vertical y horizontales ocasionados por la carga aplicada en la superficie del medio, y  $\varepsilon_z$  es la deformación unitaria del estrato. La deformación, en unidades de longitud, del estrato está dada por

$$\delta = \varepsilon_z H \quad (3.19)$$

Donde  $H$  es el espesor del estrato.

La deformación de la superficie será la suma de las deformaciones de cada estrato.

### 3.3.- Maniobras cercanas a excavaciones y muros de retención, recomendaciones.

Cuando una grúa es anclada cerca de una excavación se corre el peligro de que el peso de la máquina más el de la carga a elevar, hagan que se colapse el terreno, desgajando el talud sobre el cual se ubicó la grúa. La mejor solución es mantener la grúa lo suficientemente alejada de la orilla de tal forma que la presión ejercida no afecte a la estabilidad del talud. Se recomienda que dicha distancia sea la que determina una recta con pendiente máxima de  $45^\circ$ , ésta partiendo de la base del talud y llegando a la superficie, de ese punto hacia atrás será seguro ubicar la grúa. Fig. 3.8

Esto mismo se recomienda hacer para el caso en que se realicen maniobras cercanas a muros de retención o de algún sótano figura 3.9, debido a que éstos fueron diseñados para soportar la presión lateral que el suelo pueda ejercer sobre ellos pero no existe ninguna garantía que dicho elemento soporte también el peso en toneladas de un equipo de las dimensiones de una grúa más la carga a elevar, siendo así, el muro podría fallar.

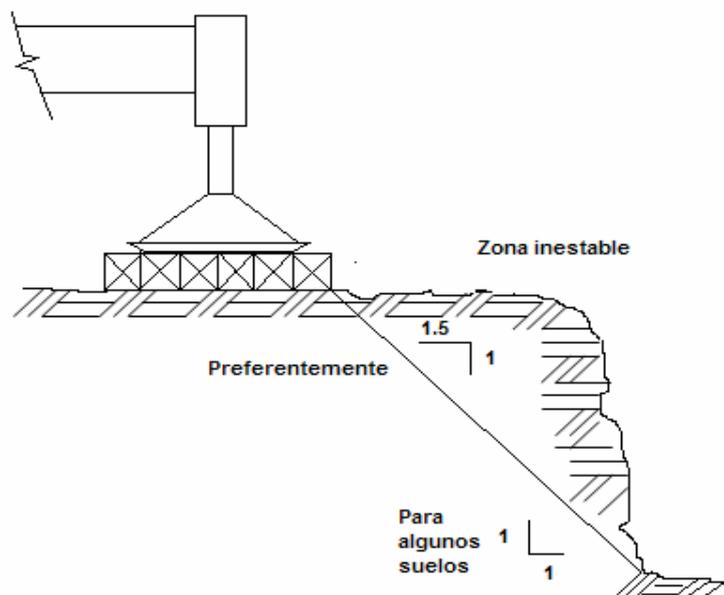


Fig. 3.8 Distancia de ubicación de la grúa con respecto a un talud

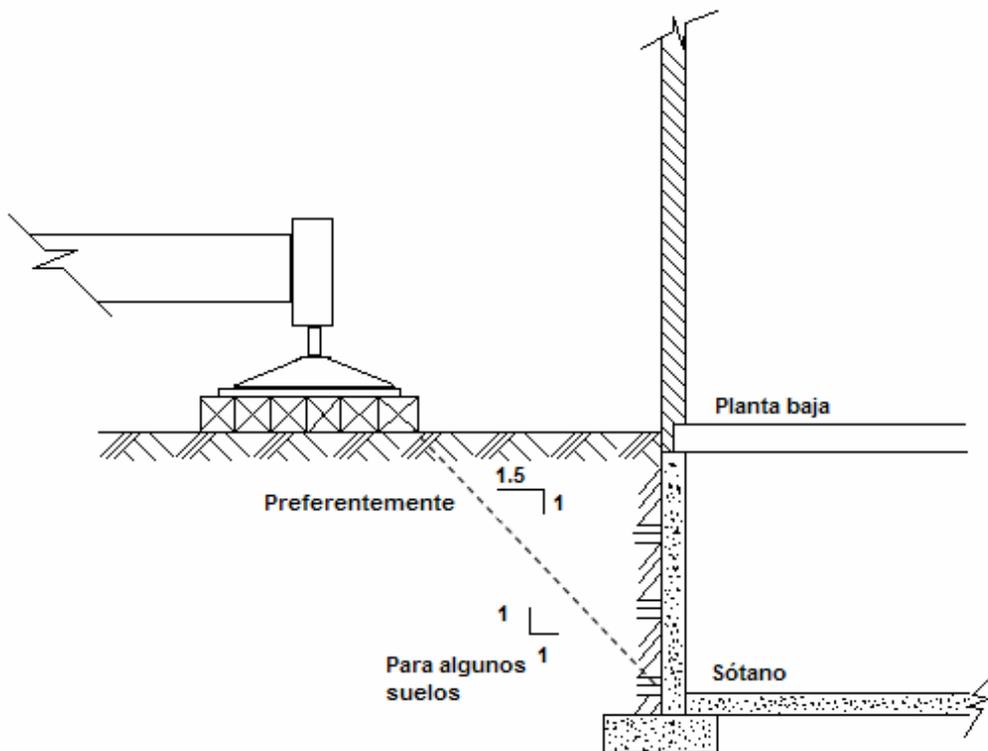
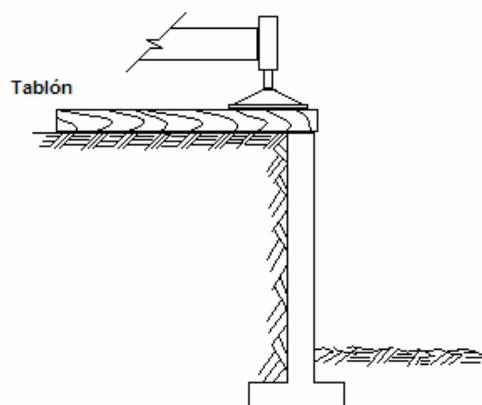
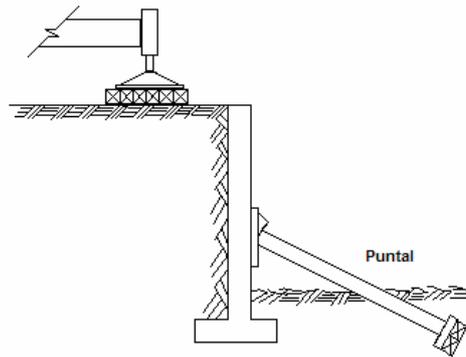


Fig. 3.9 Distancia de ubicación de la grúa con respecto a un muro

Si las condiciones de trabajo no permiten que la grúa móvil se aleje lo suficiente de un muro de retención y ésta queda ubicada más cerca de lo que se recomienda, existen varias formas de prevenir algún desastre buscando la forma de reforzar el muro, una de ellas se muestra en la figura 3.10.a que propone emplear un tablón grueso que sirva para repartir la carga sobre una mayor área evitando que el muro falle, una segunda opción se muestra en la figura 3.10.b y es reforzar el muro con puntales que ayuden a resistir la carga vertical que actuará sobre dicho muro.



a)



b)

Fig.3.10 Medidas seguras para trabajar cerca de muros

### 3.4.- Estabilidad estructural contra volteo

El momento de la máquina en relación al punto de apoyo (los estabilizadores de la grúa) queda determinado por el peso de la estructura y la distancia a los estabilizadores, éste es el momento resistente  $M_r = W_g a$ ; el momento de volteo lo genera el peso propio de la pluma y el de la carga a elevar en relación a sus respectivas distancias con el punto de apoyo, entonces:  $M_v = W_p b + W_c c$ .

Para evitar que la grúa vuelque se debe garantizar que el momento resistente sea mayor que el momento de volteo:  $M_r > M_v$ . Fig. 3.11

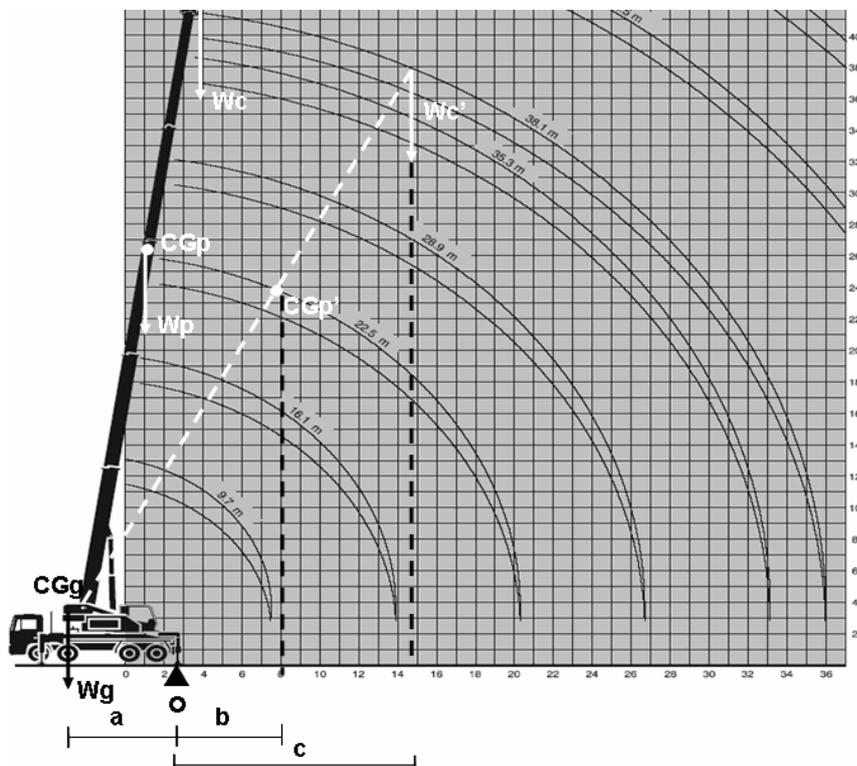


Fig. 3.11 Momento resistente y momento de volteo

Todas las grúas cuentan con tablas de capacidades que indican el peso máximo que a determinada distancia puede cargar el equipo, a mayor radio de trabajo menor será la capacidad de carga; de igual forma mientras más longitud de pluma se tenga menos peso puede elevar. La tabla 3.1 muestra las diferentes capacidades de carga que puede tener la grúa GT-50/38 en función del radio de trabajo y longitud de pluma. En dicha tabla se observa que a un radio de 6.0 m con una longitud de pluma de 9.7 m, la grúa carga 25.0 t y a ese mismo radio pero con una pluma de 22.5 m pierde 7.0 t de capacidad y carga únicamente 18.0 t.

**TABLA DE CARGAS  
LIFTING CAPACITIES  
FORCES DE LEVAGE  
TRAGLASTEN**

PRELIMINAR  
PRELIMINARY  
PRELIMINAIRE  
VORLÄUFIG

CONTRAPESO  
COUNTERWEIGHT  
CONTREPOIDS  
BALLAST  
**5.1 t**

**GT-50/38**

(31310)

PLUMA PRINCIPAL. GRÚA SOBRE ESTABILIZADORES TOTALMENTE EXTENDIDOS. ZONA DE TRABAJO 360° MAIN BOOM. CRANE ON FULLY EXTENDED OUTRIGGERS. ROTATION 360° FLÈCHE PRINCIPALE. GRUE SUR STABILISATEURS EN EXTENSION TOTALE. ROTATION 360° TELESKOPUSLEGER. ARBEITSZUSTAND: ABGESTÜTZT (VOLLE STÜTZBASIS). ARBEITSBEREICH: 360°										
RADIO RADIUS PORTÉE AUSLADUNG	75%									RADIO RADIUS PORTÉE AUSLADUNG
	LONGITUD DE PLUMA BOOM LENGTH LONGUEUR DE FLÈCHE TELESKOPUSLEGERLÄNGEN									
	9.7 m	16.1 m		22.5 m		28.9 m		35.3 m	38.1 m	
m	9.7 m	16.1 m	16.1 m	22.5 m	22.5 m	28.9 m	28.9 m	35.3 m	38.1 m	m
3	50.0 * / 44.6	28.0	20.3							3
4	38.0	27.5	20.3	19.0	18.0					4
5	31.0	26.0	20.3	18.8	17.7	15.0	13.0	10.0		5
6	25.0	23.2	19.8	18.0	16.2	14.8	12.8	9.4	8.5	6
7	18.0	17.9	18.2	16.8	14.7	14.0	11.6	9.0	8.0	7
8		13.9	16.0	14.9	13.3	12.7	10.6	8.7	7.7	8
9		11.5	13.7	12.2	12.0	11.6	9.8	8.5	7.5	9
10		9.5	11.5	10.2	10.8	10.3	9.0	8.3	7.2	10
12		6.5	8.0	7.3	8.5	7.8	7.7	7.8	6.7	12
14				5.4	6.5	5.9	6.5	6.2	6.2	14
16				4.2	5.1	4.6	5.2	4.8	4.8	16
18				3.2	4.1	3.6	4.3	3.8	3.8	18
20				2.4	3.4	2.8	3.6	3.0	3.0	20
22						2.1	2.9	2.4	2.4	22
24						1.5	2.2	1.9	1.9	24
26						0.9	1.6	1.5	1.5	26
28								1.1	1.1	28
30								0.8	0.8	30
32								0.5	0.5	32
I	0	90	0	90	0	90	0	90	100	I
II-III-IV	0	0	30	30	60	60	90	90	100	II-III-IV

\* Por detrás +/-10° mediante polea adicional / Over rear +/-10° by means of an additional pulley /

/ Sur l'arrière +/-10° moyennant une poulie additionnelle / Nach hinten +/-10° durch eine zusätzliche Seilrolle

Las capacidades de carga indicadas al 75% están referidas a las normas DIN 15019(2) y DIN 15018(2,3). Cargas en t. Máxima velocidad de viento 9 m/s.

Para obtener la carga de elevación útil hay que restar de las capacidades indicadas en las tablas el peso del gancho, cables, eslingas y accesorios.

The tabulated load ratings at 75% relate to DIN 15019(2) and DIN 15018(2,3) standards. Loads in t. Maximal wind speed in 9 m/s.

In order to obtain the net lifting capacity the weight of hook block, ropes, slings and accessories must be reduced from the tabulated lifting capacity.

Les capacités de charge au 75% sont référées aux normes DIN 15019(2) et DIN 15018(2,3). Charges en t. Vitesse maximale du vent 9 m/s.

Pour obtenir la capacité de levage utile on doit soustraire le poids du moufle, des câbles et des accessoires de la capacité de levage des tableaux.

Die angegebenen Traglasten bei 75% entsprechen DIN 15019(2) und DIN 15018(2,3). Lasten in t. Maximale Windgeschwindigkeit 9 m/s.

Zur Erreichung der Nutzlast ist das Gewicht der Haken, Kabel und des Zubehörs von den in den Tabellen angegebenen Traglasten abzurechnen.

Tabla 3.1 Capacidades de carga de la grúa GT-50/38



## CASO PRACTICO: UTILIZACION DE GRUA MOVIL EN CAMPO, DESMONTAJE DE GRUA TORRE CON GRUA MOVIL

---

A continuación se describen las condiciones de trabajo para la instalación de una grúa hidráulica que se emplea como equipo auxiliar para el desmontaje de una grúa torre, en la obra “Edificio Residencial Acapulco” Ubicada en la calle de Acapulco No. 37 esquina con Sinaloa en la Colonia Roma Norte en la ciudad de México D.F.

### 4.1.- Estudio de mecánica de suelos

El predio en cuestión se localiza en la calle de Acapulco No. 37, esquina con Sinaloa, en la colonia Roma Norte, en México, D.F. Presenta una superficie sensiblemente plana y horizontal.

De acuerdo a las características de la grúa KRUPP KMK 4070 así como el peso máximo de las piezas, se tiene que el peso que soportará el suelo será de 55.0 t de peso de la grúa hidráulica, más 11.0 t de contrapesos propios de la grúa, 3.0 t de la pieza más pesada a desmontar de la grúa Torre GT-108, que en total suman 69 t .

El peso máximo unitario queda determinado de la siguiente forma:

$$\frac{69.0t}{4(A)} = PMU \quad (4.1)$$

Donde:

$A_{est}$  : superficie de apoyo entre el estabilizador y el suelo =  $B * L$

Fig. 4.1 e imagen 4.14

$PMU$  : peso máximo unitario

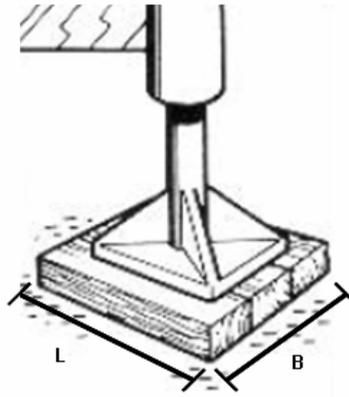


Fig. 4.1 Dimensiones de la base de apoyo

Sustituyendo en (4.1)

$$PMU = \frac{69t}{4(1.5m * 2m)} = 5.75 \text{ t/m}^2$$

El peso máximo unitario es considerado como la carga última.

#### Trabajos de exploración

Los trabajos de exploración consistieron en la ejecución de un sondeo mixto de penetración estándar y muestreo inalterado con tubo Shelby (SM-1), llevado hasta una profundidad de 20.95 m, así como la excavación de un pozo a cielo abierto (PCA-1), llevado hasta 1.8 m de profundidad.

La estratigrafía encontrada en los sondeos SM-1 y PCA-1 se indica en las tablas 4.1 y 4.2 respectivamente.

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD ( m )	DESCRIPCION Y PROPIEDADES
1	0.0 a 0.2	Firme de concreto y relleno
2	0.2 a 1.0	Relleno heterogéneo de pedacería de tabique, cascajo, etc. N=16, w=26%, $\gamma=1.5$ t/m <sup>3</sup>
3	1.0 a 2.4	Limo arcilloso poco arenoso café claro. N=2, w=69%, LL=66%, LP=36%, IP=30% (MH)
4	2.4 a 3.2	Arena pómez gris. w=61%, $\gamma=1.61$ t/m <sup>3</sup> , Cu=2.1t/m <sup>2</sup>
5	3.2 a 3.8	Limo arenoso con poca arcilla. N=6, w=88%
6	3.8 a 5.6	Arcilla con arena negra. N=3, w=90%
7	5.6 a 9.0	Arcilla gris rojiza. N=1, w=382%, LL=352%, LP=89%, IP=263% (CH), $\gamma=1.15$ t/m <sup>3</sup> , Cu=2.2 t/m <sup>2</sup>
8	9.0 a 9.6	Arena negra con arcilla roja. N=4, w=396%
9	9.6 a 12.2	Arcilla gris verdoso. N=2, w=351%, $\gamma=1.17$ t/m <sup>3</sup> , Cu=2.5t/m <sup>2</sup>
10	12.2 a 12.6	Arcilla rojiza con limo gris. N=9, w=308%
11	12.6 a 12.8	Lente de arena. N=16, w=32%
12	12.8 a 17.5	Arcilla gris verdosa. N=1, w=221%
13	17.5 a 20.95	Arcilla rojiza con arena gris. N=5, w=160%, $\gamma=1.25$ t/m <sup>3</sup> , Cu=2.9t/m <sup>2</sup>
Profundidad del nivel de agua freática NAF= 1.6m		
Módulo de deformación E=750 t/m <sup>2</sup>		
N= número de golpes en la prueba de penetración estándar		
w= contenido natural de agua $\gamma$ =peso volumétrico natural		
LL= límite líquido LP= límite plástico IP= índice plástico		
Cu= cohesión aparente determinada en prueba de compresión triaxial no consolidada-no drenada		

Tabla 4.1 Sondeo SM – 1

ESTRATO No.	PROFUNDIDAD ( m )	DESCRIPCION Y PROPIEDADES
1	0.0 a 0.2	Firme de concreto y relleno
2	0.2 a 0.8	Relleno heterogéneo de pedacería de tabique, cascajo, etc.
3	0.8 a 1.3	Relleno heterogéneo de cascajo con limo arenoso.
4	1.3 a 1.8	Relleno de arcilla limosa
Profundidad del nivel de agua freática NAF= 1.6 m		

Tabla 4.2 Sondeo PCA - 1

El nivel de agua freática (NAF) se encontró a 1.6 m de profundidad.

Pruebas de laboratorio:

Las muestras extraídas de los sondeos se sometieron a las siguientes pruebas de laboratorio:

- ◆ Propiedades índice:
  - Contenido natural de agua
  - Clasificación visual y al tacto
  - Límites de plasticidad
- ◆ Propiedades mecánicas:
  - Compresión no confinada
  - Rebote elástico
  - Compresión triaxial no consolidada-no drenada
  - Consolidación unidimensional

Los resultados de los ensayos de laboratorio se muestran en la tabla 4.1 (sondeo SM-1).

Estratigrafía y propiedades

La estratigrafía y propiedades encontradas en los sondeos SM-1 y PCA-1 se muestran en las tablas 4. 1 y 4.2, respectivamente.

De acuerdo con el perfil estratigráfico de la tabla 4.1 (sondeo SM-1), el subsuelo en el sitio es típico de la llamada *zona del lago* de la ciudad de México (zona III del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal). Se observa que la costra superficial alcanza los 3.8 m de profundidad. A partir de ésta y hasta la máxima profundidad explorada de 20.95 m, se encuentra la serie arcillosa superior. Dentro de esta serie arcillosa se encuentran lentes intercalados de arena, a las profundidades de 9.0 a 9.6 y de 12.6 a 12.8 m. El nivel de agua freática (NAF) se encontró a 1.6 m de profundidad.

Revisión de la seguridad del terreno

Para el cálculo de los estados límite de falla y de servicio se consideró al suelo como puramente cohesivo.

- a) Estados límite de falla

a.1) Primera combinación de acciones. Cargas permanentes más cargas variables.

El Reglamento de construcciones para el Distrito Federal establece que en suelos cohesivos se debe verificar la siguiente desigualdad

$$\sum QF_c / A < c_u N_c F_R + p_v \quad (4.2)$$

$$\text{Sean } q_{ult} = \sum QF_c / A \quad (4.3)$$

$$q_R = c_u N_c F_R + p_v \quad (4.4)$$

Se debe cumplir  $q_{ult} < q_R$

En las expresiones anteriores:

$F_c$  = factor de carga= 1.4 (condiciones estáticas)

$\sum QF_c / A$  = suma de las acciones verticales, dividida entre el área de los 4 apoyos de la grúa, afectadas las acciones por sus respectivos factores de carga=

$$\text{carga} = \frac{69t * 1.4}{4(1.5m * 2m)} = 8.05 \text{ t/m}^2$$

$$q_{ult} = 8.05 \text{ t/m}^2$$

$p_v$  = presión vertical total a la profundidad de desplante por peso propio del suelo. Para este análisis la  $p_v = 0 \text{ t/m}^2$  debido a que no hay profundidad de desplante.

$c_u$  = cohesión aparente=2.1  $\text{t/m}^2$

$D$  = profundidad que penetración en el estrato de apoyo,  $D = 0 \text{ m}$  no hay profundidad de desplante.

$N_c$  es el coeficiente de capacidad de carga, dado por:

$$N_c = 5.14(1 + 0.25D/B + 0.25B/L) \quad (4.5)$$

$$\frac{D}{B} = \frac{0m}{1.5m} = 0 \quad \text{y} \quad \frac{B}{L} = \frac{1.5m}{2m} = 0.75$$

Cumplen con su respectiva condición  $D/B < 2$  y  $B/L < 1$

Calculando  $N_c$

$$N_c = 5.14(1 + (0.25 * 0) + (0.25 * 0.75)) = 6.1$$

Calculando  $q_R$

Considerando  $F_R = 0.7$  por ser arcilla en la zona III

$$q_R = 2.1 * 6.1 * 0.7 + 0$$

$$q_R = 8.96 \text{ t/m}^2$$

De cálculos anteriores se tiene:

$$q_{ult} = 8.05 \text{ t/m}^2$$

Por lo tanto  $8.05 \text{ t/m}^2 < 8.96 \text{ t/m}^2$ , cumple con la condición  $q_{ult} < q_R$ , entonces no tenemos problema por capacidad de carga del suelo.

#### Asentamiento inmediato por compresión

Debido a un incremento neto de carga de  $8.0 \text{ t/m}^2$ , y utilizando el módulo de deformación inmediato  $E=750.0 \text{ t/m}^2$  y  $\nu=0.45$ , se determina el hundimiento inmediato por compresión.

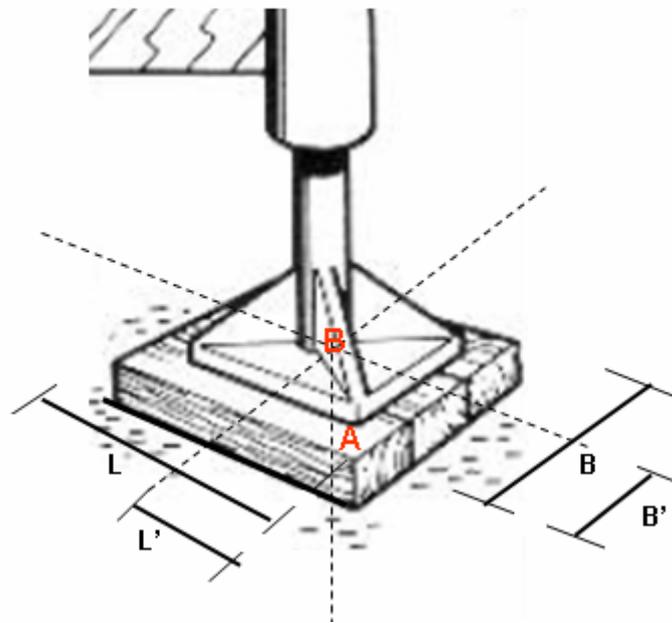


Fig. 4.2 Asentamiento inmediato por compresión

En función de  $L'$  y  $B'$  se determina la deformación en el punto A, posteriormente se calcula la deformación total en el punto B.

$$L' = \frac{2m}{2} = 1.0 \text{ m} \quad \text{y} \quad B' = \frac{1.5m}{2} = 0.75 \text{ m}$$

$$\text{De la ecuación } \delta = [q(1-\nu^2)/(\pi E)] \left( L \ln \frac{B + \sqrt{B^2 + L^2}}{L} \right) + B \ln \frac{L + \sqrt{L^2 + B^2}}{B}$$

Se determina la deformación en A:

$$\delta = \left[ \frac{8(1 - 0.45^2)}{3.1416 * 750} \right] \left( 1 \ln \frac{0.75 + \sqrt{0.75^2 + 1^2}}{1} \right) + 0.75 \ln \left( \frac{1 + \sqrt{1 + 0.75^2}}{0.75} \right)$$

$$\delta = 2.06 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Calculando la deformación total en el punto B:

$$\delta_T = 4\delta$$

$$\delta_T = 4 * 2.06 \times 10^{-3}$$

$$\delta_T = 8.24 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta_T = 0.823 \text{ cm}$$

El asentamiento inmediato por compresión que se espera es menor a 1.0 cm, por lo tanto se puede afirmar que la deformación no es significativa.

#### **4.2.- Características del equipo a desmontar, grúa torre modelo GT-108.**

Este equipo fue montado a una altura bajo gancho de 32.0 m compuestos de 8 elementos con los que la grúa se encontró bajo condiciones de autoestabilidad, el alcance de la flecha fue de 36.0 m y una capacidad de carga máxima a esa distancia de 1000.0 kg y de 3000.0 kg a una distancia de 14.5 m, contaba con 4 lastres aéreos de 1500.0 kg cada uno y de 16 lastres de bancada con un peso de 2000.0 kg cada uno. La siguiente figura esquematiza las características de la grúa torre y su capacidad de carga.

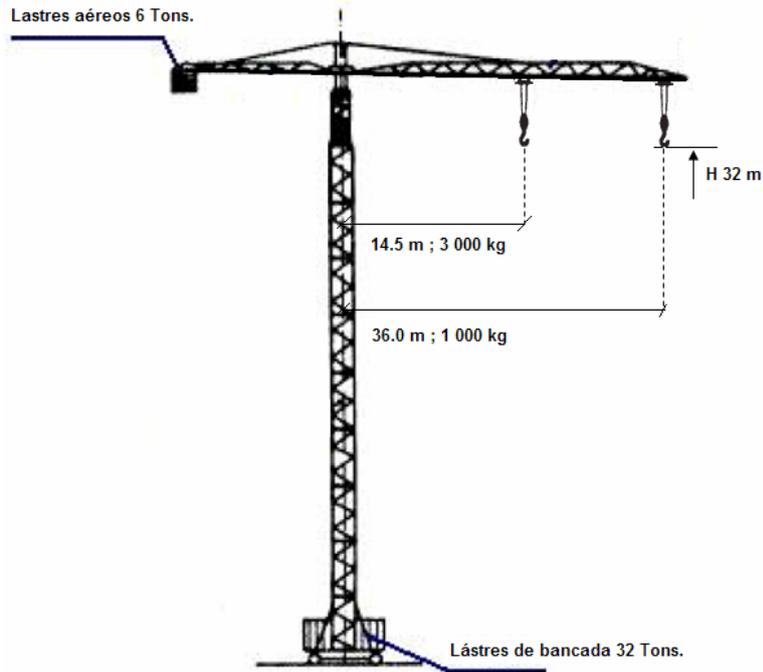


Fig.4.3 Características de la grúa torre GT-108

El trabajo que estuvo realizando la grúa torre dentro de la obra fue principalmente el de movimiento de materiales y como apoyo para el colado de diferentes elementos por medio de bachas con concreto imagen 4.1, esta grúa estuvo en la obra un tiempo aproximado de seis meses y fue retirada el pasado 23 de julio del presente año.



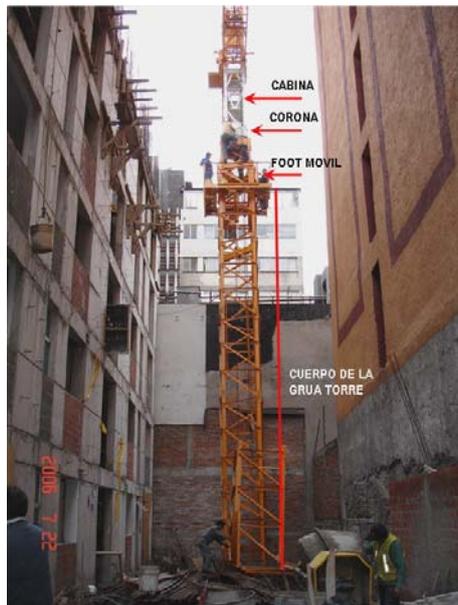
a)



b)

Imagen 4.1 Actividades de una grúa torre en obra

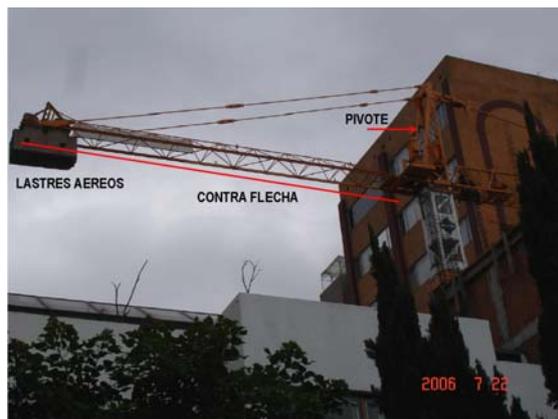
Las siguientes imágenes presentan los diferentes componentes de la grúa torre, modelo GT-108.



a)



b)



c)

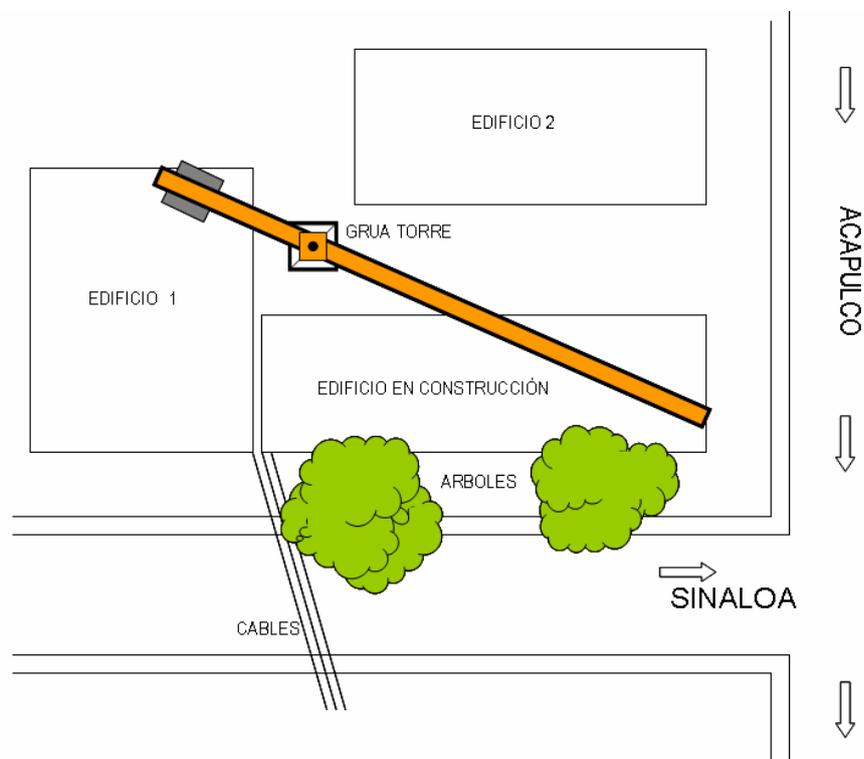
Imagen 4.2 Componentes de la grúa torre

### 4.3.- Desmontaje de la grúa torre GT-108

En todo proceso de izaje existen variables a controlar por tal motivo es conveniente establecer un plan de trabajo que permita definir el proceso más adecuado para la ejecución del mismo. En este último apartado se pretende describir una situación real de desmontaje de grúa torre, con los diferentes factores que influyen en su desarmado, todo esto apoyado por los correspondientes procesos que deberán buscar la optimización de los recursos

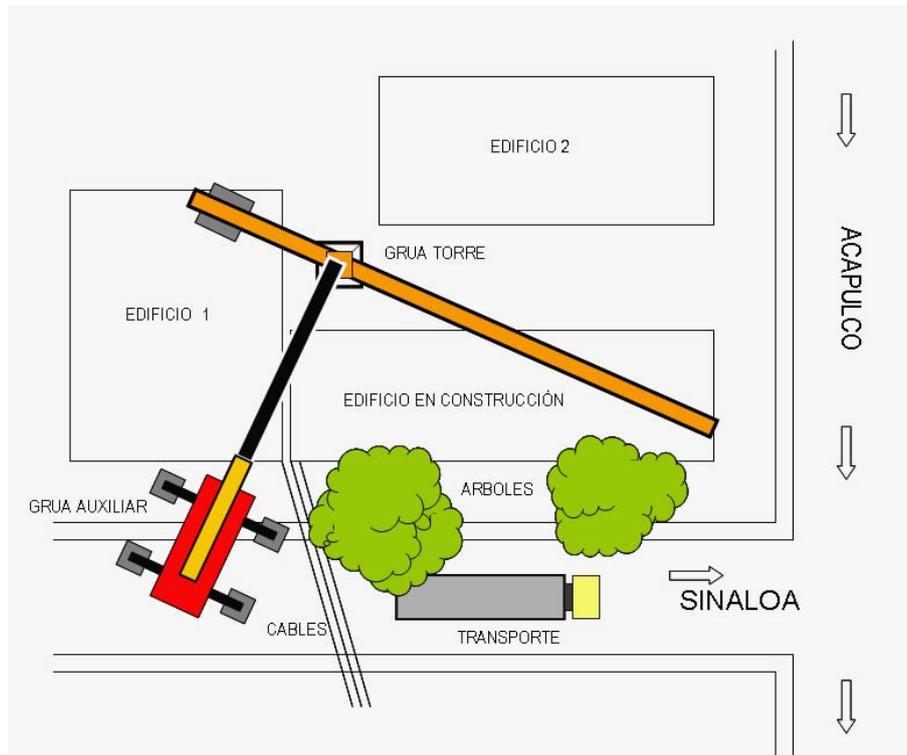
y la seguridad del personal, del equipo, de las piezas a mover, así como del entorno de trabajo.

Para establecer un plan de trabajo, se debe tener una visión global de operación, es decir, se deben tener en cuenta todos los recursos que intervienen como el equipo, herramienta, mano de obra, espacio físico, etc., los cuales darán los aspectos técnicos a considerar. En este ejemplo un aspecto importante que se tomó en cuenta fue que la grúa torre se ubicaba entre tres edificios, que no permitían que la grúa auxiliar hiciera el desmontaje al pie de la grúa torre, croquis 4.1.



Croquis 4.1 Condiciones físicas del sitio de trabajo

El espacio físico define el procedimiento de desarmado de la grúa torre, la ubicación que de la grúa auxiliar y el transporte.



Croquis 4.2 Ubicación de la grúa auxiliar y transporte

La visita permite definir las características con las que debe contar el equipo de desmontaje, es decir, la capacidad de carga, alcance y dimensiones de la grúa auxiliar; ayuda también a una mejor planeación de la maniobra facilitando la detección de posibles complicaciones que pudieran traer como consecuencia problemas de seguridad y costos. Para el caso del desmontaje en la colonia Roma Norte se solicitó a tiempo, después de ver que el trabajo se realizaría desde la calle, que se retiraran los autos que estorbaban y que corrían algún peligro estando estacionados cerca de donde se ubicaría la grúa móvil y del radio de trabajo que ésta cubriría.



Imagen 4.3 Obstáculos aéreos y terrestres

Antes de iniciar cualquier trabajo el supervisor debe prever el equipo y herramientas a emplear para cualquier maniobra, en este desmontaje fue el siguiente:

#### Equipo de desmontaje

Para determinar el tipo de grúa auxiliar se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- ◆ Peso máximo que deberá levantar la grúa auxiliar
- ◆ Altura máxima
- ◆ Radio de trabajo

La pieza de mayor peso de la grúa torre GT-108 es el pivote con 3.0 t de peso, la altura máxima para el desmontaje es de 32.0 m y el radio de trabajo fue de 24.0 m, con estos datos se determinó que el trabajo se podía realizar en dos etapas, la primera con una grúa hidráulica de 80.0 t que desmontaría hasta el *foot movil* de la grúa torre y la segunda etapa con una grúa también hidráulica pero de 40.0 t para desmontar hasta la base de la grúa torre, aunque se podía realizar todo el desmontaje con la grúa de 80.0 t se buscó la forma de reducir el

costo de la maniobra, empleándose una grúa de menor capacidad después de que la grúa de 80.0 t bajara las piezas de mayor peso y altura.

La altura del edificio tenía que considerarse para evitar que la pluma de la grúa auxiliar chocara con el mismo e impidiera llegar al centro de la grúa torre.



a)



b)

Imagen 4.4 Alturas críticas

Las características generales de ambas grúas son las que se presentan de manera esquemática en la siguiente figura 4.5

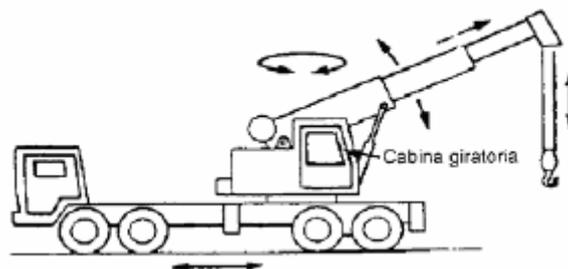


Figura 4.4 Grúa montada sobre ruedas con pluma telescópica y múltiple estación de control.

### Descripción de la grúa KRUPP KMK 4070

Grúa Hidráulica para todo terreno hace las veces de una grúa sobre camión además de poder desplazarse con gran facilidad en el terreno propio de una obra, con sus tres extensiones y su pluma básica alcanza una longitud total de 37.2 m de pluma sin aguilón.



Imagen 4.5 Grúa hidráulica de 80.0 t

### Descripción de la grúa GROVE TMS300B

Esta grúa montada sobre camión, tiene una capacidad de 40.0 t, pluma de cuatro secciones de las cuales la primer sección es la pluma básica las segunda y tercera son hidráulicas y la última es manual juntas dan un total de 32.5 m de longitud.



Imagen 4.6 Secciones de pluma de grúa hidráulica

La estructura de ambas es giratoria, lo cual permite que la estructura superior incluida la pluma y equipo de mando, giren sobre su base, finalmente se puede mencionar también que en los dos casos, los equipos cuentan con pluma telescópica debido a que están formadas por varias secciones que permiten variar su longitud mediante un funcionamiento hidráulico.

Herramienta:

Llave de tuercas: para el ensamble de la grúa torre se utilizan pernos ó tornillos y tuercas para unir los distintos elementos, por ende, esta herramienta es de vital importancia para su desarmado, se debe prever la medida adecuada de la llave.

Radio transmisor: para facilitar la comunicación entre el operador de la grúa auxiliar y los montadores, es necesario contar con este elemento.



Imagen 4.7 Radio transmisor

Estrobo y cadenas: estos se utilizan para el amarre de las piezas y serán los apropiados para soportar la carga, además deberán estar en buenas condiciones.

Grilletes: une al estrobo con la carga en el punto de izaje.



Imagen 4.8 Cadenas Pulpo de 4 brazos



Imagen 4.9 Grillete y Estrobo



Imagen 4.10 Cables en mal estado

Gancho: el gancho de la grúa auxiliar es el elemento al cual se sujetan los cables o cadenas para poder desmontar las piezas y bajarlas al lugar donde serán ubicadas.



Imagen 4.11 Gancho de la grúa auxiliar

Las cadenas mostradas en la Imagen 4.5 cargan en cada rama 1.5 t, en conjunto soporta hasta 6.0 t, el estrobo tiene una capacidad de carga de 4.5 t de forma vertical.

Marro: se usa para ayudar a sacar los pernos ó tornillos.

Sogas: están destinadas para guiar el elemento izado, deberán tener la longitud y resistencia necesaria.



Imagen 4.12 Soga para guiar la carga

Las normas de seguridad para el desmontaje de la grúa torre deben ser comprendidas por todos los involucrados en la maniobra. Los maniobristas, operador y supervisor deberán saber que:

- ◆ No deben estar bajo la pluma de la grúa hidráulica con la carga suspendida dentro del radio de acción.
- ◆ El operador no debe izar la carga hasta que se hayan retirado los maniobristas a una distancia segura y hasta que la carga haya sido bien estrobada.
- ◆ El operador sólo retirará la pluma una vez que se haya ubicado perfectamente la carga y hasta que se le hayan retirado los elementos de sujeción y amarre.
- ◆ Sólo deberá dirigir una sólo persona la maniobra (señalero), con el cual el operador deberá estar coordinado durante la maniobra.



Imagen 4.13 Señales de mano

- ◆ Todo el personal deberá usar el equipo de seguridad apropiado, guantes, casco, botas, etc.

El operador de la grúa auxiliar deberá comprender todas las actividades a realizar durante la maniobra de desmontaje, para evitar cualquier complicación, por tal razón el supervisor verificó junto con él lo siguiente:

- ◆ Las piezas de la grúa torre de mayor peso
- ◆ Las condiciones de los elementos de sujeción y amarre, deben estar en buen estado.
- ◆ Detectar si hay algún peligro con los cables que conducen electricidad que se encuentran cerca del área de trabajo. Al respecto, en este trabajo se tenían cables de baja tensión cerca de la estructura de la grúa hidráulica, por lo tanto la pluma de la grúa se encontró siempre alejada de ellos una distancia mínima de 1.0 m, aunque éstos no representaban ningún peligro porque los cables tenían material aislante.
- ◆ El terreno, para evitar que durante la maniobra éste pudiera ceder debido a la presión ejercida por el peso de la grúa junto con el de la carga. A pesar de que la grúa auxiliar se ubicó en una superficie estable y sin una pendiente significativa, el estudio de mecánica de suelos recomendó emplear planchas de madera cuyas dimensiones fueran de 1.5 m de ancho por 2.0 m de largo, para distribuir la carga y garantizar que no se presentaría ningún hundimiento en el suelo.



Imagen 4.14 Planchas de madera

- ◆ La posición de la grúa auxiliar que considera la distancia a la cual se encuentra el centro de la grúa torre y los diferentes obstáculos aéreos y terrestres.
- ◆ La ubicación de los camiones que deberá ser lo más cerca del punto de descarga y en posición que facilite la carga de las piezas al mismo.
- ◆ La ubicación y altura de los edificios adyacentes, tres en este caso que impiden se realice la maniobra al pie de la grúa torre.
- ◆ Cerrar la calle para evitar el tránsito vehicular y peatonal durante la ejecución del desmontaje y evitar que la gente se acerque a la zona de trabajo.
- ◆ Se deberán asegurar también que la grúa auxiliar quede perfectamente anclada, con los estabilizadores completamente extendidos y las condiciones de horizontalidad que las tablas de capacidad de la grúa exigen (completamente horizontal).



Imagen 4.15 Anclaje de la grúa auxiliar



Imagen 4.16 Contrapesos de grúa hidráulica

- ◆ El supervisor deberá también recomendar al encargado de la obra contar para el día del desmontaje con los permisos por parte de la delegación para poder trabajar en la vía pública y ocupar el espacio de los vecinos.

Mano de obra empleada durante el desmontaje

Maniobristas: (4) fueron los encargados de estrobar los elementos de la grúa torre. Fueron los responsables de sujetar y amarrar la carga de tal manera que se garantizara su desplazamiento y elevación o descenso de forma horizontal. Dos de ellos desarmaron la grúa torre y los otros dos cargaron los camiones con las piezas que iban bajando.

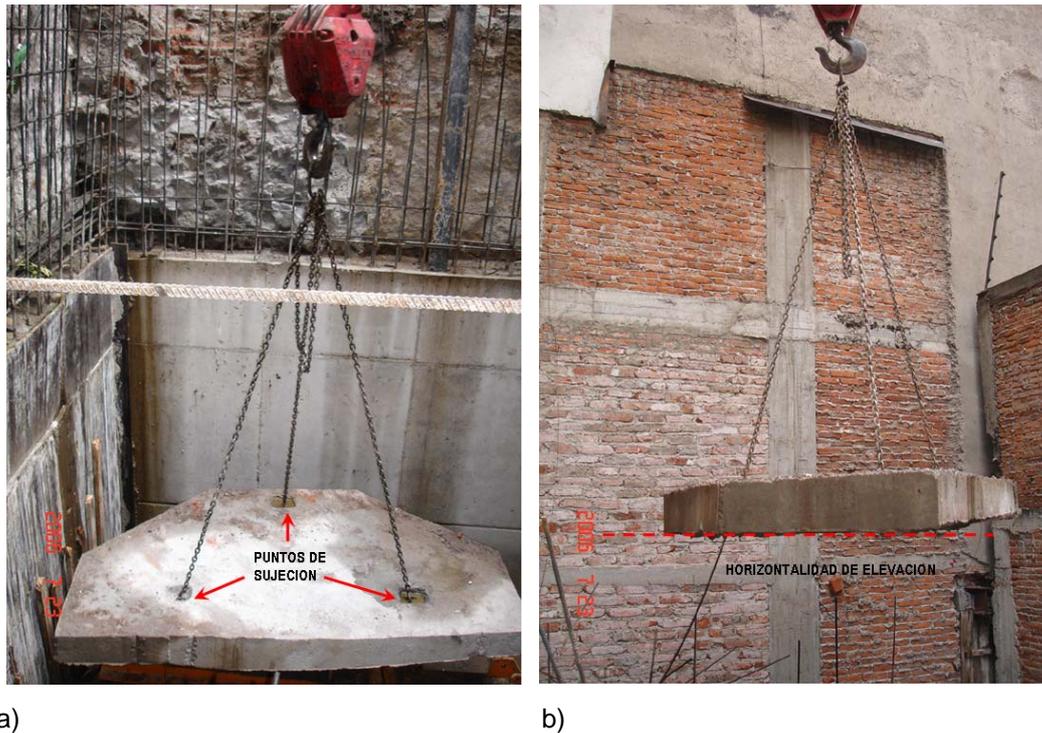


Imagen 4.17 Horizontalidad de elevación

Señalero: (1) fue quien se encargó de dar indicaciones de los movimientos que debía ejecutar el operador de la grúa auxiliar, guiándolo por medio de señales o a través de los radios de comunicación de corto alcance.

Operador de grúa auxiliar: (1) Ejecutó los movimientos que se realizaron con la grúa auxiliar móvil.

Supervisor: (1) Fue el responsable de coordinar, gestionar y dirigir los distintos aspectos contemplados en el plan de trabajo de desmontaje de la grúa torre, además de exigir que se cumplieran con la medidas de seguridad consideradas.

Operador de trailer: (2) fueron quienes trasladaron de regreso a su base las piezas de la grúa torre.

Desarmado de la grúa torre y transportación de las piezas

Los primeros elementos en retirarse fueron los lastres aéreos, la razón de iniciar con ellos es porque en los camiones se deben acomodar las piezas de





a)



b)

Imagen 4.20 Descenso del 2º tramo de flecha

La primer plataforma se cargó con las piezas que a continuación se mencionan:

- ◆ 4 lastres aéreos de 1.0 t cada uno,
- ◆ 36.0 m de flecha que completa tiene un peso de 3.0 t,
- ◆ 1 caja de poleas,
- ◆ 1 polea para rendimiento del carro,
- ◆ 1 malacate y su motor.



Imagen 4.21 1ª Plataforma cargada

Las últimas piezas que bajó la grúa de 80.0 t fueron el pivote, cabina y corona, y el “foot móvil” , el resto se desarmaron con la ayuda de la grúa de 40.0 t.



Imagen 4.22 Descenso del pivote



Imagen 4.23 Descenso de cabina y corona

Como se observa en la imagen 4.24 la pasarela no descendió en perfectas condiciones de horizontalidad, aunque la ubicación de los puntos de izaje fueron correctos el largo de cada rama de las cadenas fue diferente, originando con ello que la pieza se inclinara hacia el lado donde las cadenas estaban más largas.

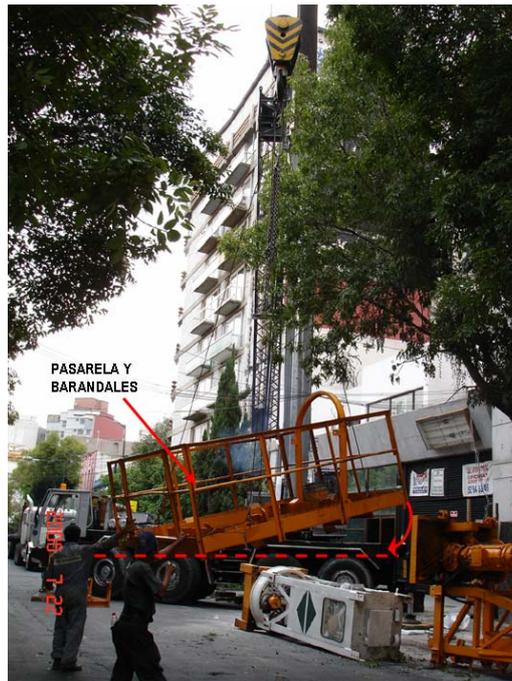


Imagen 4.24 Descenso de pasarela y barandales

Como se mencionó el desmontaje se realizó en dos etapas y después de bajar el “foot móvil” la grúa de 80.0 t se retiró para que continuara el desmontaje la grúa de 40.0 t, esta grúa retiró los lastres de bancada, el cuerpo de la grúa y su base.



a)



b)

Imagen 4.25 Grúa auxiliar de 40.0 t



Imagen 4.26 Retiro de lastres de bancada Imagen 4.27 Desarmado del cuerpo de la grúa torre  
La segunda plataforma se cargó con los siguientes componentes:

- ◆ Pivote con peso de 3.0 t,
- ◆ Corona y cabina con 3.0 t de peso,
- ◆ 5 lastres de bancada que en total sumaban un peso de 10.0 t,
- ◆ *Foot movil* con peso de 3.0 t siendo ésta una de las piezas más pesadas de la grúa torre,
- ◆ 1er elemento del cuerpo de la grúa que pesaba 700.0 kg aproximadamente, y
- ◆ Algunos componentes menores como la pasarela (pasillos y barandales), la tapa de la cabina, un transformador y una bomba hidráulica, que juntos tenían un peso aproximado de 350.0 kg.



Imagen 4.28 2ª Plataforma cargada

Las últimas piezas en ser retiradas fueron tres lastres de bancada, la base de la grúa torre y sus ejes.



Imagen 4.29 Lastres de bancada, base y ejes



Imagen 4.30 Desalojo del sitio

En la tercera plataforma se colocó lo siguiente:

- ◆ 8 lastres de bancada con peso total de 16.0 t,
- ◆ 4 elementos del cuerpo de la grúa torre de 3.0 m cada uno y peso total de 11.2 t.



Imagen 4.31 3ª Plataforma cargada

La cuarta y última plataforma fue cargada con:

- ◆ 3 lastres de bancada de 2.0 t cada uno,
- ◆ El elemento base de 1.2 t,
- ◆ 4 contrafuertes con peso de 320.0 kg cada uno,
- ◆ 2 ejes de 600.0 kg cada uno, y
- ◆ La base o chasis de 1.0 t.



Imagen 4.32 4ª Plataforma cargada

Cuando se terminó de cargar la última plataforma, la grúa auxiliar pudo empezar a desarmarse, recogiendo su pluma y estabilizadores y al retirarse y abrir nuevamente la calle para reanudar el tránsito se dio por terminada la maniobra de desmontaje de la grúa torre GT-108.



---

## CONCLUSIONES

---

Después de la realización de esta tesis, y considerando la idea central basada en la seguridad para los procesos de izaje con grúa móvil, se pueden mencionar las siguientes conclusiones:

1.- El empleo de grúas móviles, en la industria de la construcción, hace que las tareas propias de una obra civil sean más ágiles, favoreciendo la terminación y entrega de la misma bajo las condiciones de tiempo y forma previamente establecidas. Prevenir los riesgos entorno a los procesos de izaje incrementa la eficacia y eficiencia de cualquier obra.

2.- En todo trabajo de elevación y movimiento de carga realizado por medio de grúa móvil, se debe garantizar la seguridad e integridad del personal involucrado, del equipo, del entorno y de las piezas a mover. Para cumplir con lo anterior se identificaron los posibles factores de riesgo que pudieran ser causa de algún accidente durante la ejecución de las maniobras, mismos que a continuación se mencionan.

- ◆ Condiciones físicas del sitio de trabajo: existencia de algunos obstáculos, tales como cables, líneas eléctricas, árboles, edificio, incluye también las condiciones de accesos por donde entraría la grúa móvil a la obra.
- ◆ Capacidad de carga del suelo
- ◆ Condiciones de estabilidad estructural
- ◆ Práctica segura por parte del personal que opera el equipo y ejecuta los trabajos.

3.- Para evitar accidentes graves hay que considerar los siguientes criterios:

- Las cuerdas que se emplean para sujetar la carga a izar, no deben tener ángulos mayores a  $60^{\circ}$  con respecto a la vertical debido a que la pérdida de la capacidad de elevación se ve reducida en un 50%.

- La sujeción de la carga debe hacerse respecto al centro de gravedad, de tal forma que se garantice la elevación de la misma bajo perfectas condiciones de horizontalidad y así evitar su caída ó deslizamiento.
- La grúa debe trabajar dentro de sus límites de carga, jamás debe levantar más peso del que se especifica en sus tablas de capacidad, respetando el rango de carga y radio de trabajo, evitando de esta forma que el momento de volteo exceda al momento resistente.
- Las condiciones del suelo deben garantizar que éste soporte la acción del peso de la grúa junto con las piezas a elevar y que no se presente deformación alguna. Es decir, que la capacidad de carga del suelo sea suficiente para evitar algún hundimiento o falla del terreno.

5.- Un estudio de mecánica de suelos exclusivamente para la realización de los trabajos de izaje con grúa móvil sería incosteable, afortunadamente las obras civiles cuentan con estas pruebas y de sus resultados se pueden recopilar los datos necesarios para analizar las condiciones de capacidad de carga y posible deformación del suelo.

6.- Finalmente en el caso práctico se puede apreciar que todas las medidas de seguridad y prevención de riesgos que se tomaron en cuenta durante el trabajo, aseguraban exclusivamente la integridad del equipo, de las piezas y del entrono; pero no del personal, ya que éste sólo utilizó botas y guantes faltando el uso del equipo de seguridad como lo es el casco y arnés, que puede prevenir de un gran siniestro porque el personal trabajó a más de 35 m de altura.



## RECOMENDACIONES

---

Esta tesis puede ser empleada como una guía práctica o manual de consulta para aquellas personas que se relacionan de una u otra forma con los trabajos de izaje, ya que en su conjunto proporciona recomendaciones útiles que ayudan a evitar accidentes durante el uso de equipos de elevación de carga, la mayoría de las consideraciones no sólo se aplican para el caso de grúas móviles sino también para grúas tipo torre, pórtico y derricks.

Este trabajo puede servir como apoyo didáctico para algunas materias de ciencias básicas que se cursan durante el tronco común de las ingenierías, debido a que se ve la aplicación real de conceptos tales como; centro de gravedad, momento, condiciones de equilibrio y estabilidad (diagrama de fuerzas), cálculo del peso mediante el volumen y densidad de los cuerpos, por mencionar algunos.

Para aquellos interesados en el tema y en la seguridad dentro de la industria de la construcción, se les recomienda visitar el sitio de Internet de la Occupational Safety & Health Administration (OSHA) así como de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), ahí encontrarán medidas y estándares internacionales relacionados con la seguridad y prevención de accidentes en obra.

Se recomienda para las empresas que se dedican a la renta de grúas es, que pongan en práctica un sistema de gestión de la seguridad que asegure que todas las medidas de prevención de riesgos se lleven acabo, ya que es poco útil contar con un manual de seguridad si éste no se implementa. La introducción de este instrumento trae un efecto positivo dentro de la organización, reduce peligros y riesgos, ayudando a alcanzar una mayor productividad, conformando una empresa más confiable y segura.



---

## BIBLIOGRAFIA

---

HOWARD Shapiro, JAY Shapiro

Cranes and Derricks

McGraw Hill, tercera edición

New York, 1991

HIGGINS Lindley R., MACDONALD Joseph A.

Handbook of Rigging for Construction and Industrial Operations

McGraw Hill, cuarta edición

Boston, 1989

DEMENEGHI Agustín, PUEBLA Margarita, SANGINES Héctor

Análisis y Diseño de Cimentaciones, Tomo I

Facultad de Ingeniería

México, 2003

DEMENEGHI Agustín, SANGINES Héctor

Estudio de Mecánica de Suelos

Página electrónica

[www.osha.gov](http://www.osha.gov)

“Occupational Safety & Health Administration”

2006

Página electrónica

[www.oit.org](http://www.oit.org)

“Organización Internacional del Trabajo”

2006