



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**ASPECTOS GENERALES SOBRE EL MONTAJE, INSTALACIÓN Y
OPERACIÓN DE GRÚAS TORRE EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN **CONSTRUCCIÓN URBANA**

P R E S E N T A:

ING. EDGAR ARTURO JIMÉNEZ REYES

DIRECTOR DE TESINA: **ING. VÍCTOR MANUEL MARTÍNEZ HERNÁNDEZ**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

DICIEMBRE 2017



AGRADECIMIENTOS

A mis padres **Arturo y Lourdes**, a mi hermana **Mónica**, a mi novia **Deniss** y a toda mi familia en general por apoyarme en todas mis decisiones, por alentarme día con día para seguir adelante en este largo camino y no darme por vencido, por sus palabras, sus abrazos y sonrisas, pero principalmente por el sacrificio que cada uno de ustedes hizo para que yo llegara hasta donde estoy.

A mis **amigos y compañeros** que me acompañaron durante gran parte de la carrera y la especialidad, por su paciencia y tolerancia que tuvieron hacia mí, por la ayuda que me brindaron en todo momento, por sus consejos, conocimientos y experiencia que me transmitieron.

A mis **profesores** de la licenciatura y de la especialidad, por haberme transmitido de la mejor manera todos sus conocimientos y por haberme guiado por el camino correcto, porque gracias a ustedes adquiriré un mayor gusto y pasión por la ingeniería.

A mi director de tesina, el **Ing. Víctor Manuel Martínez Hernández**, por haberme ayudado a elegir el tema del presente documento y por brindarme toda su asesoría en la elaboración del mismo, porque el también forma parte de este logro.

Al **Ing. Juan Luis Cottier Caviedes** por contactarme con la empresa “Quiero Casa” y con el **Ing. Luis Alfonso González Montoya**, quienes me permitieron ingresar a la obra del conjunto habitacional “Desarrollo Marsella”, para conocer y obtener información acerca de la grúa torre montada en dicha obra. A la **Arq. Michel Tomé Toriz** y al operador de la grúa **Fernando Ibáñez Lucas** por la atención e información que me brindaron en cada una de las visitas.

A todos, muchas gracias de corazón.



DEDICATORIA

A mi padre, **Edgar Arturo Jiménez Ortiz**, por apoyarme en todo momento y en forma incondicional en mis estudios, porque sé que desde joven te partiste el alma trabajando para darnos a mí y a mi hermana una mejor educación y un mejor futuro, y porque me has enseñado desde pequeño a trabajar honradamente y a valorar las cosas que tenemos...te amo papá...

A mi madre, **Lourdes Reyes Xochihua**, porque sé que te importo abandonar tus sueños y dejar todo con tal de construir los míos y los de mi hermana, no tengo palabras para agradecerte todo lo que haces día con día con tal de ver bien a nosotros tu familia...te amo mamá...

A mi hermana, **Mónica Silvana Jiménez Reyes**, por estar siempre conmigo apoyándome, regañándome y aconsejándome, aunque no siempre estemos de acuerdo en todo y tengamos puntos de vista muy diferentes, siempre estaré a tu lado para lo que necesites...te amo hermana, nunca olvides...

A mi novia, **Deniss Berenice Quiroz**, sabes que llegaste a mi vida en el mejor momento, siempre has estado conmigo en las buenas, en las malas y en la peores, me has apoyado incondicionalmente en todas mis metas, me has demostrado tu amor y tu paciencia, y me gustaría que así fuera siempre...te amo, eres lo mejor que no quería que me pasara.



ASPECTOS GENERALES SOBRE EL MONTAJE, INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE GRÚAS TORRE EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes históricos de las grúas.....	3
3. Tipos de grúas empleadas en la industria de la construcción.....	5
4. Grúas torre.....	9
4.1 Primeras grúas torre.....	9
4.2 Clasificación de las grúas torre.....	11
4.2.1 Según el montaje.....	11
4.2.2 Según el tipo de giro.....	12
4.2.3 Según el tipo de pluma.....	12
4.2.4 Según el tipo de apoyo.....	13
4.3 Elementos que integran una grúa torre.....	13
4.3.1 Grúa torre de pluma horizontal automontable.....	13
4.3.2 Grúa torre automontable de giro superior y pluma basculante.....	15
4.3.3 Grúa torre automontable de giro basal y pluma basculante.....	16
4.4 Aspectos importantes sobre el montaje.....	17
4.4.1 Condiciones de estabilidad.....	19
4.4.2 Emplazamiento.....	20
4.5 Particularidades de la instalación eléctrica.....	21
4.6 Condiciones de operación.....	24
4.6.1 Maniobras de la grúa torre y movimiento de carga.....	24
4.6.2 Interrupciones del trabajo.....	27
4.6.3 Operador: requisitos y responsabilidades.....	28
4.7 Comunicación entre operador y señaleros.....	29



4.8	Medidas de seguridad complementarias.....	32
4.9	Desmontaje	36
5.	Galería fotográfica del montaje y desmontaje de una grúa torre trepadora:	
	Desarrollo Marsella.....	40
6.	Conclusiones	48
7.	Referencias	50

Lista de figuras

Figura 2.1.	Primer antecedente de la grúa, Shaduf	3
Figura 2.2.	Grúa romana	4
Figura 3.1.	Grúa telescópica	5
Figura 3.2.	Grúa montada en vehículo	5
Figura 3.3.	Grúa para terreno accidentado	6
Figura 3.4.	Grúa todo terreno	6
Figura 3.5.	Grúa sobre orugas	7
Figura 3.6.	Grúa pórtico	7
Figura 3.7.	Grúa torre marca Jaso	8
Figura 3.8.	Grúa Derrick Leibheer	8
Figura 4.1.1.	Grúa torre TK-10, 1949	9
Figura 4.1.2.	Grúa torre más alta del mundo, TK-10000	10
Figura 4.2.3.1.	Grúas torre de pluma basculante	12
Figura 4.2.3.2.	Grúas torre de pluma horizontal	13
Figura 4.3.1.1.	Grúa torre convencional con diferentes tipos de apoyo	14
Figura 4.3.2.1.	Grúa torre automontable de giro superior y pluma basculante	15
Figura 4.3.3.1.	Grúa torre automontable de giro basal y pluma basculante	16
Figura 4.4.1.	Secuencia tradicional de las fases de montaje de una grúa torre	18
Figura 4.6.1.1.	Movimientos admitidos de la grúa torre	25



Figura 4.6.1.2. Sujeción correcta de elementos verticales	26
Figura 4.6.1.3. Ángulos formados por los ramales	26
Figura 4.6.1.4. Verificación del pestillo de seguridad	27
Figura 4.7.1. Código de señales entre el operador y señalero	32
Figura 4.9.1. Secuencia tradicional de las fases de desmontaje de una grúa torre	37
Figura 5.1. Conjunto habitacional, Desarrollo Marsella	40
Figura 5.2. Detalle de la estructura de soporte para la grúa torre trepadora	41
Figura 5.3. Elevación y colocación de los elementos de la grúa torre sobre el nivel de montaje	42
Figura 5.4. Fijación de la torre inferior de la grúa	42
Figura 5.5. Estructura de estabilización de la torre	42
Figura 5.6. Apilamiento de la torre	42
Figura 5.7. Montaje de la corona y elementos mecánicos	43
Figura 5.8. Instalación de la caseta de operación	43
Figura 5.9. Montaje de la contrapluma	43
Figura 5.10. Puesta de los contrapesos de montaje	43
Figura 5.11. Colocación de la pluma	44
Figura 5.12. Instalación de los tirantes de la pluma	44
Figura 5.13. Acomodo de los contrapesos de estabilidad	44
Figura 5.14. Control de operación de la grúa torre	44
Figura 5.15. Apoyos estabilizadores de la grúa Derrick	45
Figura 5.16. Montaje de la grúa Derrick	45
Figura 5.17. Desmontaje de contrapesos de equilibrio	45
Figura 5.18. Desmontaje de la pluma	45
Figura 5.19. Retiro de contrapesos de montaje	46
Figura 5.20. Retiro de la caseta de operación	46
Figura 5.21. Desmontaje de la corona y elementos mecánicos	46
Figura 5.22. Retiro de los elementos verticales	46
Figura 5.23. Descenso y transporte de todos los elementos de la grúa torre	47



1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en México, especialmente en sus principales ciudades, el ámbito inmobiliario vertical ha ido ganando terreno, debido al incremento desproporcionado de la población en el país. Como resultado, ha crecido considerablemente la demanda de espacios habitacionales y de trabajo, por lo cual se han venido construyendo edificios multifuncionales de más de 15 niveles, los cuales requieren de un nivel tecnológico y mecánico más complejo. Para lograr el desarrollo de estas edificaciones ha sido necesario emplear equipos y maquinas especializadas para satisfacer las necesidades de cada proyecto. Uno de los equipos especializados más requeridos son las grúas torre, ya que tienen una gran capacidad de carga y existe una considerable variedad de clases y marcas que les permite adaptarse a las condiciones más severas de cada proyecto.

Aunque en la actualidad existen muchas empresas distribuidoras y arrendadoras de grúas, la información publicada sobre ellas en idioma nacional es escasa, debido a que las empresas fabricantes son extranjeras. Por ello este documento tiene como objetivo general hacer una recopilación de información plasmada en manuales, normas y códigos de seguridad referentes a grúas torre. Es importante tomar en cuenta que en cada región del país se tienen diferentes condiciones tanto de suelo como atmosféricas, por lo que es necesario apegarse a la normatividad de cada región tomando como base las recomendaciones de los fabricantes.

En muchos casos es común que los ingenieros residentes o supervisores de obra no cuenten con la información previa necesaria para el montaje, instalación y operación de grúas torre, por lo que este documento tiene el objeto de presentar las consideraciones generales que se deben tomar en cuenta para la realización de dichas maniobras. Esto no quiere decir que él o los ingenieros de la construcción deban conocer a detalle las características y requerimientos de cada tipo de grúa, ni que sean directamente los encargados de llevar a cabo este tipo de actividades, pero si son los responsables de cualquier suceso que pueda ocurrir dentro de la obra, por ello es importante que tengan un conocimiento básico de los equipos utilizados, en este caso de las grúas torre, para que cuando detecten algún inconveniente puedan corregirlo con anticipación y eviten accidentes de trabajo que retrasasen el avance del proyecto. Por otra parte, tienen la responsabilidad de elegir el mejor sitio dentro de la obra para el montaje, ya que dicho lugar no debe interferir con las áreas de construcción. Cualquier movimiento de la grúa debe ser planeado y



coordinado, con la finalidad de que los materiales o equipos desplazados sean colocados en el lugar correcto para evitar errores de proyecto e interferencias constructivas.

Al igual que la tecnología las grúas han ido evolucionando a través de los años, principalmente en su capacidad de carga, los nuevos materiales las han brindado de mayor resistencia y confort, aunque el principio básico se ha mantenido desde las primeras civilizaciones, quienes las utilizaron para la construcción de monumentos, propios de su cultura. Además de grúas torre existen otros tipos de grúas utilizadas en la construcción, con características y arreglos especiales que las hace convenientes para cada tipo y magnitud de proyecto. Propiamente para el montaje de una grúa torre es necesario utilizar una grúa móvil de pluma telescópica que ayude al levantamiento y emplazamiento de los elementos que la integran.

La principal ventaja de utilizar grúas torre en la construcción es que ocupan poco espacio y permiten el traslado horizontal y vertical de objetos a grandes distancias, que les es posible alcanzar con su propia pluma. Así mismo pueden alcanzar grandes elevaciones desde su base o incluso pueden crecer junto con las edificaciones al montarse sobre la estructura de estas últimas. Para la realización de cualquier movimiento las grúas deben contar con un operador y cuando menos un señalero que les indique a través de un código de señales, la orientación y la velocidad de los movimientos.

Este documento no pretende ser una guía que deba seguirse al pie de la letra en la utilización de grúas torre, únicamente muestra recomendaciones generales que son aplicables para casos generales, cada ingeniero encargado de la obra deberá tomar en cuenta sus propias consideraciones de acuerdo con el tipo y magnitud de obra.



2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LAS GRÚAS

“La primera versión o concepto documentado de una grúa fue llamada “shaduf” y fue usada por egipcios para la extracción de agua de ríos y pozos hace aproximadamente 4,000 años. La grúa consistía de una larga barra pivotante la cual se balanceaba sobre un soporte vertical con un pesado accesorio montado a un lado de la barra y un cucharón en el otro extremo”¹.

Otros vestigios del uso de grúas aparecen en la Antigua Grecia alrededor del siglo VI, donde se han encontrado marcas de pinzas de hierro en los bloques de piedra de los templos, que evidencian su propósito para la elevación, ya que están realizadas en el centro de gravedad o en pares equidistantes de un punto sobre el centro de gravedad de los bloques.

Los edificios griegos contemplan un manejo de los pesos más livianos, pues la nueva técnica de elevación permitió la carga de muchas piedras más pequeñas por ser más práctico, que pocas piedras más grandes. La introducción del torno y la polea condujo al remplazo de las rampas como medio principal de elevación.

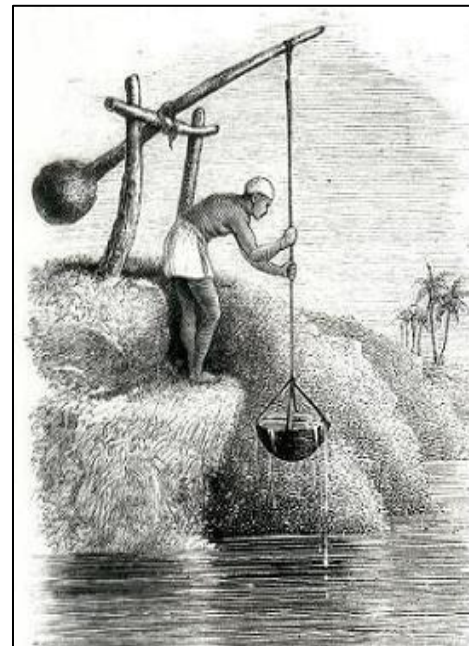


Figura 2.1. Primer antecedente de la grúa, Shaduf.

Fuente: www.egipto.com

“La grúa, que fue inventada en la antigua Grecia, según los vestigios, fue adoptada por los romanos para darle un mejor desarrollo, ya que el incremento del trabajo de construcción en edificios de dimensiones grandes así lo requerían, por lo que se fabricaron tres tipos principales de grúas. La grúa romana más simple, el Trispastos, consistió en una horca de una sola viga, un torno, una cuerda, y un bloque que contenía tres poleas. Teniendo así una ventaja mecánica de 3:1, se ha calculado que un solo hombre que trabajaba con el torno podía levantar 150 kilogramos ($3 \text{ poleas} \times 50 \text{ kg} = 150 \text{ kg}$), si se asume que 50 kilogramos representan el esfuerzo máximo que un hombre puede ejercer sobre un período más largo. Tipos más pesados de grúa ofrecieron cinco poleas (Pentapastos) o, en el caso

¹ How products are made. (07, junio, 2017). Recuperado de <http://www.madehow.com/Volume-5/Crane.html>.

más grande, un sistema de tres por cinco poleas (Polipastos) con dos, tres o cuatro mástiles, dependiendo de la carga máxima. El Polipastos, cuando era operado por cuatro hombres en ambos lados del torno, podía levantar hasta 3000 kg ($3 \text{ cuerdas} \times 5 \text{ poleas} \times 4 \text{ hombres} \times 50 \text{ kg} = 3000 \text{ kg}$). En caso de que el torno fuera substituido por un acoplamiento, la carga máxima incluso podía duplicarse a 6000 kg con solamente la mitad del equipo, puesto que el acoplamiento posee una ventaja mecánica mucho más grande debido a su diámetro”².



Figura 2.2. Grúa romana.

Fuente: www.gruasyequiposgarcia.com

Sin embargo, los edificios romanos ofrecen numerosos bloques de piedra mucho más pesados que éstos. Se asume que los ingenieros romanos lograron la elevación de estos pesos extraordinarios por dos medios: el primero, por una torre de elevación instalada con cuatro mástiles arreglados en forma de un cuadrilátero con los lados paralelos y con la columna en medio de la estructura; y el segundo, una multiplicidad de cabrestantes³ colocada alrededor de la torre, aunque tienen un cociente de palancada más bajo que los acoplamientos, podían ser instalados en mayor número.

Durante la Edad Media, el uso de grúas para la construcción de las inmensas catedrales europeas y para la carga y descarga de mercancía de barcos en los puertos principales condujo al avance y la mejora en el diseño de las grúas. Un aguilón horizontal fue agregado a la torre principal, el cual sería después conocido como pluma⁴. Esta adición a la torre permitió que las grúas tuvieran la capacidad de pivotar, incrementando de este modo su rango de movimiento.

² Grúas Arlin, Perú. (21, junio, 2017). Historia de las grúas. Recuperado de <http://www.gruasarlin.com/historia-invencion-evolucion-grua/>.

³ Dispositivo mecánico, impulsado por un motor eléctrico, destinado a levantar y desplazar grandes cargas. Consiste en un rodillo giratorio, alrededor del cual se enrolla un cable.

⁴ Estructura metálica, también conocida como brazo, que se encarga de proporcionar a la grúa el alcance necesario para transportar cierta carga.



3. TIPOS DE GRÚAS EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN⁵

Una grúa es una maquina equipada principalmente con poleas, cables o algún sistema hidráulico que permite subir, bajar y/o trasladar diferentes tipos de carga de diferentes dimensiones. Se utilizan principalmente en procesos de fabricación y en la industria de la construcción. Pueden ser controladas por un operador en una cabina que viaja junto con la grúa, por una estación de control colgante o por controles de tipo radio. El operador de la grúa es responsable en última instancia de la seguridad de las tripulaciones y de la grúa. Hoy en día existen diferentes tipos de grúas y elegir la correcta depende completamente de las necesidades, ubicación y recursos con los que cuente el proyecto a desarrollar.

Grúa telescópica

Una grúa telescópica tiene un brazo que consiste en un número de tubos montados uno dentro del otro. Un mecanismo hidráulico o de otro tipo acciona los tubos para aumentar o disminuir la longitud total de la pluma. Este tipo de grúas se utilizan a menudo para proyectos de construcción a corto plazo, trabajos de rescate, levantamiento de barcos dentro y fuera del agua, etc. La compactación relativa de los brazos telescópicos los hace adaptables para muchas aplicaciones móviles, pero es importante tomar en cuenta que las grúas telescópicas no son automáticamente grúas móviles, aunque la gran mayoría sean montadas en camión.



Figura 3.1. Grúa telescópica.
Fuente: www.directindustry.es



Figura 3.2. Grúa montada en vehículo.
Fuente: www.norman-spencer.com

⁵ Norman Spencer. (2012). Types of cranes. Recuperado de http://www.norman-spencer.com/assets/files/programs/cranes/Types_of_Cranes.pdf; Enciclopedia de clasificaciones. (2017). Tipos de grúas. Recuperado de <http://www.tiposde.org/construccion/616-tipos-de-gruas/>.



Grúa montada en vehículo

Este tipo de grúas se derivan de las telescópicas, al ser montadas en vehículos que facilitan su movimiento y utilizarse como estructuras temporales en los sitios de construcción. En muchos casos, estas grúas se montan en la parte superior de camiones que son capaces de soportar a las mismas. Los vehículos en los que estas grúas están montadas tienen ruedas de goma (caucho), con las que pueden desplazarse fácilmente por las vialidades, no así, en terrenos irregulares. Este tipo de grúas cuentan con estabilizadores que se extienden de forma vertical y horizontal para nivelar y estabilizar la grúa durante el levantamiento.

Grúa para terreno accidentado

La grúa de terreno accidentado es un tipo especial de grúa montada en vehículos. Una grúa montada en un vehículo normal no es adecuada para trabajos fuera de carretera o lugares accidentados. En esta grúa también el vehículo está apoyado sobre neumáticos de goma, pero estos neumáticos están especialmente diseñados para operaciones fuera de carretera. Además, cuenta con estabilizadores que se ubican en la base del vehículo para proporcionar estabilidad a la grúa mientras trabaja. Este tipo de grúas son máquinas de un solo motor, normalmente montado en el tren de aterrizaje, utilizado para alimentar tanto al tren como a la propia grúa.



*Figura 3.3. Grúa para terreno accidentado.
Fuente: www.leibheer.com*



*Figura 3.4. Grúa todo terreno.
Fuente: www.directindustry.es*

Grúa todo terreno

También es grúa móvil, pero tiene la misma velocidad tanto en carreteras pavimentadas como en terrenos accidentados. El hecho de tener mayor número de ruedas le dan la



ventaja de equilibrar el vehículo sin volcarse en terrenos difíciles, ya que combinan la capacidad de las grúas montadas en camión y la maniobrabilidad de las grúas para terrenos accidentados. Estas grúas están diseñadas para levantar cargas de hasta 1200 toneladas.

Grúa sobre orugas

Una grúa de oruga es una grúa móvil, montada en un tren de aterrizaje con un conjunto de pistas, también llamadas rastreadores, que proporcionan estabilidad y movilidad. Debido a estas pistas no requieren estabilizadores para su nivelación. Su capacidad de elevación es muy alta, de 36 toneladas a 3200 toneladas. Su principal ventaja es que pueden realizar levantamientos de cargas con poco montaje, ya que la grúa es estable por sí misma, además es capaz de viajar con carga, por lo que, se utiliza para el transporte de cargas pesadas en el sitio de construcción. La principal desventaja es que son muy pesados, y no pueden ser fácilmente transportados de un sitio de trabajo a otro sin tener que realizar gastos significativos.



Figura 3.5. Grúa sobre orugas.
Fuente: www.norman-spencer.com



Figura 3.6. Grúa pórtico.
Fuente: www.crane-lifting.com

Grúa pórtico

También conocidas como grúas de portal, consisten básicamente en dos marcos en forma de 'A' conectados por un miembro transversal de celosía que se extiende a lo largo del área de trabajo. El engranaje de elevación está suspendido del travesaño horizontal y puede moverse a lo largo del mismo sobre carriles. Algunas de estas grúas suelen estar montadas sobre grandes neumáticos de goma y algunas otras sobre rieles de tren. Las grúas más grandes tienden a tener el engranaje de elevación montado con una cabina de conducción



en el miembro transversal. Las grúas pórtico pequeñas tienen una capacidad de 10 toneladas, pero las versiones más grandes pueden levantar hasta 100 toneladas.

Grúa torre

La grúa torre es una forma moderna de una grúa de equilibrio, son ampliamente utilizadas en la actualidad para la construcción de edificios altos. Alcanzan alturas de hasta 120 metros y una capacidad de carga de hasta 64 toneladas. Pueden fijarse a una base de concreto, colocarse sobre rieles deslizantes o montarse sobre la misma estructura del edificio para ir subiendo conforme este aumenta su altura. En la parte trasera de la grúa (contra-pluma) se colocan unos contrapesos de concreto que le proporcionan estabilidad general a la grúa.



*Figura 3.7. Grúa torre marca Jaso.
Fuente: www.espamex.com*



*Figura 3.8. Grúa Derrick Leibheer.
Fuente: www.leibheer.com*

Grúa Derrick

Grúa que consta de un mástil fijo sujeto a una plataforma mediante un trípode, donde se encuentra el motor y los contrapesos. Apoyada a la base del mástil se encuentra la pluma, que puede girar mediante un rotula hasta tropezar con los brazos de soporte. La grúa Derrick fue diseñada especialmente para el desmontaje de grúas torre sobre edificios altos, puentes o torres de comunicación. Por esta razón todos los componentes individuales de la grúa tienen unas dimensiones y un peso que permiten su desmontaje mediante una máquina de elevación muy pequeña y su transporte en los pozos del ascensor del edificio.



4. GRÚAS TORRE

Una grúa torre es una máquina electromecánica compuesta por una torre vertical y una pluma horizontal o “basculante”⁶, diseñada fundamentalmente para elevar y distribuir cargas mediante un gancho suspendido de un cable. Para la distribución de las cargas, dicha grúa está dotada de movimientos que le permiten el transporte horizontal de las cargas, mediante traslación vía riel, giro de 360°, y desplazamiento del carro distribuidor.

4.1 PRIMERAS GRÚAS TORRE

Las grúas torre comenzaron a producirse en Europa durante la primera mitad del Siglo XX, como solución a las estrechas calles de las ciudades europeas, por lo que las altas grúas en forma de torre y con el operador encima probaron ser más ventajosas. Como resultado, algunos de los primeros fabricantes de grúas torre se originaron dentro de Europa. En 1908, Maschinenfabrik Julius Wolf & Co, introdujo la primera serie de grúas torre diseñadas específicamente para la industria de la construcción. La primera generación de grúas torre llamó la atención primordialmente de constructores de barcos quienes las compraron y las instalaron en sus astilleros y muelles. Más de 10,000 unidades fueron construidas y el diseño básico de estas grúas torre permaneció en producción hasta finales de los años 60s, por lo que todavía persistía la necesidad de tener acceso a una grúa torre que pudiera ser armada rápidamente.

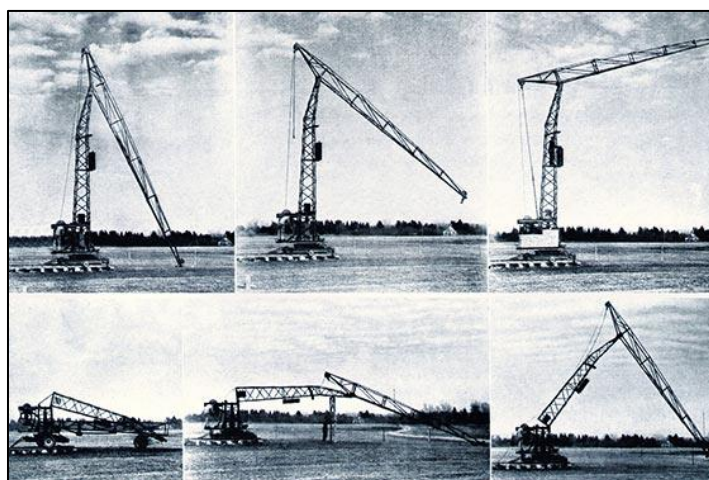


Figura 4.1.1. Grúa torre TK-10, 1949.

Fuente: www.leibheer.com

⁶ Se refiere a que puede inclinarse a partir de un punto fijo o pivote.



En 1949, Hans Liebherr se dio cuenta de que en el mercado no existían grúas torre con capacidad de armado rápido. Así que decidió construir una grúa torre con pluma giratoria. La grúa también podía cargar material del suelo izándolo⁷, balanceándolo, y finalmente descargándolo directamente en la nueva estructura. Otra característica original era que la grúa podía ser transportada en partes y podía ser totalmente ensamblada. Liebherr presentó su primera grúa, la TK-10, en la Feria del Comercio Frankfurt en Alemania durante el otoño de 1949. Al comienzo, la industria fue cautelosa acerca de la nueva grúa de Liebherr, pero eventualmente el diseño fue acogido y Liebherr usó el modelo TK-10 para la producción en masa. Una completa serie de grúas para construcción basadas en el diseño de la TK-10 continuó el siguiente año, y Liebherr fue capaz de revolucionar a la industria de grúas torre.

Los años 50s marcaron un número de prominentes momentos en el diseño y desarrollo de grúas torre. Primero, numerosos fabricantes empezaron a producir mayor número de grúas con plumas giratorias y mástiles telescópicos, por lo que dominaron el mercado de la construcción de departamentos y oficinas. Los mecanismos de autoescalado permitieron a las secciones del mástil ser insertadas a la grúa para poder crecer al mismo tiempo que las estructuras en construcción y las plumas de mayor dimensión permitieron cubrir un área de mayor tamaño.

Desde el año 1960, el enfoque dominante en el desarrollo y diseño de la grúa torre sería en la capacidad, para cubrir un radio de trabajo más grande, realizar un movimiento de carga más rápido, nuevos sistemas de control, tecnología y mecanismos de escalado más eficientes. El mercado también se estaba llenando de múltiples fabricantes los cuales producían un rango de modelos, por ejemplo, grúas más pequeñas que podían ser montadas “in situ” en sólo pocas horas.

Mientras que los rascacielos eran construidos en alturas récord, la necesidad por grúas de mayor



Figura 4.1.2. Grúa torre más alta del mundo, TK-10000.

Fuente: www.krollcranes.dk

⁷ Hacer subir una carga tirando de una cuerda o cable de acero.



altitud se volvió evidente. En 1975, la compañía Danés Kroll se convirtió en el fabricante de la grúa torre más alta del mundo, la K-10 000. Esta inmensa grúa torre posee un mástil de 120 metros de altura y un alcance de 90 metros, cubriendo un rango de operación de 2.5 hectáreas.

4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS GRÚAS TORRE

Cada clase de grúas posee ciertas características básicas, que normalmente imponen para una aplicación particular. Si las características básicas de la grúa no coinciden con los requerimientos del trabajo, se crearán condiciones inseguras y los accidentes serán propensos a ocurrir.

Entre los puntos que se deben considerar al hacer la selección son:

- pesos y dimensiones de las cargas,
- alturas de elevación y distancias,
- número y frecuencia de los ascensores,
- duración en la utilización de la grúa,
- condiciones en el lugar de trabajo, incluidas las condiciones del terreno y el espacio disponible para el acceso, montaje, explotación y desmontaje de la grúa; y
- los requisitos operativos especiales o limitaciones impuestas, incluida la existencia de otras grúas en las proximidades.

Las grúas torre estáticas y móviles están disponibles en una amplia variedad de modalidades, según la combinación particular entre torre, pluma y tipo de base que emplean. A continuación, se mencionan algunas de las clasificaciones más comunes.

4.2.1 Según el montaje

- a) Montaje por apilamiento de elementos: se refiere a las grúas que en todo momento para incrementar o reducir su altura requieren adicionalmente de una grúa móvil, la cual se encarga de montar o desmontar uno a uno los elementos que componen la torre.
- b) Automontable: este tipo de grúas una vez montados sus elementos principales por medio de una grúa móvil, son capaces por si mismas de incrementar o reducir su



altura mediante la incorporación o retiro de elementos verticales, según los requerimientos del proyecto, a través de un sistema automontable.

4.2.2 Según el tipo de giro

- a) Giro superior: estas grúas cuentan con un sistema electromecánico en la parte superior de la torre, el cual permite que únicamente la pluma y la cabina del operador puedan realizar giros de más de 360° .
- b) Giro basal: este tipo de grúas tienen el sistema electromecánico alojado en la parte baja de la torre, junto a la base, el cual permite que tanto la torre, la pluma y la cabina del operador giren a más 360° .

4.2.3 Según el tipo de pluma

- a) De pluma horizontal: estas grúas mantienen en todo momento la pluma perpendicular a la torre, ya que su sistema electromecánico no les permite realizar ningún movimiento basculante, únicamente horizontal.
- b) De pluma basculante: a diferencia de la anteriores, este tipo de grúas tienen la ventaja de que el sistema electromecánico que las integra permite que la pluma realice movimientos horizontales y verticales con la finalidad de soportar cargas mayores a la punta.

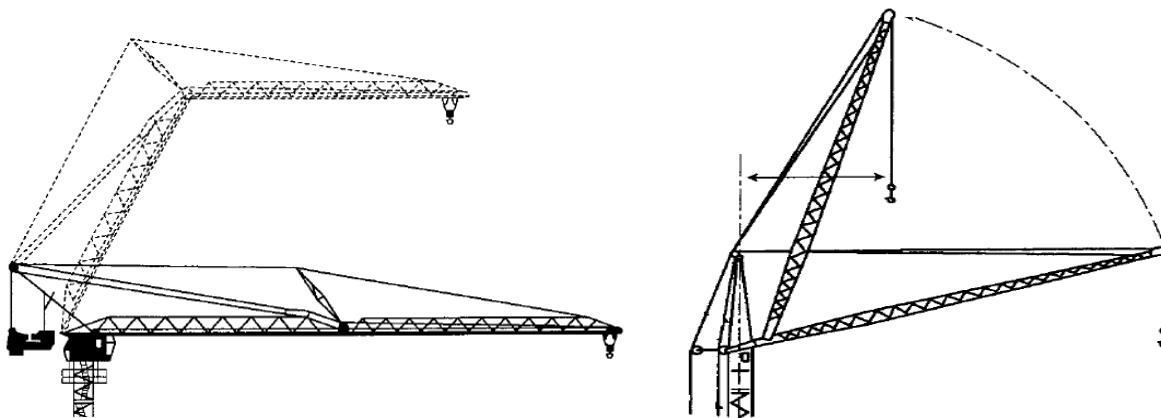


Figura 4.2.3.1. Grúas torre de pluma basculante.
Fuente: Code of practice for safe use of tower cranes, 2002.

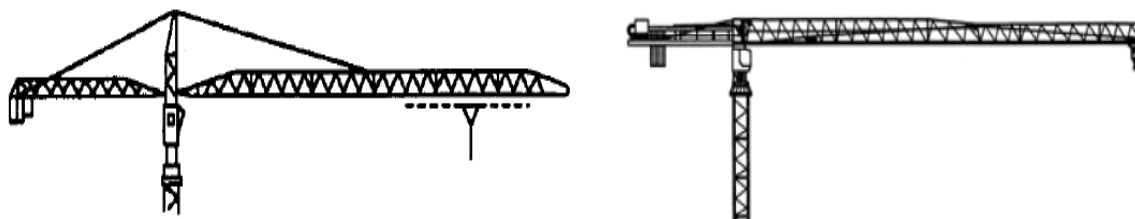


Figura 4.2.3.2. Grúas torre de pluma horizontal.
Fuente: Code of practice for safe use of tower cranes, 2002.

4.2.4 Según el tipo de apoyo

- a) Rodante: este tipo apoyo permite que la grúa además de los movimientos en la pluma tenga un movimiento de traslación, el cual se efectúa a través de rieles y ruedas metálicas, sobre los cuales es montada la grúa.
- b) Simplemente apoyada: este apoyo consiste en montar la base o pies de la grúa directamente sobre el terreno natural o sobre una base de concreto previamente colada para este fin, y posteriormente colocar sobre la base de grúa bloques de concreto (lastres) que le proporcionan la estabilidad adecuada.
- c) Empotrada: las grúas con apoyo empotrado tienen la peculiaridad de que su base o pies son colocados a una altura de desplante por debajo del terreno natural, para ser cubiertos por una cama de concreto reforzado, la cual al fraguar le dará el empotramiento y estabilidad adecuada a la grúa.
- d) Trepadora: a diferencia de las anteriores estas grúas son apoyadas directamente en la estructura del inmueble, normalmente sobre vigas metálicas que se apoyan a su vez en las trabes de la edificación, y cuyo fin es incrementar de altura conforme lo hace la estructura del edificio.

4.3 ELEMENTOS QUE INTEGRAN UNA GRÚA TORRE

4.3.1 Grúa torre de pluma horizontal automontable

- | | |
|---------------------------------|-------------------------|
| 1. Eje de giro. | 3. Tirantes de la pluma |
| 2. Cabeza o corona de la torre. | 4. Pluma |



- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 5. Tirantes de la contrapluma. | 17. Cilindro hidráulico. |
| 6. Contrapluma. | 18. Tronco exterior o telescopaje. |
| 7. Punta de la pluma. | 19. Sistema hidráulico. |
| 8. Cabina del operador. | 20. Tronco basal. |
| 9. Corona de orientación. | 21. Lastres. |
| 10. Carro distribuidor. | 22. Diagonal soportante. |
| 11. Contrapeso aéreo. | 23. Apoyos. |
| 12. Tronco fijo. | 24. Vigas chasis. |
| 13. Mecanismo de elevación. | 25. Cimentación de concreto armado. |
| 14. Gancho. | 26. Anclajes. |
| 15. Seguro del gancho. | 27. Marco de trepado. |
| 16. Troncos intermedios. | |

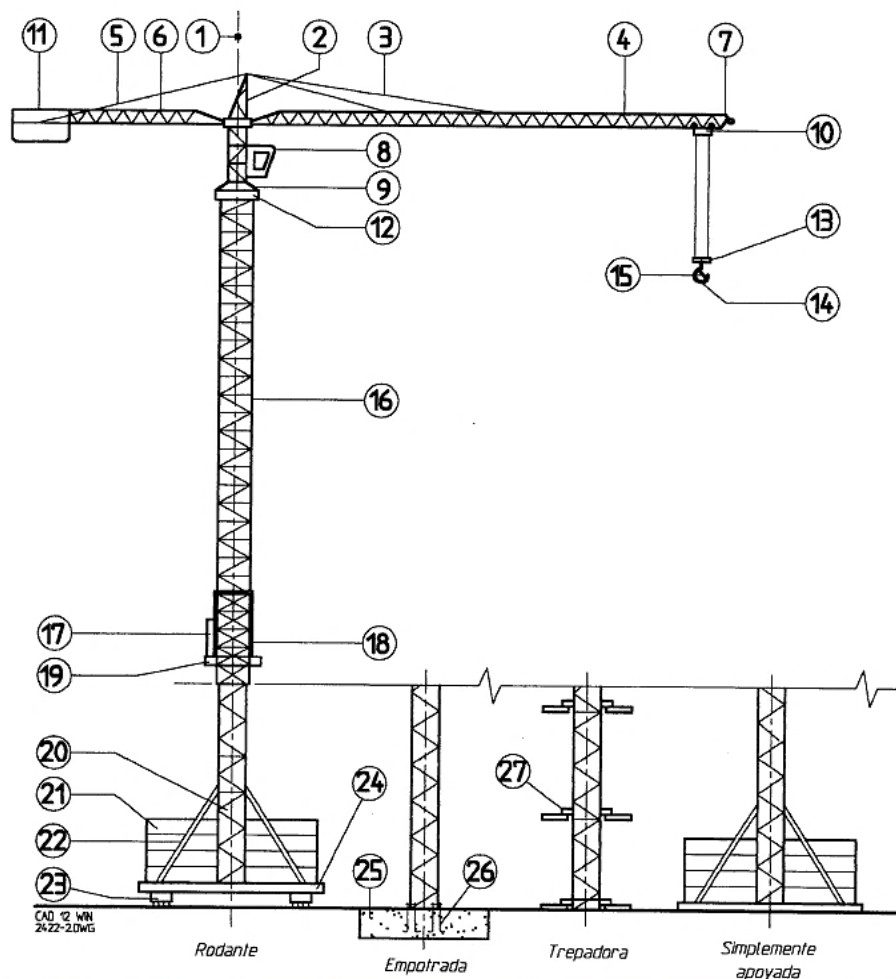


Figura 4.3.1.1. Grúa torre convencional con diferentes tipos de apoyo.

Fuente: ISO 4301-3 1993 Grúas – Clasificación - Parte 3: Grúas torre.

4.3.2 Grúa torre automontable de giro superior y pluma basculante

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1. Pluma. | 11. Diagonal soportante. |
| 2. Tirantes de la pluma. | 12. Chasis rodante. |
| 3. Contrapluma. | 13. Mecanismo de elevación. |
| 4. Tirantes de la contrapluma. | 14. Carro distribuidor. |
| 5. Cabeza de la torre. | 15. Gancho |
| 6. Tronco de giro. | 16. Seguro del gancho |
| 7. Corona de orientación. | 17. Contrapeso aéreo |
| 8. Tronco fijo. | 18. Lastre |
| 9. Torre telescópica. | 19. Cable de elevación |
| 10. Torre exterior. | 20. Soporte del tirante |

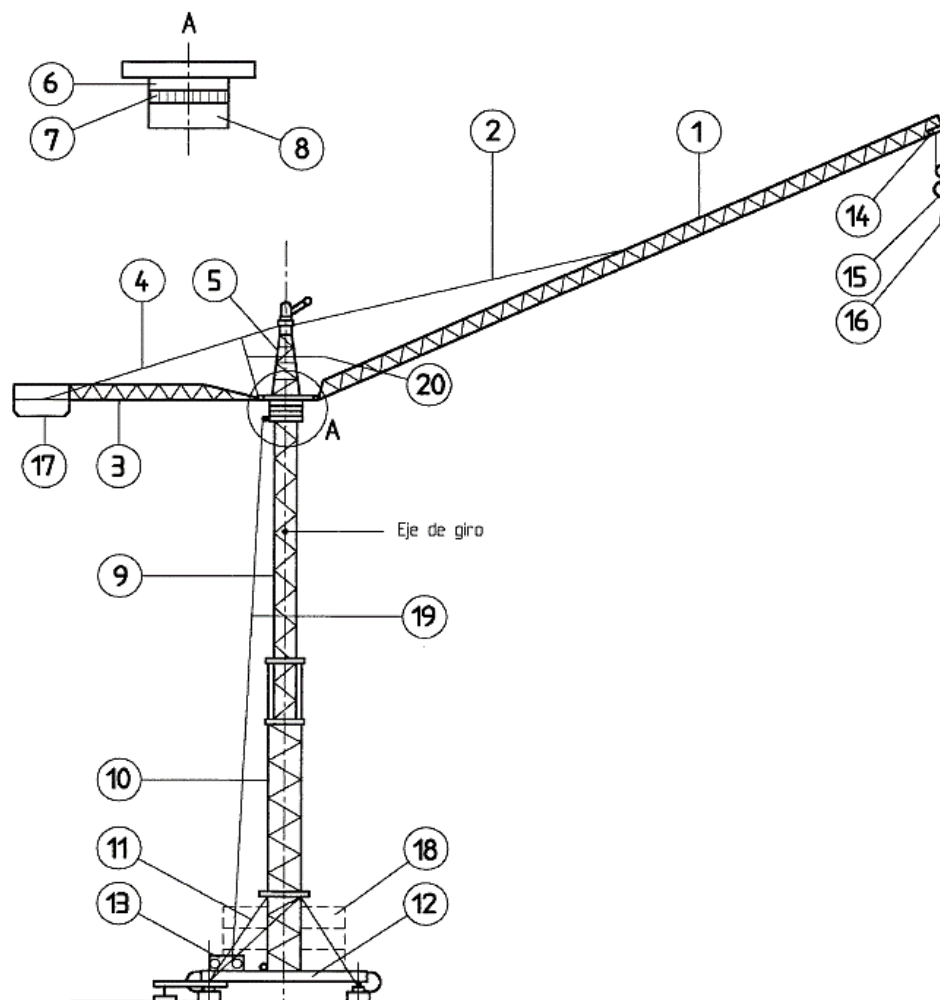


Figura 4.3.2.1. Grúa torre automontable de giro superior y pluma basculante.

Fuente: ISO 4301-3 1993 Grúas – Clasificación - Parte 3: Grúas torre.

4.3.3 Grúa torre automontable de giro basal y pluma basculante

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1.- Pluma | 9.- Chasis rodante |
| 2.- Contrapluma | 10.- Carro distribuidor |
| 3.- Portapluma | 11.- Gancho |
| 4.- Cable de izado | 12.- Seguro del gancho |
| 5.- Torre | 13.- Mecanismo de elevación |
| 6.- Torre telescópica | 14.- Cabina |
| 7.- Plataforma giratoria | 15.- Contrapeso basal |
| 8.- Corona de orientación | 16.- Diagonal de soporte |

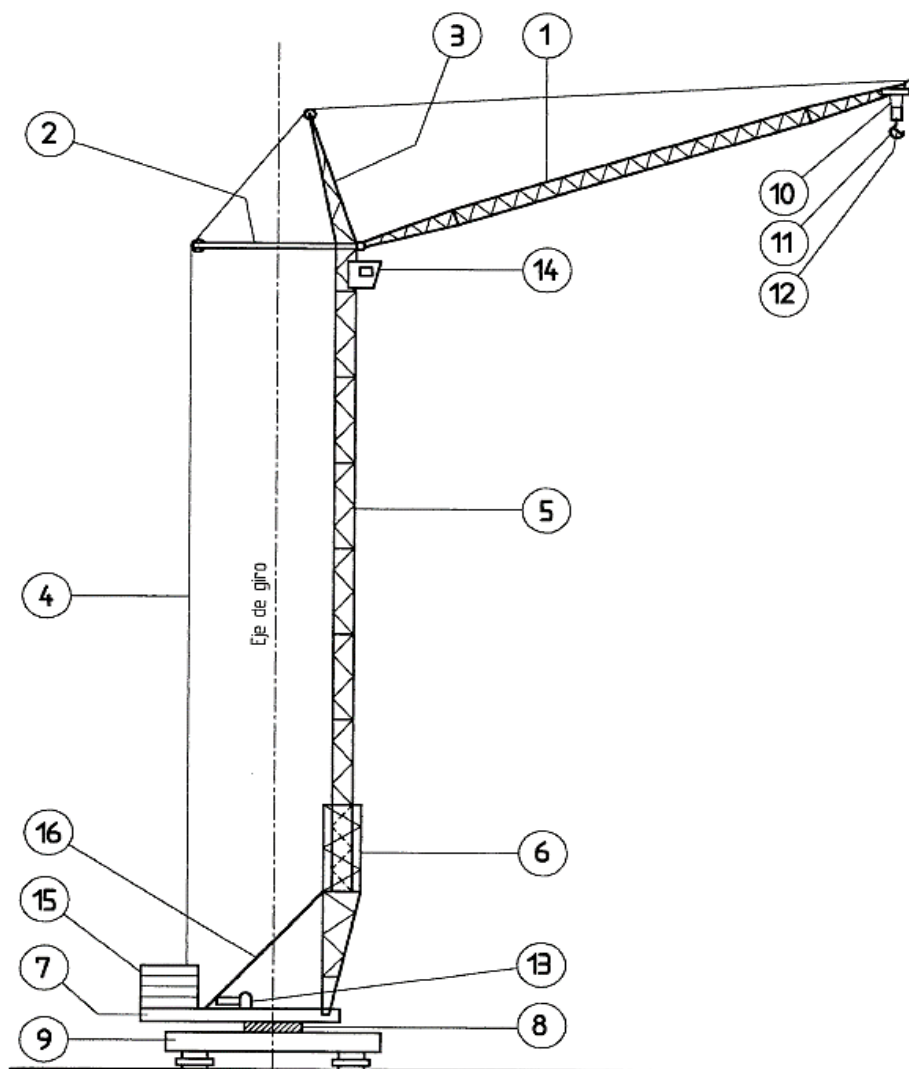


Figura 4.3.3.1 Grúa torre automontable de giro basal y pluma basculante.

Fuente: ISO 4301-3 1993 Grúas – Clasificación - Parte 3: Grúas torre.

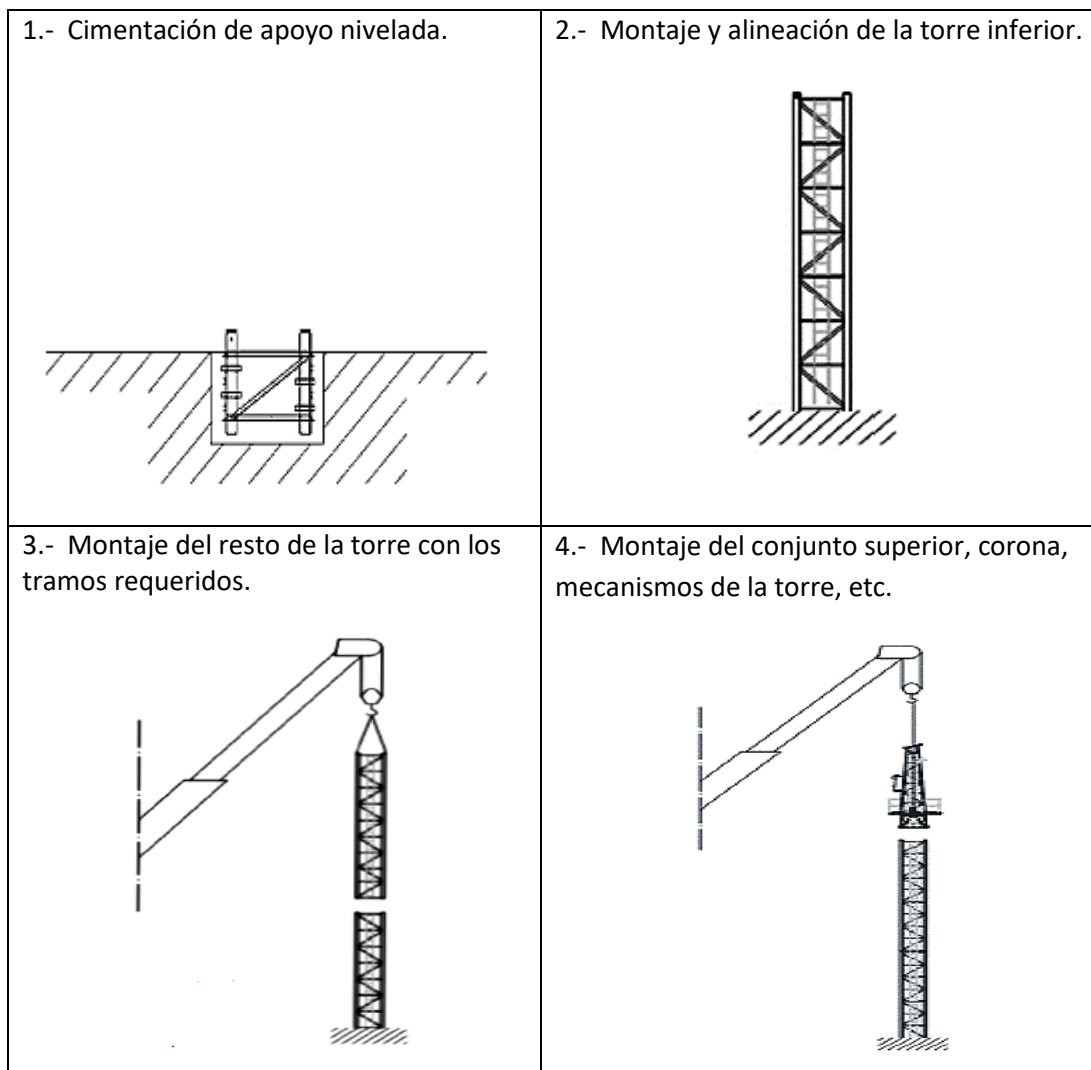


4.4 ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE EL MONTAJE

El montaje de una grúa torre se debe efectuar de acuerdo con las especificaciones contenidas en el manual del fabricante, las cuales deben complementarse con instrucciones entregadas por escrito por los profesionales responsables del montaje. El usuario de la grúa torre es responsable de otorgar las facilidades necesarias para que el montaje se realice con base en las normas y reglamentación vigente.

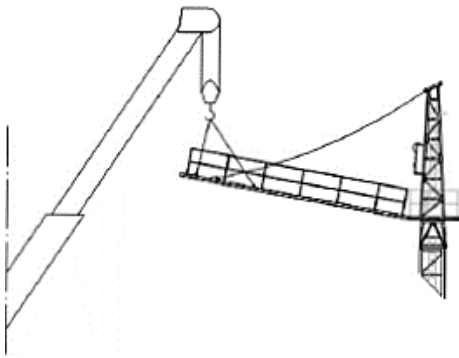
La secuencia de montaje, la masa de los contrapesos y lastres, las cargas máximas a levantar y los detalles operativos, deben corresponder a lo señalado en dicho manual.

A continuación, se muestra la secuencia de montaje tradicional de una grúa torre con apoyo empotrado, de elementos verticales por apilamiento y pluma horizontal.

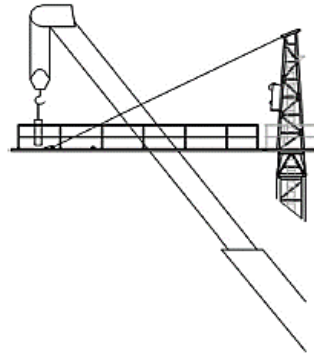




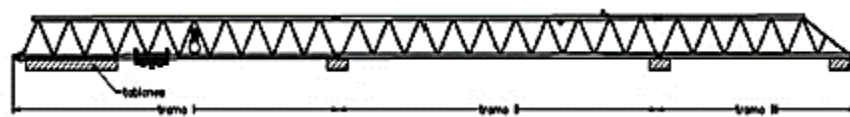
5.- Montaje de contrapluma.



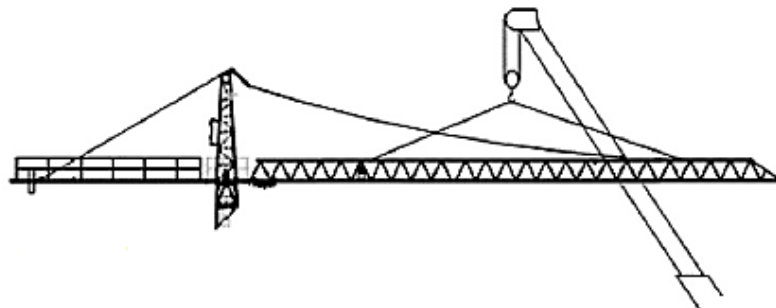
6.- Colocación del contrapeso de montaje.



7.- Armado de la pluma a nivel de suelo.



8.- Montaje de la pluma sobre la torre.



9.- Colocación del resto del contrapeso e instalación del cable de elevación.

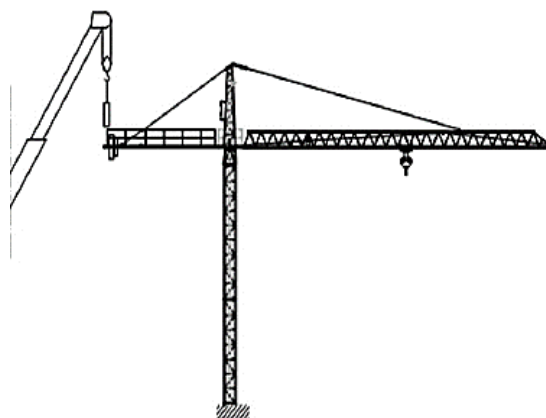


Figura 4.4.1. Secuencia tradicional de las fases de montaje de una grúa torre.

Fuente: Grúas Torre. Recomendaciones de seguridad en el montaje, desmontaje y mantenimiento, 2007.



El montador debe disponer de una orden de trabajo en la que figuren como mínimo los siguientes datos:

- Marca, tipo y número de fabricación de la grúa.
- Alturas de montaje inicial y final.
- Longitudes de pluma y contrapluma.
- Características del contrapeso.
- Características de los lastres, si procede.
- Cargas y distancias admisibles de elevación.
- Tensión de alimentación.
- Datos definitivos de arriostramientos, si procede.

4.4.1 Condiciones de estabilidad

La estabilidad de una grúa torre durante su montaje y su operación está condicionada principalmente a las siguientes acciones:

- a) Estudio adecuado de mecánica de suelos en el sitio de la cimentación.
- b) Correcta construcción y nivelación de la cimentación. Para asegurarse que el terreno sobre el que se situará la grúa torre absorba correctamente las cargas máximas indicadas por el fabricante, profesionales competentes deben calcular, diseñar y construir cimentaciones que transmitan adecuadamente dichas cargas al terreno.
- c) Adecuada colocación de los anclajes y apoyos para su afianzamiento.
- d) Construcción de lastres basales y contrapesos aéreos de acuerdo con las especificaciones técnicas contenidas en el manual de montaje.

Los lastres y contrapesos se deben construir conforme a las especificaciones técnicas contenidas en el manual de montaje. Pueden ser metálicos, de concreto o de materiales a granel, en cuyo caso deben estar contenidos en una caja metálica cerrada y estanca. El material a granel no puede ser líquido, ni arena con un contenido de humedad superior al 10%. Deben llevar una marca impresa en caracteres fácilmente legibles e indelebles, en la que se indique la masa del mismo.



Cada vez que se monte una grúa, se debe prestar especial atención en la secuencia de colocación de los contrapesos necesarios antes y después de colocar la pluma, para no desequilibrarla y provocar su caída.

Si la cimentación dispone de vías para realizar movimientos de traslación deben respetarse las siguientes tolerancias:

- Nivelación longitudinal: la superficie de traslación de una misma línea de rieles no debe presentar irregularidades de nivel superiores a $1/1000$ del ancho de la vía.
- Nivelación transversal: la diferencia de la altura entre las dos líneas de rieles de una misma vía no debe ser superior a $1/1000$ del ancho de la vía.
- Distancia entre ejes de rieles: la separación entre vías y tolerancias deben corresponder a las especificadas en los manuales del fabricante de la grúa torre. La cabeza de cada riel debe ser comprendida entre dos planos verticales paralelos, cuya separación sea igual al ancho nominal de dicha cabeza más 5 mm.
- Desnivel entre juntas de rieles: 2 mm como máximo.
- Separación de juntas de rieles: determinadas conforme a la dilatación del riel.
- Nivelación transversal al pie de cada riel: debe ser de $3/1000$ como máximo, con respecto a un plano horizontal.

En los extremos de la vía deben instalarse los siguientes elementos:

- Dispositivo de accionamiento de los limitadores al final del recorrido, que detenga la grúa torre a una distancia mínima de 0.50 m de los topes de la vía.
- Topes de amortiguación situados como mínimo a 1.0 m de cada extremo de la vía.

La forma de sujeción de los rieles debe ser adecuada para los materiales de la estructura que los soporta, a fin de garantizar la efectiva transmisión de cargas.

4.4.2 Emplazamiento⁸

El lugar de emplazamiento de la grúa torre y su camino de traslación, cuando corresponda, deben elegirse de manera que se cumpla con los siguientes requisitos:

⁸ Colocación de una estructura en un lugar determinado.



- a) Exista un espacio mínimo de seguridad entre las diferentes partes de la grúa torre y el tendido eléctrico.
- b) Se disponga de un espacio libre mínimo de 0.60 m de ancho por 2.50 m de alto, para facilitar el desplazamiento del personal entre las partes más salientes de las grúas torre y cualquier obstáculo. De no cumplirse con este requisito debe prohibirse el acceso del personal a esta zona peligrosa.
- c) La ubicación de la grúa torre debe permitir que las operaciones de montaje y desmontaje puedan realizarse en condiciones de seguridad para las personas, el equipo y el entorno.
- d) Las grúas torre rodantes deben contar con medios adecuados de inmovilización para evitar todo desplazamiento cuando están expuestas a la acción del viento.
- e) Cuando se instalen dos o más grúas torre, debe cumplirse además con los siguientes requisitos:
 - La distancia mínima entre el extremo de la pluma de una y el tronco de otra debe ser de 2 m.
 - La distancia vertical entre el elemento más bajo (gancho de posición alta o contrapeso aéreo) de la grúa más elevada y el elemento más alto de la otra grúa torre susceptible de chocar, debe ser como mínimo de 3 m.
- f) En el caso de grúas torre que trabajen próximas y a distinta altura, deben adoptarse medidas para evitar que el cable de elevación, o la carga de la grúa más alta, colisione con cualquier elemento de la más baja.

4.5 PARTICULARIDADES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Los circuitos eléctricos deben mantenerse y reinstalarse de forma tal que, ante la eventual aparición de uno o varios defectos de aislación, no activen ni desactiven algún sistema electromecánico, ni provoquen un puente con algún mecanismo de seguridad.

Las grúas torre deben disponer de elementos de protección eléctrica colocados en un punto próximo a la línea de alimentación. Estos elementos son los siguientes:



- Interruptor automático que desconecte la energía del sistema en caso de desperfecto eléctrico.
- Interruptor manual que pueda permanecer bloqueado en caso de desconexión; este dispositivo debe asegurar el corte de todas las fases.

Salvo disposiciones contrarias, las grúas deben operar a una distancia específica del tendido eléctrico no menor a:

- 3 m cuando la tensión es inferior o igual a 380 volt 50 Hz.
- 5 m cuando la tensión es mayor a 380 volt 50 Hz e inferior a 13 600 volt.
- 7 m cuando la tensión es igual o superior a 13 600 volt.

Las grúas torre en versión rodante cuya alimentación esté prevista por conexiones en varios puntos del recorrido, deben alimentarse mediante una línea única de suministro de energía eléctrica. La acometida de energía se debe realizar conforme a la normativa legal vigente.

4.5.1 Canalizaciones⁹

Toda canalización, tendido o instalación eléctrica, debe estar provista de una funda o recubrimiento que permita resistir la acción de los agentes externos y en especial, el desgaste producido por la tracción, flexión, torsión y roce provocados por el uso de la grúa. Deben adoptarse todas las medidas de seguridad, con el objeto de evitar la degradación de los conductores por efectos químicos y térmicos, haciendo especial énfasis en la conservación del aislante.

4.5.2 Equipamiento eléctrico y conectores

El equipamiento eléctrico mínimo de una grúa torre debe incluir:

- un interruptor que tenga como única función el cortar o conectar la alimentación, o bien;
- un aparato único que asegure ambas funciones.

⁹ Dispositivos que se emplean para contener a los conductores eléctricos, de manera que queden protegidos contra la intemperie y contra la formación de arcos eléctricos.



Estos aparatos deben estar contruidos para corriente industrial, disponer de la capacidad necesaria conforme a las especificaciones del fabricante de la grúa torre y estar ubicados en un punto de fácil acceso. Todo interruptor que asegure únicamente la función de separación eléctrica debe ser capaz de bloquear la función de conexión, cuando se encuentra en posición de abierto o desconectado.

En el caso que la grúa torre esté alimentada por energía eléctrica domiciliaria, debe disponerse de los siguientes elementos:

- un interruptor onnipolar, que trabaje únicamente en la función de separación de la fuente eléctrica;
- un interruptor onnipolar, que trabaje únicamente en la función de corte.

Si se utiliza un interruptor onnipolar que asegure ambas funciones, debe montarse en el inicio de la conexión eléctrica directa de la grúa (chicote de entrada); este interruptor debe ser perfectamente accesible y estar ubicado a una altura que impida el contacto con el agua del suelo. El interruptor de conexión que alimenta al tablero general de comando debe estar provisto de un dispositivo mecánico de bloqueo (desconexión).

4.5.3 Continuidad entre masa¹⁰ y conexión a tierra

Las masas fijas o móviles deben ser solidarias eléctricamente entre sí, mediante una conexión y un conductor que asegure la continuidad suficiente de la energía. Esta conexión se efectúa preferentemente mediante un conductor de protección que puede estar incorporado a los cables de alimentación o ser independiente.

En el caso de una grúa torre alimentada por una fuente eléctrica externa, las masas y componentes metálicos deben estar conectados al circuito general de la tierra de servicio. Los tramos de rieles metálicos del tipo ferroviario deben unirse eléctricamente entre sí y conectarse por sus extremos a la tierra de servicio de la obra. Cuando se usen conductores de cobre, la sección mínima del conductor a la tierra de servicio debe ser de 35 mm².

Los cables de alimentación eléctrica de la grúa torre deben estar constituidos por conductores activos y conductores de protección; la sección mínima del conductor de protección debe determinarse en conformidad a la normativa legal vigente.

¹⁰ Estructura de soporte y conexión de un equipo eléctrico.



4.6 CONDICIONES DE OPERACIÓN

En este apartado se establecen condiciones básicas para la operación de grúas torre y medidas de seguridad que deben implementarse en la puesta de servicio inicial, en el trabajo diario y en las detenciones normales o de emergencia de las grúas.

4.6.1 Maniobras de la grúa torre y movimiento de carga

Las grúas solo deben utilizarse para los trabajos que ha determinado el fabricante y en las condiciones de operación establecidas en el manual del mismo, no debe efectuarse ninguna maniobra que sobrepase la capacidad de levante de la grúa torre o que este expresamente prohibida por el fabricante y/o el propietario.

Entre las maniobras prohibidas por los fabricantes de grúas torre están las siguientes:

- Levantar cargas adheridas al suelo o al edificio.
- Jalar cargas lateralmente girando o recogiendo el gancho.
- Tratar de descargar o cargar más allá del plomo natural del gancho de la grúa torre.
- Bascular las cargas para depositarlas en puntos donde normalmente no llega el gancho en sus plomos naturales.
- Apoyar el gancho, para evitar pérdida de tensión del cable.
- Utilizar la pluma inclinada, cuando la grúa torre no está diseñada para este efecto.
- Levantar con cargas sobre lugares no autorizados (calles y propiedades vecinas).
- Frenar con las contramarchas.
- En el caso que el mecanismo de elevación no gire con la pluma, no deben realizarse más de tres rotaciones completas seguidas en el mismo sentido, con el fin de evitar cualquier torsión excesiva del cable de elevación.
- En grúas torre del tipo rodante vía riel, se prohíbe combinar el movimiento de traslación con otros movimientos, excepto las grúas especialmente diseñadas para combinar movimientos.
- Remolcar un vehículo con el gancho de elevación o sistema de traslación vía riel.
- Intervenir voluntariamente algún sistema de seguridad de la grúa torre, con el objeto de subir más carga o aumentar la velocidad de levante.

La caída de cargas puede ocurrir por mal enganchado o colocación de la carga, por falta o mal estado del pestillo de seguridad del gancho, por rotura del cable de elevación, por rotura o fallo de los accesorios de la carga y por errores humanos, por ello es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El señalero¹¹ dirigirá y será responsable del amarre, de la elevación, distribución, posado y desatado correcto de las cargas.

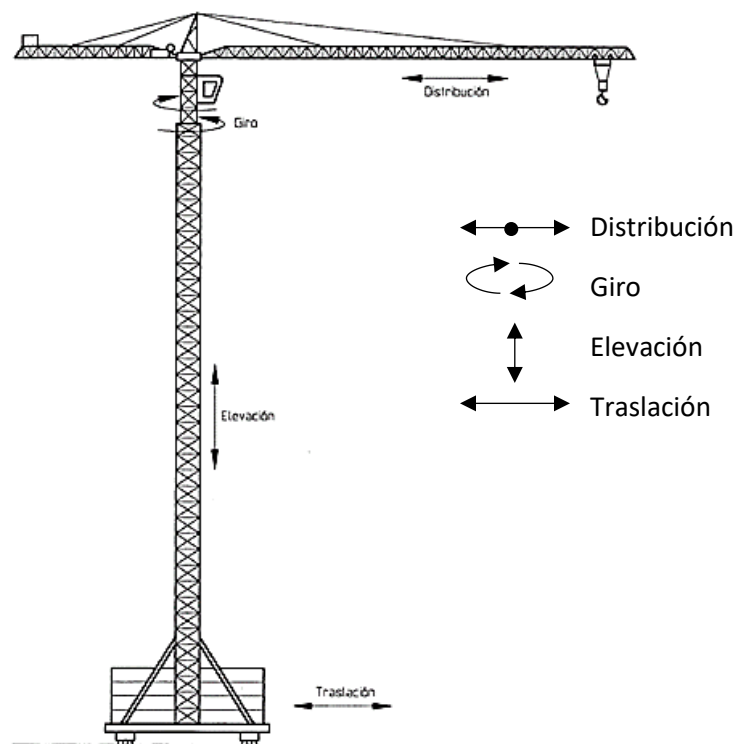


Figura 4.6.1.1. Movimientos admitidos de la grúa torre.

Fuente: ISO 12480-3 2005 Grúas – Uso seguro - Parte 3: Grúas torre.

- Si se detecta que el cable de elevación presenta deformación, estrangulamiento o varios hilos rotos, el operador desistirá de proceder al enganche.
- Si fuese preciso dirigir la carga, debe atarse una cuerda en el enganchado para luego guiarla, estando siempre la persona guía fuera del alcance de la carga.
- No colocarse debajo de la carga para recibirla.
- No colocar los ramales de las eslingas formando grandes ángulos, ya que el esfuerzo de cada ramal crece al aumentar el ángulo.

¹¹ Técnico responsable de guiar al operador de la grúa mediante un código de señales.

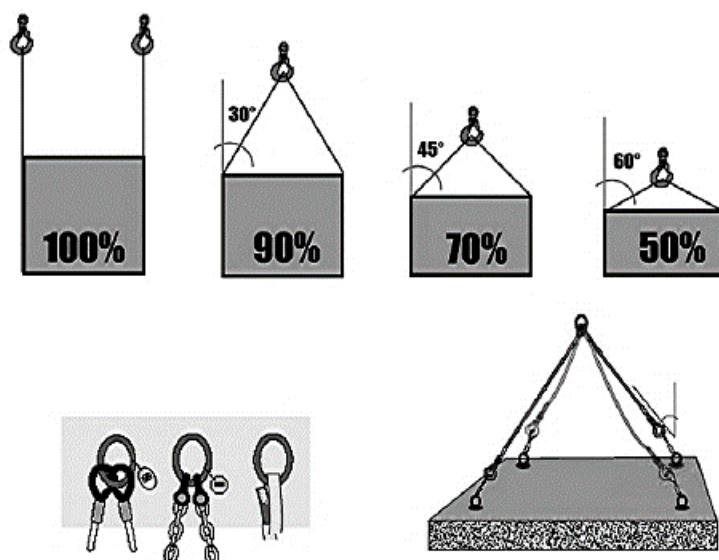


Figura 4.6.1.2. Ángulos formados por los ramales.

Fuente: Grúas Torre. Recomendaciones de seguridad en el montaje, desmontaje y mantenimiento, 2007.

- Los componentes alargados se sujetarán con eslingas¹² dobles, para evitar el deslizamiento.



Figura 4.6.1.3. Sujeción correcta de elementos verticales.

Fuente: Grúas Torre. Recomendaciones de seguridad en el montaje, desmontaje y mantenimiento, 2007.

- El montador comprobará el estado del pestillo de seguridad del gancho y de las eslingas a utilizar, en caso de que no estar en buenas condiciones desistirá de enganchar la carga.

¹² Cuerda resistente utilizada para levantar grandes cargas.



Figura 4.6.1.4. Verificación del pestillo de seguridad.

Fuente: Grúas Torre. Recomendaciones de seguridad en el montaje, desmontaje y mantenimiento, 2007.

4.6.2 Interrupciones del trabajo

El trabajo debe interrumpirse ante cualquiera de las siguientes circunstancias:

a) Causas naturales

- En caso de que la velocidad del viento sea superior a 64 km/h.
- En el caso de cargas de gran superficie que presenten basculamiento a causa del viento, aunque tenga una velocidad inferior a 64 km/h.
- En presencia de escarcha, cuando esta represente un sobrepeso por acumulación en la estructura o dificulte el descenso del gancho cuando esté vacío.
- Cuando el operador pierda visibilidad para un buen manejo de las cargas, por ejemplo, en presencia de neblina.
- A causa de una tormenta eléctrica próxima.

b) Por razones de instalación u operación

- Por término de horario
- Por mal estado del cable de elevación o de las bridas.
- Deficiente enrollado del cable de elevación en el tambor.
- Alimentación eléctrica intermitente y/o pérdida de simetría de las fases.
- Defectos en las operaciones de frenado de algún movimiento de la grúa.



- Pérdida del plomo en la estructura.
- Falta de iluminación adecuada.

Cuando se determine la interrupción del trabajo de la grúa torre esta debe orientarse con la pluma al filo del viento, es decir colocándola en posición de veleta o bandera e interrumpir el suministro eléctrico.

4.6.3 Operador: requisitos y responsabilidades

a) Requisitos: el operador de la grúa torre debe contar con la siguiente preparación:

- Conocimientos generales sobre características de las grúas torre.
- Conocimientos básicos sobre montaje, funcionamiento, condiciones de seguridad y mantenimiento de la grúa torre.
- Conocimientos sobre seguridad en el transporte vertical de cargas.
- Conocimientos necesarios para interpretar el manual y otros documentos técnicos proporcionados por el fabricante de la grúa torre. Estos conocimientos deben ser los suficientes para permitir la interpretación del cuadro de cargas, conocer claramente la importancia de los mecanismos de seguridad de cada grúa.
- Conocer la forma de poner en servicio a la grúa torre correctamente.

b) Responsabilidades: al inicio de cada jornada de trabajo, el operador debe efectuar y registrar lo siguiente:

- Confirmar que los rieles estén alineados y correctamente afianzados.
- Verificar que la vía esté libre de obstáculos.
- Verificar el afianzamiento y alineamiento del lastre basal y los contrapesos.
- Observar posibles pérdidas de aceite en las cajas reductoras.
- Comprobar el funcionamiento de los mandos de la grúa torre. Operando está en vacío (sin carga).
- Verificar el buen estado de los limitadores de recorrido del carro y del gancho.
- Comprobar el estado de los cables de acero, con el objetivo de verificar que los torones no estén cortados ni existan deformaciones.
- Verificar el buen funcionamiento del cierre de seguridad del gancho.



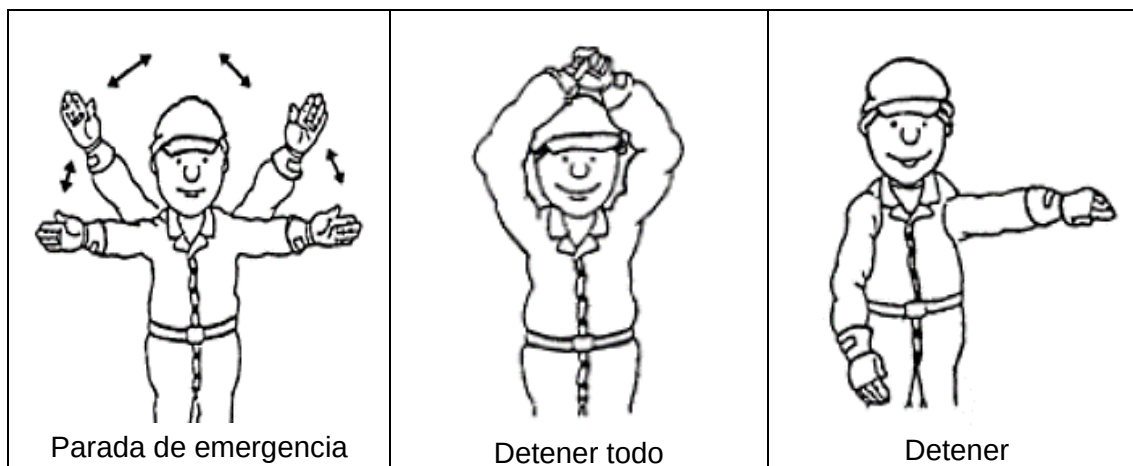
- Inspeccionar la estructura metálica, para detectar posibles deformaciones de sus componentes.
- Inspeccionar el orden y aseo de la cabina, las pasarelas, las escaleras y los barandales, especialmente que estas últimas estén libres de derrames de aceite o grasa.

Si durante la inspección u operación se detecta cualquier anomalía, el operador debe detener la grúa torre e informar de inmediato a su superior. Durante la ejecución de toda obra debe llevarse un informe diario en que se registre el horario trabajado y las novedades operacionales.

4.7 COMUNICACIÓN ENTRE OPERADOR Y SEÑALEROS

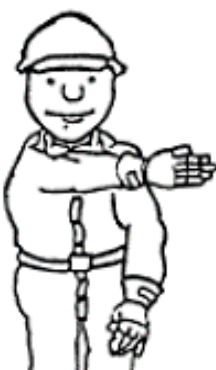
Cuando las cargas a maniobrar estén fuera del alcance visual del operador, debe existir un señalero debidamente capacitado en maniobras de estibado¹³, código de señales, normas de seguridad en transporte vertical y capacidad de la grúa torre. La función del señalero será asegurar la comunicación visual entre el operador y el personal situado en el área de trabajo de la grúa. El uso de radio, teléfono u otro sistema de comunicación, no reemplaza nunca la función del señalero; solo se consideran como un buen complemento, aconsejándose para el operador el uso de manos libres.

El señalero debe comunicarse con el operador mediante el código de señales que se describe a continuación:



¹³ Maniobras de carga, descarga y distribución de objetos.



		
Desplazarse	Desplazar hacia mi	Alejarse de mi
		
Girar en la dirección indicada	Girar en la dirección indicada	Cambiar a la dirección indicada
		
Cambiar a la dirección indicada	Elevar la pluma	Elevar la pluma lentamente



		
Bajar la pluma	Bajar la pluma lentamente	Levantar el brazo y bajar la carga
		
Bajar el brazo y elevar la carga	Extender la pluma	Retraer la pluma
		
Usar el polipastos principal	Usar el polipastos auxiliar	Descender el polipastos

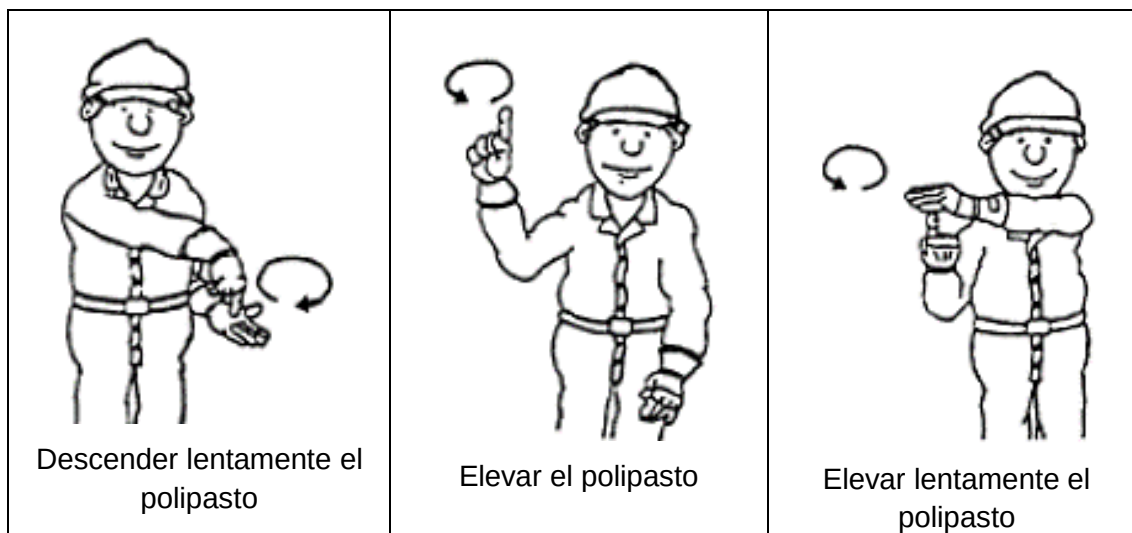


Figura 4.7.1. Código de señales entre el operador y señalero.

Fuente: Code of practice for safe use of tower cranes, 2002.

4.8 MEDIDAS DE SEGURIDAD COMPLEMENTARIAS

En apartados anteriores de este documento se han descrito junto con los requisitos emontaje, instalación y operación, algunas medidas de seguridad para garantizar el funcionamiento adecuado de las grúas torre. Adicionalmente en esta sección se mencionan algunas medidas complementarias con el propósito de prevenir accidentes de trabajo, tanto en personas como en el entorno de las obras.

El propietario de la grúa torre debe establecer instrucciones escritas de trabajo que mencionen las medidas de seguridad a adoptar durante la puesta inicial del equipo, durante el trabajo diario y durante las detenciones de emergencia de la grúa, que en grandes rasgos deben contemplar lo siguiente:

- Evitar la caída de objetos, sean estos transportados por la grúa torre o accidentalmente golpeados por la carga en el curso de su desplazamiento.
- Hacer frente a fenómenos atmosféricos, tales como, viento, neblina, escarcha, lluvia y nieve.
- Asegurar la protección del personal que trabaje en labores de inspección, engrase, limpieza, mantenimiento o reparación de la grúa torre.



Las instrucciones deben hacer especial referencia a la prohibición de transportar personas, o que el personal se suba sobre la carga o se suspenda del gancho y/o brida durante las maniobras.

A continuación, se realiza un listado de medidas de seguridad que deben cumplirse cuando se tenga una o más grúas torre en obra. Es importante mencionar que los responsables deben apegarse a la normatividad vigente de cada país, así como al manual seguridad proporcionado por el fabricante.

- Las grúas de pluma horizontal o basculante, de altura bajo gancho igual o superior a 35 m sobre el nivel de apoyo, deben contar con una cabina afianzada solidariamente a la estructura vertical giratoria de la grúa.
- Las ventanas deben estar construidas con vidrios o material equivalente, de seguridad. La ventana frontal debe estar equipada con un limpiaparabrisas.
- Las pasarelas y plataformas de servicio que estén situadas a más de 2 m del suelo deben ser metálicas, antideslizantes y estar equipadas con un barandal de protección de 1 m de altura.
- Los componentes susceptibles de abrirse, tales como cajas, deben contar con dispositivos que eviten su caída al trabajar con ellas.
- Los ganchos de elevación deben ser de un color llamativo reflejante y deben cumplir con los siguientes requisitos:
 - contar con un seguro que impida el desenganche accidental de la carga;
 - tener impreso sobre relieve la capacidad nominal de carga; y
 - no deben experimentar deformación permanente cuando se someten a ensayo con una carga equivalente a dos veces la capacidad nominal.
- Los cables de elevación utilizados en las grúas torre, no deben presentar empalmes o uniones, y deben ser del tipo antigiratorio.
- Los cables que se utilicen deben cumplir, en características técnicas e identificación con las especificaciones establecidas en el manual de montaje de la grúa.
- Los tambores de enrollamiento deben estar provistos de discos laterales, u otros



elementos que impidan la salida del cable. El radio del disco debe sobrepasar la última capa del cable, al menos 2 veces el diámetro del cable.

- El sistema de elevación debe estar equipado con dispositivos de protección que eviten introducir las manos entre cables y la garganta de las poleas.
- En todos sus movimientos las grúas torre deben estar equipadas de frenos u otros dispositivos equivalentes, que sean capaz de detener y mantener la detención en cualquier posición y circunstancia, especialmente cuando se produzca un corte en el suministro de energía eléctrica.
- Las grúas torre deben disponer de los siguientes dispositivos de seguridad:
 - limitador de carga máxima, a fin de que el operador no pueda manipular cargas superiores a la carga nominal.
 - limitador de momento máximo, debe ser capaz de detener simultáneamente el movimiento de levante y el avance del carro, cuando se sobrepase la carga nominal.
 - limitador de desplazamiento vertical del gancho, que evite la posibilidad de que al subir pueda golpear la pluma o traccionar el cable de elevación cuando ambos entran en contacto.
 - limitador de recorrido, que permita cortar el suministro eléctrico a fin de detener el movimiento del carro distribuidor en ambos extremos de su recorrido.
 - limitador de ángulos en plumas basculantes.
 - frenos de recorrido en grúas torre del tipo rodante, que detengan la grúa a 0.5 m de los topes de fin de recorrido, inmovilizándola hasta que se active en dirección contraria.
- Las grúas torre deben disponer de un mecanismo que permita que la pluma pueda reaccionar como una veleta cuando la velocidad del viento supere los 64 km/h.
- Las grúas torre deben estar provistas de un letrero informativo, de 1 m de ancho por 1.5 m de alto como mínimo, apernado a la cara más visible del tronco central y ubicado a una altura comprendida entre 2 y 3 m desde el nivel de piso de cota cero, el cual debe proporcionar la siguiente información:



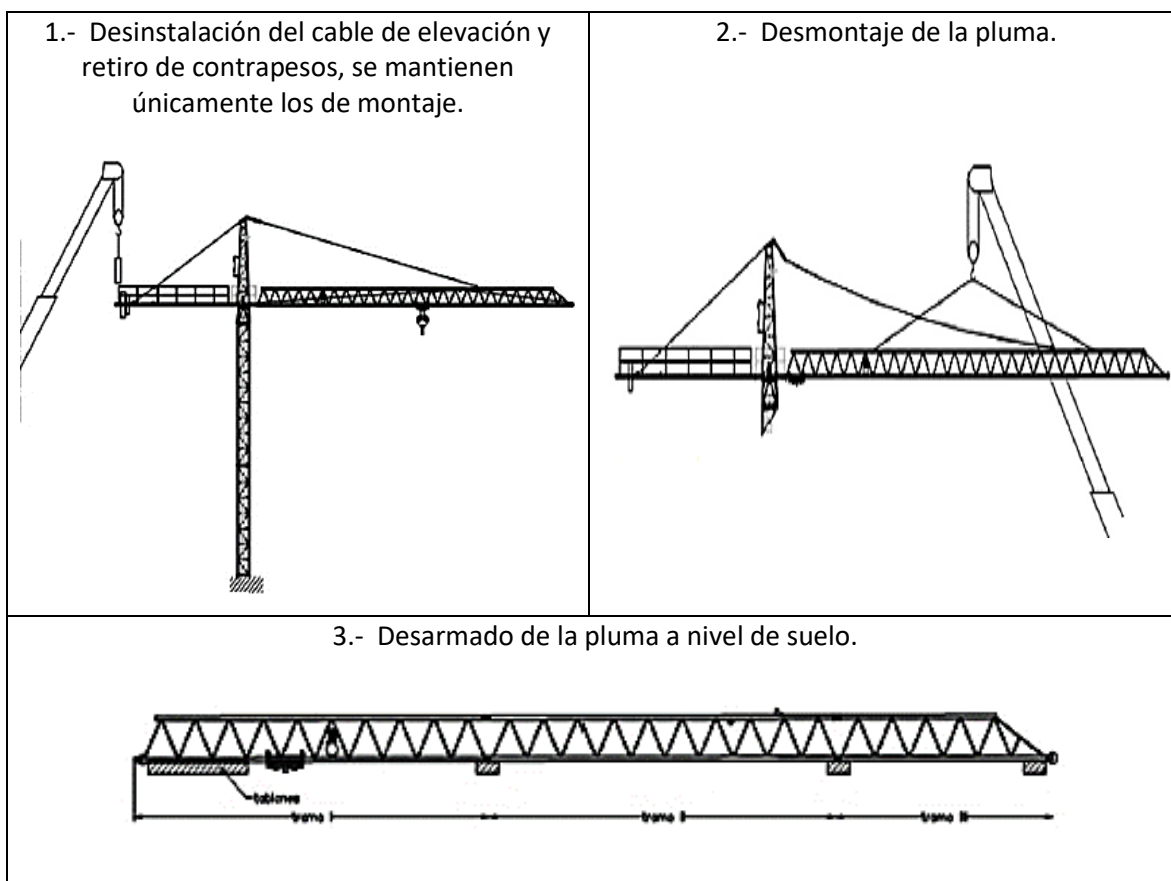
- marca y modelo de la grúa torre,
 - longitud máxima de la pluma,
 - carga máxima en punta,
 - carga máxima de levante con su distancia al eje central de la grúa, y
 - cualquier otra información que el fabricante considere necesario proporcionar.
- Las plumas deben contar con letreros indicativos de la carga máxima a levantar en cada punto específico y deben ser perfectamente visibles para el operador y señalero.
 - Se podrán colocar letreros de propaganda únicamente en las caras de los contrapesos, siempre y cuando dichos letreros no superen la superficie de aquellos y estén firmemente afianzados.
 - Las grúas torre deben contar con al menos un sistema de alarma que pueda accionar el operador en forma manual.
 - Las grúas de giro basal deben contar con un cerco de 1.5 m de altura, que impida la circulación de personas dentro de la zona de barrido del contrapeso basal.
 - Para que una grúa torre de versión rodante vía riel pueda desplazarse, no se debe superar la altura de autonomía establecida por el fabricante.
 - Para grúas fijas, en el caso que la altura de trabajo supere la altura de autonomía, las condiciones de los anclajes deben corresponder a la definidas por el fabricante.
 - Cuando se efectúen operaciones de montaje, desmontaje, controles de mantenimiento o reparaciones eventuales en puntos situados a más de 2 m del suelo, debe proveerse la grúa torre de protecciones necesarias para resguardar la seguridad del personal.
 - El control y mantenimiento de las grúas torre debe ser efectuado con la frecuencia recomendada por el fabricante, o al menos una vez al mes. Durante esta operación se debe controlar y registrar el correcto funcionamiento y calibración de los dispositivos de seguridad.
 - Esta estrictamente prohibido introducir modificaciones a las grúas torre que alteren las especificaciones y/o diseño original de fábrica.



4.9 DESMONTAJE

El desmontaje de una grúa torre puede ser una operación difícil y potencialmente peligrosa. Antes de desmontar una grúa, las condiciones climatológicas deben ser óptimas. Fuertes vientos o lluvia pertinaz son malos indicadores para poder llevar a cabo un desmontaje con éxito. También debe asegurarse de que la cantidad correcta de lastres y contrapesos estén en la posición apropiada de la grúa durante todas las etapas de desmontaje. Las precauciones pertinentes deben ser observadas en todo momento, particularmente con respecto a las instrucciones del fabricante.

En la gran mayoría de las grúas torre, el procedimiento de desmontaje es el inverso del procedimiento de montaje. Sin embargo, desmontar una grúa es más complicado que erigirla debido a las restricciones de espacio impuestas por la propia estructura que la grúa ayudó a construir y por la proximidad de otros edificios. Por lo tanto, es esencial que los requisitos para el desmontaje de la grúa se consideren al inicio de un proyecto al seleccionar el tipo, tamaño y posición de la grúa a utilizar.



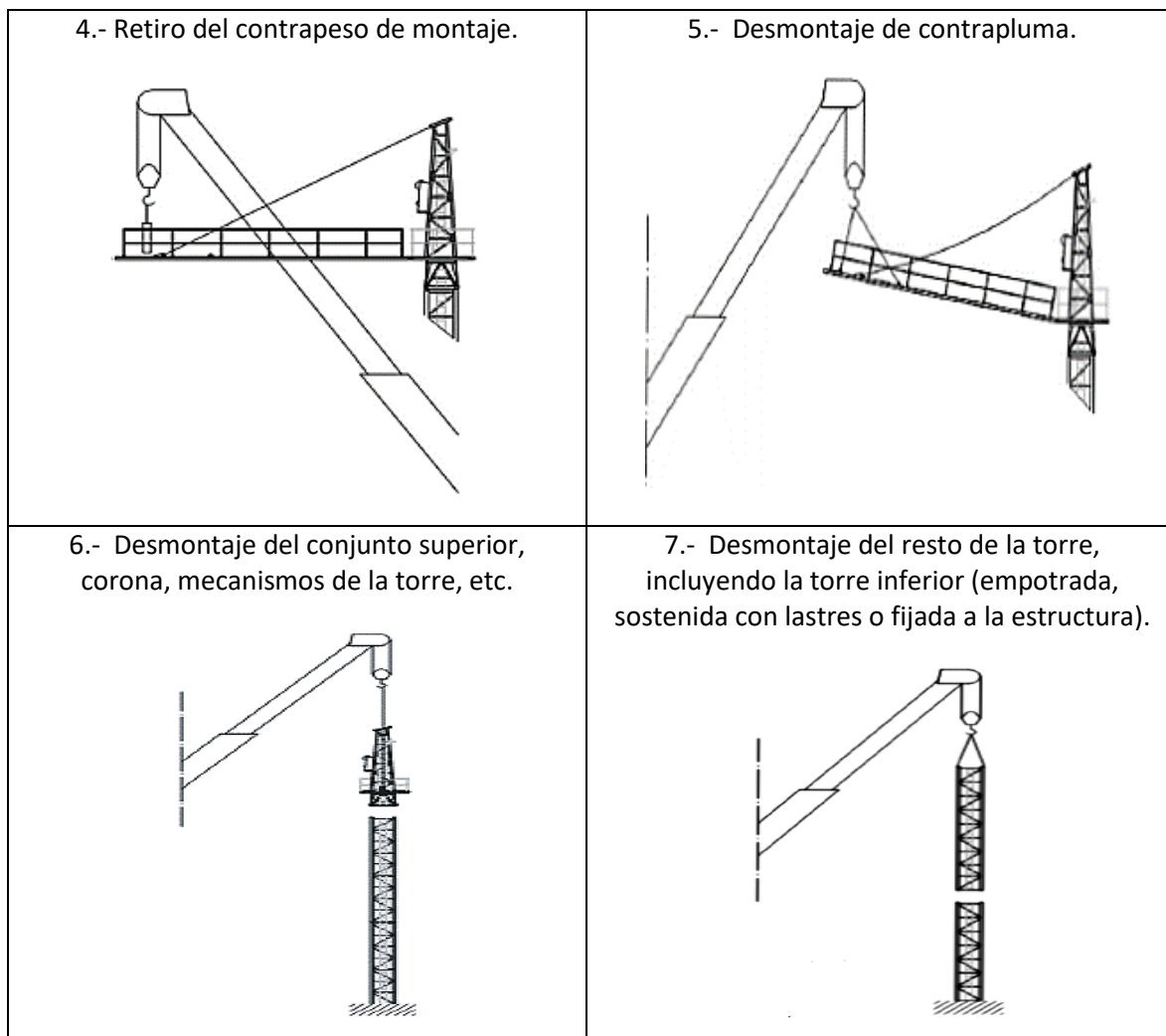


Figura 4.9.1. Secuencia tradicional de las fases de desmontaje de una grúa torre.

Fuente: Elaboración propia a partir de: "Grúas Torre. Recomendaciones de seguridad en el montaje, desmontaje y mantenimiento, 2007".

Independientemente del procedimiento y de los medios de descenso utilizados en el desmontaje de la grúa, las secciones que se van a desmontar y bajar deben fijarse al gancho o al dispositivo de elevación del equipo de descenso antes de que se liberen los pernos o los dispositivos de bloqueo

El equipo utilizado para el desmontaje deberá ser aprobado y examinado a fondo por un profesional competente y deberá tener la capacidad adecuada para descender al suelo los ensamblajes desmantelados. Cuando las grúas torre se encuentran independientes de la estructura construida, normalmente se utilizan para el desmontaje grúas telescópicas montadas en camión, pero cuando la grúa torre esta al interior de la estructura (por ejemplo,



en alguno de los huecos de ventilación e iluminación) se utilizan regularmente grúas Derrick.

4.10 NORMATIVIDAD

En México las normas que regulan el uso adecuado de grúas torre están bajo la responsabilidad del Instituto Mexicano de Normalización y Certificación¹⁴ (IMNC, A.C.), ubicado en Manuel Ma. Contreras N° 133 Sexto Piso, Col. Cuauhtémoc, Ciudad de México. Este instituto es un organismo privado, incluyente, multisectorial e independiente que tiene como objetivo, fortalecer a las organizaciones de la rama industrial y comercial principalmente. Para ello, ofrecen servicios especializados en normalización, verificación, evaluación de la conformidad y certificación.

Las normas mexicanas que se refieren al uso de grúas torre son idénticas a las normas elaboradas por la Organización Internacional de Estandarización (ISO¹⁵, por sus siglas en inglés), únicamente han sido traducidas para el mejor entendimiento del usuario final.

ISO es una organización independiente, no gubernamental, con una membresía de 162 organismos nacionales de normalización. A través de sus miembros, reúne a expertos para compartir conocimientos y desarrollar estándares internacionales voluntarios, que apoyen la innovación.

La adquisición de dichas normas para el uso de grúas torre en el IMNC, A.C., tiene un precio comercial de va de los \$200 a los \$500 pesos (MXN) aproximadamente, dependiendo la norma requerida. A continuación, se muestra el listado de las normas mexicanas con las que cuenta el IMNC, seguido de las normas internacionales a partir de las cuales fueron tomadas.

- NMX-GR-4301-3-IMNC-2008. Grúas – Clasificación – Parte 3: Grúas torre. Idéntica a la norma internacional ISO 4301-3 “Cranes – Classification – Part 3: Tower cranes”.
- NMX-GR-4306-3-IMNC-2008. Grúas – Vocabulario – Parte 3: Grúas torre. Idéntica a la norma internacional ISO 4306-3 “Cranes – Vocabulary – Part 3: Tower cranes”.

¹⁴ Disponible en <http://www.imnc.org.mx>

¹⁵ Disponible en <https://www.iso.org/home.html>



- NMX-GR-7752-3-IMNC-2009. Grúas – Controles, distribución y características – Parte 3: Grúas torre. Idéntica a la norma internacional ISO 7752-3 “Cranes – Controls, distribution and characteristics – Part 3: Tower cranes”.
- NMX-GR-9926-3-IMNC-2009. Grúas – Entrenamiento de conductores – Parte 3: Grúas torre. Idéntica a la norma internacional ISO 9926-3 “Cranes – Driver Training – Part 3: Tower cranes”.
- NMX-GR-10972-3-IMNC-2008. Grúas – Requisitos para los mecanismos – Parte 3: Grúas torre. Idéntica a la norma internacional ISO 10972-3 “Cranes – Requirements for mechanisms – Part 3: Tower cranes”.
- NMX-GR-11660-3-IMNC-2009. Grúas – Accesos, guardas y restricciones – Parte 3: Grúas torre. Idéntica a la norma internacional ISO 11660-3 “Cranes – Accesses, guards and restrictions – Part 3: Tower cranes”.
- NMX-GR-12480-3-IMNC-2008. Grúas – Uso seguro – Parte 3: Grúas torre. Idéntica a la norma internacional ISO 12480-3 “Cranes – Safe use – Part 3: Tower cranes”.

Antes de hacer uso de estas normas es importante hacer una revisión detallada de las recomendaciones establecidas por los fabricantes de grúas torre, dependiendo del tipo y marca de grúa a utilizar.



5. GALERÍA FOTOGRÁFICA DEL MONTAJE Y DESMONTAJE DE UNA GRÚA TORRE TREPADORA: DESARROLLO MARSELLA

Desarrollo Marsella es un conjunto habitacional construido por la empresa QuieroCasa®, ubicado en esquina de Avenida del Imán y Boulevard Gransur, Col. Pedregal de Carrasco, Del. Coyoacán, C.P. 04700, Ciudad de México. Dicho desarrollo está dividido en dos torres, cada una cuenta con 14 niveles, un lobby y una terraza. Las torres fueron construidas a base de columnas y travesaños de concreto armado, y muros divisorios de mampostería.

Para lograr la construcción de este conjunto habitacional, se requirió de una grúa torre trepadora marca JASO®, con alcance en la pluma de 40 metros y una capacidad máxima de carga de 2.5 toneladas. A continuación, se explicará con fotografías y de manera breve, el proceso de montaje y desmontaje de la grúa torre utilizada en dicha obra, específicamente para la construcción de la torre II.



*Figura 5.1. Conjunto habitacional, Desarrollo Marsella.
Fuente: www.quierocasa.com*

El montaje de la torre se realizó sobre la propia estructura del edificio, para ello se tuvieron que realizar previamente una serie de cálculos, para garantizar que los elementos estructurales de la edificación fueran capaces de soportar el peso de la grúa torre más el

peso máximo de su capacidad de carga. Una vez aprobado lo anterior, se realizaron propuestas para la estructura de soporte, resultando como mejor opción la que se muestra en la figura 25.

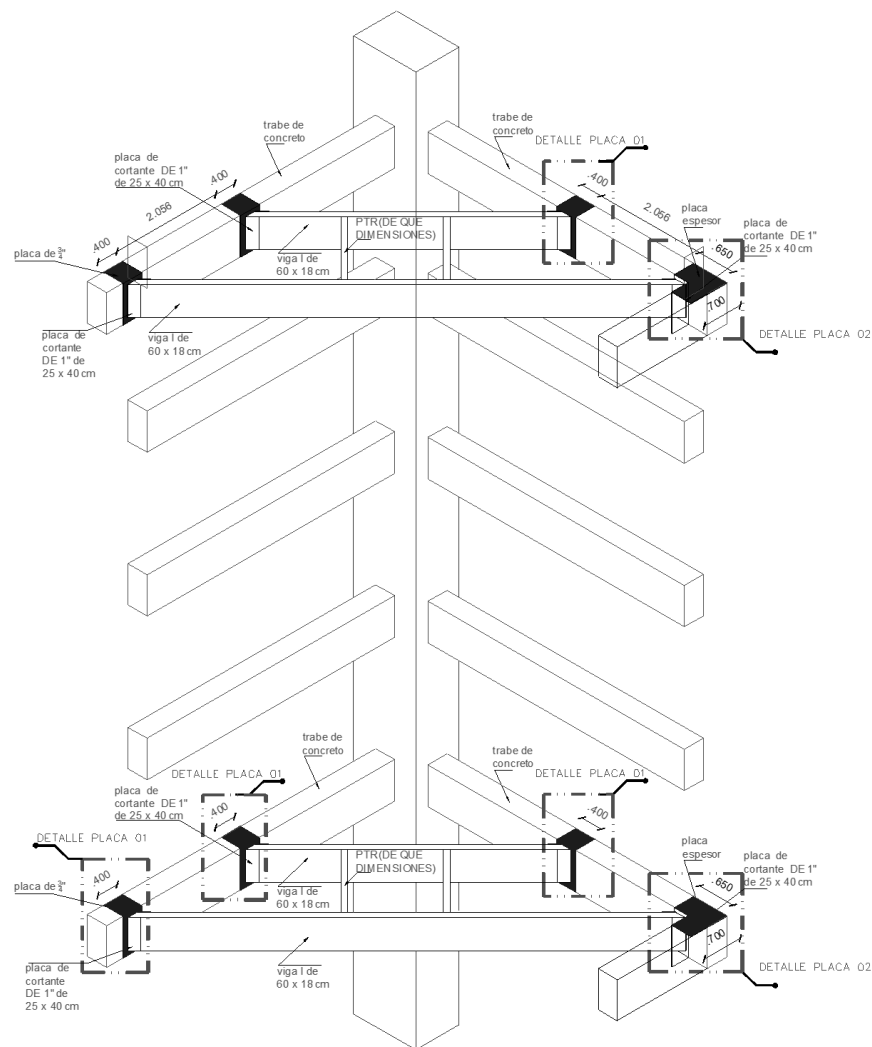


Figura 5.2. Detalle de la estructura de soporte para la grúa torre trepadora.
Fuente: Boletín 03a. Estructura metálica para grúa.

El montaje de la grúa torre para la construcción de la Torre II se llevó a cabo con ayuda de una grúa Derrick instalada en la azotea de la Torre I, la cual se encargó de elevar todos los elementos verticales y horizontales de la grúa torre, desde la planta baja hasta el nivel construido de la Torre II donde se montaría la grúa, para comenzar con el armado y posteriormente con el montaje de cada elemento. La secuencia empleada fue como la descrita en la sección 4.4 de este documento, iniciando por la fijación de los soportes más la torre inferior, la colocación de los elementos verticales necesarios para llegar a la altura



deseada, el montaje de la corona y elementos mecánicos, la colocación de la contrapluma, la puesta de los contrapesos de montaje, el armado y colocación de la pluma y finalmente el acomodo de los contrapesos de estabilidad.

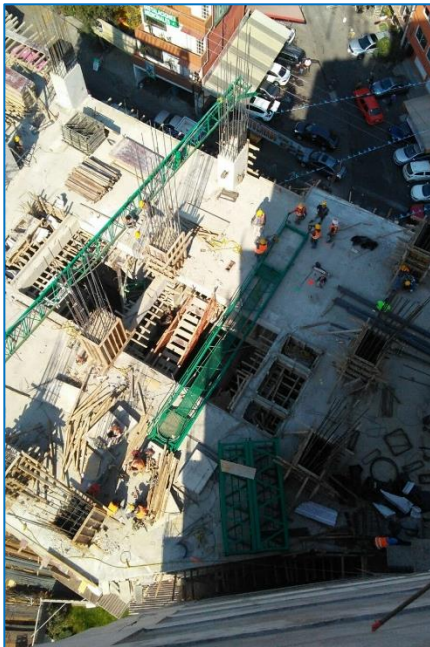


Figura 5.3. Elevación y colocación de los elementos de la grúa torre sobre el nivel de montaje.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.4. Fijación de la torre inferior de la grúa.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.5. Estructura de estabilización de la torre.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.6. Apilamiento de la torre.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.7. Montaje de la corona y elementos mecánicos.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.8. Instalación de la caseta de operación.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.9. Montaje de la contrapluma.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.10. Puesta de los contrapesos de montaje.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.11. Colocación de la pluma.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.12. Instalación de los tirantes de la pluma.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.13. Acomodo de los contrapesos de estabilidad.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.14. Control de operación de la grúa torre.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



El desmontaje de la grúa torre fue el proceso inverso del montaje, comenzando por el retiro de contrapesos y terminado con la separación de elementos verticales y desinstalación de la estructura de soporte.



Figura 5.15. Apoyos estabilizadores de la grúa Derrick.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.16. Montaje de la grúa Derrick.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.17. Desmontaje de contrapesos de equilibrio.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.18. Desmontaje de la pluma.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.19. Retiro de contrapesos de montaje.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.20. Retiro de la caseta de operación.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.



Figura 5.21. Desmontaje de la corona y elementos
mecánicos.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.

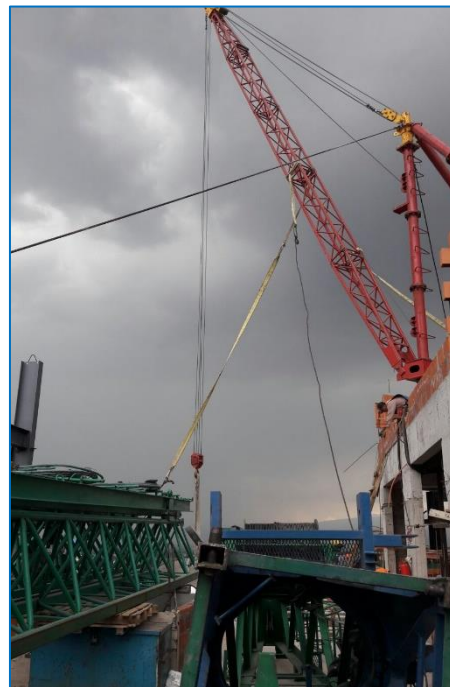


Figura 5.22. Retiro de los elementos verticales.
Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.

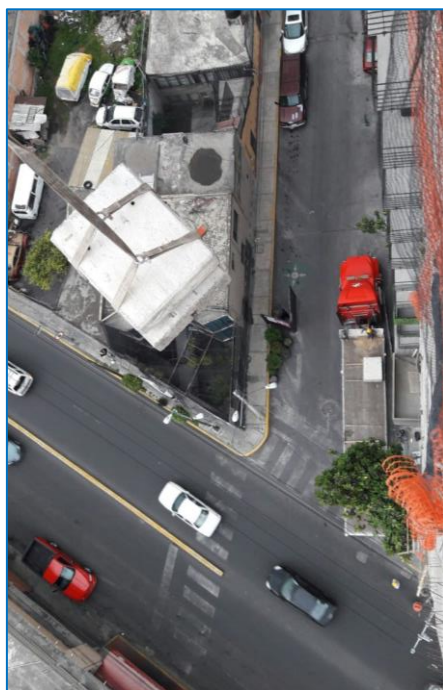


Figura 5.23. Descenso y transporte de los elementos de la grúa torre.

Fuente: Arq. Michel Tomé Toriz.

Conforme fue desmontada la grúa torre y dadas las condiciones de espacio en la azotea del edificio, los elementos que la integran fueron descendidos y colocados en plataformas de camiones para su transporte a la planta de mantenimiento.

Como bien se sabe el montaje y desmontaje de equipo mayor requiere de cierta organización y control, por lo que este proceso llega a demorar entre dos y cuatro días dada la complejidad y las circunstancias de la obra.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la información proporcionada en las normas mexicanas, manuales y códigos hechos por distintos fabricantes de grúas torre fue posible la realización de este documento, en el cual se plasmaron aspectos generalizados para brindar a los lectores conocimientos básicos sobre el montaje, instalación y operación de grúas torre. Es importante reiterar que el profesionista encargado de la obra y de la grúa torre debe contemplar en todo momento las recomendaciones hechas por los fabricantes, así como la normatividad vigente aplicable para la región donde se esté desarrollando la obra.

La información recopilada en este documento no es una copia de alguna norma, manual o código, ya que en ellos se plasman ideas muy específicas que en la gran mayoría de los casos van dirigidas a los operadores de las grúas, simplemente se analizaron, sintetizaron, conjuntaron y plasmaron los aspectos generales de los cuales es importante que el ingeniero a cargo de la obra tenga conocimiento para llevar a cabo un control periódico de supervisión.

En México hay decenas de empresas que brindan el servicio de alquiler de grúas torre, muchas son de firmas estadounidenses o europeas. El constructor tiene la opción de elegir las de acuerdo con sus necesidades y puede rentarlas por hora, mes o proyecto. Las empresas fabricantes o arrendadoras de grúas torre deben proporcionar guías y/o manuales donde se especifique claramente las características, requerimientos de montaje, instalación, operación y desmontaje; y las condiciones de mantenimiento de cada grúa de su producción. Regularmente las arrendadoras envían o capacitan a personal del cliente para realizar todas las maniobras requeridas por las grúas.

Para la utilización de una o más grúas torre no se requiere de algún permiso especial expedido por alguna dependencia de gobierno, únicamente debe especificarse en los permisos de obra el uso y número de equipos para el izaje y maniobras de piezas especiales.

Antes de pensar en montar una grúa torre es conveniente realizar estudios del suelo donde se haya contemplado su ubicación, para saber si esté es capaz de soportar el peso de la estructura más la carga máxima de levantamiento, ambas afectadas por los coeficientes de carga correspondientes, según el análisis elaborado, en el cual es importante considerar la probabilidad de ocurrencia de un sismo con base en las estadísticas regionales. Con esta



información es posible determinar el tipo de cimentación adecuada para cada grúa torre, de acuerdo con sus características.

El viento también es un factor importante en la determinación del uso de una grúa torre, por lo que deben estudiarse previamente las velocidades máximas del sitio de la obra y compararlas con las especificaciones del fabricante, para determinar qué clase de grúa torre es la más apta para determinado proyecto.

En toda obra donde se utilicen grandes equipos o maquinas como las grúas torre es importante tener comunicación en todo momento con todo el personal involucrado, ya que cada movimiento realizado, especialmente cuando se mueven objetos de grandes dimensiones, debe ser coordinado para evitar accidentes que puedan perjudicar directamente a la obra. Por lo tanto, deben seguirse estrictamente todas las recomendaciones de seguridad necesarias.

Aunque el operador sea el ejecutor directo del manejo de la grúa torre, es conveniente que el ingeniero responsable de la obra supervise en todo momento que el operador siga al pie de la letra todas las indicaciones, y en caso de no hacerlo, impedirle inmediatamente que siga operando para que no ponga en riesgo su vida y la de los demás.



7. REFERENCIAS

- Construction Plant-hire Association. Tower crane operator's handbook.
Recuperado de <http://www.ritchiestraining.co.uk/wp-content/uploads/2016/01/Tower-Crane-Operators-Handbook-LR.pdf> >
[Consulta: 3 de agosto 2017]
- Department of Justice and Attorney-General. Tower Crane. Code of practice 2017.
Recuperado de https://www.worksafe.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0012/140034/Tower-Crane-Code-of-Practice-2017.pdf
[Consulta: 9 de julio de 2017]
- Grúas Arlin, Perú. (21, junio, 2017). Historia de las grúas.
Recuperado de <http://www.gruasarlin.com/historia-invencion-evolucion-grua/>
[Consulta: 21 de junio de 2017]
- How products are made. Cranes
Recuperado de <http://www.madehow.com/Volume-5/Crane.html>
[Consulta: 7 de junio de 2017]
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C.
NMX-GR-4301-3-IMNC-2008. Grúas-clasificación-parte 3: Grúas torre.
NMX-GR-12480-3-IMNC-2008. Grúas-uso seguro-parte 3: Grúas torre.
NMX-GR-4306-3-IMNC-2005. Vocabulario - Parte 3: Grúas torre.
Disponibles en <http://www.imnc.org.mx/normalizacion/>
- Norman-Spencer Agency, Inc. Types of cranes, 2008
Recuperado de http://www.norman-spencer.com/assets/files/programs/cranes/Types_of_Cranes.pdf
[Consulta: 22 de julio 2017]



- Normas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España. Grúas Torre. Recomendaciones de seguridad en el montaje, desmontaje y mantenimiento, 2007.
Recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/752a783/ntp-782.pdf>
[Consulta: 11 de septiembre 2017]
- Occupational Safety and Health Branch Labour Department. Code of practice for safe use of tower cranes, 2002.
Recuperado de <http://www.labour.gov.hk/eng/public/os/B/crane.pdf>
[Consulta: 18 de junio 20017]