



**ESTUDIO ACERCA DE LA FISCALIZACIÓN Y CONTROL EN EL CAMPO
DE LAS GRÚAS TORRE Y SU INDICE DE ACCIDENTABILIDAD EN CHILE**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Fabián Espinoza Jovenich

Profesor Guía:
Michael Silva Espinoza

Fecha:
Diciembre 2021
Santiago, Chile

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi padre, porque a lo largo de mi vida no recuerdo un solo momento donde no haya estado para mí;

A mi madre por dejar siempre atrás mis imperfecciones y confiar en mis capacidades, muchas veces inclusive más que yo mismo;

A mi hermano que pase lo que pase siempre estaremos el uno para el otro;

Y mi novia, porque sin importar el camino que escoja o el destino que elija, está siempre junto a mí apoyándome con una sonrisa.

SOLO USO ACADÉMICO

AGREDECIMIENTOS

He de empezar dando las gracias a mi familia porque sin ellos todo esto no habría sido posible. Durante este largo proceso surgieron constantemente dudas y problemas que me hicieron querer dejar todo de lado, pero su apoyo, en todos los aspectos imaginables, fue fundamental para poder concluir exitosamente este proceso.

Pienso que conseguir una carrera universitaria debiese ser menos complejo de lo que es actualmente, se debiese entender que detrás de cada estudiante existe una familia que da todo para poder impulsar nuestros sueños y nuestras metas. Mis padres son un ejemplo de superación para mí, han estado siempre a mi lado motivándome para que sea una mejor persona y un excelente profesional, haciendo siempre todo lo posible para que yo pudiese ser más que ellos y convirtiéndose en mis mejores guías de vida, siempre lucharon para que mi hermano y yo pudiésemos tener todas las oportunidades que ellos no tuvieron y me quedo corto cuando digo que los amo y los admiro desde el fondo de mi corazón.

Quisiera agradecer a mi hermano, tal vez lo más cercano a lo bueno que son mis padres, una persona sumamente sencilla y honesta que ha estado para mí desde que tengo memoria y me ha ayudado enormemente a conseguir todo lo que tengo hoy en día. Espero que jamás cambie y sepa que siempre podrá contar conmigo, inclusive en los peores momentos de la vida.

Y como olvidarme de ti, mi compañera de vida, la mujer que me hace querer ser mejor cada día porque muchas veces llego a sentir que eres demasiado para mí. Tú sabes lo importante que has sido en todo esto, siempre me entiendes y me haces sentir que soy el mejor en todo lo que hago, me has apoyado en mis peores momentos y juntos hemos conseguido sobreponernos a todo, Piera Dazarola muchas gracias por ser mi fiel amiga y mi gran amor.

Y finalmente a la Universidad y todo su equipo docente por permitirme ser parte de esta institución y entregarme los conocimientos y herramientas necesarias para desenvolverme en el mundo laboral, a todos muchas gracias.

RESUMEN

Durante las últimas décadas el mundo de la construcción ha avanzado a pasos agigantados y Chile no ha estado ajeno a ello. La constante búsqueda de la optimización, no solo de recursos sino también de tiempos y procesos, nos ha llevado a incorporar distintas herramientas y maquinaria que permitan adecuarnos de mejor forma a las nuevas metodologías de trabajo, al punto de volvernos dependientes de ellas y considerarlas una necesidad.

El presente estudio explora el uso de una de las máquinas más importantes en el campo de la construcción a nivel mundial, la grúa torre. En él conoceremos y describiremos las partes que la componen, su proceso de instalación, operación y mantenimiento, examinaremos la normativa aplicable en nuestro país y explicaremos como hacer uso de ella en forma correcta, conociendo en el proceso, la función que cumplen los distintos organismos públicos presentes en el rubro de la construcción.

Por tratarse de una norma que no ha recibido actualización desde su creación, también se efectúa una comparación con la normativa Internacional ASME B30.3 para conocer sus nuevas versiones y ver la forma de aplicarlas y/o adaptarlas al medio local. El propósito de esto es conseguir evitar o al menos mitigar, los riesgos asociados al trabajo con grúa torre y reducir el número de fallas durante los distintos procesos de su operación.

Para conseguir esto último se realiza una jerarquización de los principales desperfectos agrupándolos por orden de importancia, a través de la creación de un patrón de criticidad que permita entender la gravedad que cada uno de ellos supone, divididos en desperfectos estructurales, mecánicos, eléctricos y de seguridad.

Todo esto con el objetivo de instruir a los profesionales de la construcción respecto al uso y criticidad de estas máquinas y culminar este estudio con la generación de un proceso experimental de auditoría y certificación para grúas torre, que sea capaz de asegurar el cumplimiento y confiabilidad de los distintos trabajos realizados y la suficiencia del control interno por parte de los proveedores de maquinaria para con el usuario final. Buscando en todo momento concientizar a los constructores acerca de los riesgos propios y externos de las grúas torre y conseguir llevarlos a extremar las condiciones de seguridad en post de proteger a las personas dentro y fuera de la obra.

Palabras Clave: Grúa torre – Fiscalización – Desperfectos – Accidentes – Auditoria - Seguridad.

SUMMARY

During the last decades the world of construction has advanced by leaps and bounds and Chile has not been immune to it. The constant search for optimization, not only of resources but also of times and processes, has led us to incorporate different tools and machinery that can better adapt us to new work methodologies, to the point of becoming dependent on them and considering them a need.

This study explores the use of one of the most important machines in the construction field worldwide, the tower crane. In it we will know and describe the parts that compose it, their installation, operation and maintenance process, we will examine the applicable regulations in our country and we will explain how to make use of it correctly, knowing in the process, the function that the different organisms fulfill. public present in the construction industry.

As it is a standard that has not been updated since its creation, a comparison is also made with international regulations to find out its new versions and see how to apply and / or adapt them to the local environment. The purpose of this is to avoid, or at least mitigate, the risks associated with working with a tower crane and reduce the number of failures during the different processes of its operation.

To achieve the latter, a ranking of the main flaws is carried out, grouping them in order of importance, through the creation of a criticality pattern that allows us to understand the severity that each one of them entails, divided into structural, mechanical, electrical and electrical flaws. security.

All this with the objective of instructing construction professionals regarding the use and criticality of these machines and culminating this study with the generation of an experimental audit and certification process for tower cranes, which is capable of ensuring compliance and reliability of the different works carried out and the sufficiency of internal control by the machinery suppliers for the end user. Seeking at all times to make builders aware of the risks themselves and external to tower cranes and to be able to take them to extreme safety conditions in order to protect people inside and outside the work.

Keywords: Tower crane - Inspection - Damages - Accidents - Audit - Safety.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO I GRÚA TORRE	3
1.1. DESCRIPCIÓN DE UNA GRÚA TORRE	3
1.1.1. Tipología de grúa	3
1.1.2. Definición de Grúa Torre	3
1.1.3. Principales componentes de una Grúa Torre	4
1.1.4. Descripción principales componentes	7
1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS GRÚAS TORRE	14
1.2.1. Su tipo giro	14
1.2.2. Su forma de montaje	15
1.2.3. Su tipo de apoyo	15
1.2.4. Su pluma	17
1.3. MOVIMIENTOS Y MECANISMOS DE UNA GRÚA TORRE	17
1.3.1. Movimiento de Elevación	17
1.3.2. Movimiento de Distribución	18
1.3.3. Movimiento de Orientación	18
1.3.4. Movimiento de Traslación	18
1.4. FUNCIONAMIENTO DE UNA GRÚA TORRE	19
1.4.1. Velocidad de trabajo	19
1.4.2. Capacidad de carga	20
1.4.3. Sistema de frenado	21
1.4.4. Sistema de seguridad	21
1.5. MONTAJE	23
1.5.1. Planificación de montaje	23
1.5.2. Bases, fundaciones y anclajes	24
1.5.3. Requerimientos eléctricos	24
1.5.4. Procedimiento de trabajo	25
1.5.5. Transporte a obra	26
1.5.6. Montaje estructural	26

1.5.7.	Puesta en marcha.....	29
1.5.8.	Calibración y regulación de los limitadores de seguridad	30
1.5.9.	Entrega formal del equipo	30
1.6.	OPERACIÓN DE UNA GRÚA TORRE.....	30
1.6.1.	Formas de operación	30
1.6.2.	Operador de Grúa Torre	31
1.6.3.	Señalero (o Rigger)	31
1.6.4.	Interrupción de trabajos.....	32
1.7.	ARRIOSTRAMIENTO Y TREPADO (O TELESCOPAJE)	33
1.7.1.	Planificación de trepado.....	33
1.7.2.	Arriostramiento	34
1.7.3.	Trepado (o Telescopaje).....	35
1.7.4.	Entrega formal del equipo	36
1.8.	MANTENIMIENTO Y SERVICIO	36
1.9.	DESMONTAJE	38
1.9.1.	Planificación de desmontaje.....	39
1.9.2.	Procedimiento de trabajo	41
1.9.3.	Desmontaje propiamente tal.....	41
1.9.4.	Traslado a bodegas del proveedor.....	42
CAPITULO II NORMATIVA NACIONAL Y ORGANISMOS PÚBLICOS		43
2.1.	REDACCIÓN NORMA CHILENA DE GRÚAS TORRE	44
2.1.1.	NCH 2422 Of 97 - Grúas Torre - Terminología y Clasificación	46
2.1.2.	NCH 2431 Of 99 - Características y Requisitos de Seguridad	47
2.1.3.	NCH 2437 Of 99 - Grúas Torre – Condiciones de Operación.....	53
2.1.4.	NCH 2438 Of 99 - Grúas Torre – Requisitos de Montaje	54
2.2.	MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO, MINVU.....	56
2.2.1.	Dirección de Obras Municipales, DOM.....	58
2.3.	SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL DE SALUD, SEREMI	60
CAPÍTULO III NORMATIVA INTERNACIONAL ASME B30.3		65
3.1.	MONTAJE Y DESMONTAJE, CARACTERÍSTICAS Y CONSTRUCCIÓN .	65
3.1.1.	Preparación del Sitio y Montaje.....	65
3.1.2.	Grúas Autoestables	68
3.1.3.	Grúas Trepadoras	70

3.1.4. Pruebas Preoperacionales y Ensayos Post Trepado	71
3.1.5. Capacidades de Carga	71
3.1.6. Tabla de capacidad de carga	72
3.1.7. Grúas alteradas o modificadas	73
3.1.8. Documentación	73
3.1.9. Equipo de elevación de carga, frenos y cables de elevación.....	74
3.1.10. Mecanismo de giro.....	75
3.2. INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO	75
3.2.1. Inspección	75
3.2.2. Pruebas y Mantenimiento.....	78
3.3. OPERACIÓN	79
CAPÍTULO IV PRINCIPALES DESPERFECTOS EN GRÚAS TORRE.....	81
4.1. FALLA ESTRUCTURAL	81
4.1.1. Falla Estructural Tramo de Empotramiento.....	82
4.1.2. Falla Estructural por Perdida de Plomo	83
4.1.3. Falla Estructural Corona de Orientación.....	86
4.1.4. Falla Estructural de Riostra.....	90
4.1.5. Falla Estructural Elementos de Torre, Pluma y Punta de Torre.....	91
4.2. FALLA DE MECANISMOS	95
4.2.1. Conjunto de Elevación	96
4.2.2. Motor de Orientación	101
4.2.3. Sistema de Traslación de Carro.....	102
4.3. FALLA DE SISTEMA ELÉCTRICO.....	103
4.4. FALLA DE SISTEMAS DE SEGURIDAD	106
CAPITULO V PROCESO DE AUDITORÍA INICIAL.....	116
5.1. REVISIÓN DOCUMENTAL	116
5.2. VALIDACIÓN DE COMPETENCIAS.....	122
5.3. INSPECCIÓN TÉCNICA INICIAL	124
CONCLUSIONES	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Grúas Torre Liebherr – Grúas y Equipos Cruz del Sur.	4
Imagen N° 2: Principales Componentes - Grúas Torre.	5
Imagen N° 3: Sistema de Arriostramiento – Anclaje al edificio.	6
Imagen N° 4: Sistema de Arriostramiento – Anclaje al piso.	6
Imagen N° 5: Marco de Arriostramiento – Detalle de Instalación.	7
Imagen N° 6: Tramo de Empotramiento – Grúa Torre Comansa.	8
Imagen N° 7: Base con Traslación – Grúas y Transportes	8
Imagen N° 8: Base Estacionaria, Lastres y Tramo Basal – Liebherr 85EC-B	9
Imagen N° 9: Unión Tramos de Torre con Asiento de Pista – Grúa Torre Jaso.....	10
Imagen N° 10: Cabina de Mando Grúa Torre – Jaso J 120.10	11
Imagen N° 11: Pluma, Contrapluma y Tirantes – Grúa Torre Sany T5710-6	12
Imagen N° 12: Carro, Polipasto y Gancho – Grúa Automontante Liebherr 81K.1	13
Imagen N° 13: Giro Basal y Giro Superior – Grúas Torre	14
Imagen N° 14: Proceso de Montaje – Grúa Automontante y Grúa Torre	15
Imagen N° 15: Trepado Interno – Despiece de Grúa Torre.....	16
Imagen N° 16: Diferentes Tipos de Pluma – Grúa Torre	17
Imagen N° 17: Diagrama de Movimientos – Grúa Torre	18
Imagen N° 18: Movimiento de Basculación – Grúa Torre de Pluma Abatible	19
Imagen N° 19: Diagrama de Cargas – Grúa Torre Potain MC85	20
Imagen N° 20: Sistema de Doble Reenvío – Grúa Torre Jaso J37NS	21
Imagen N° 21: Grúa Móvil Grove RT9100 – MGO Grúas	26
Imagen N° 22: Detalle Punta de Torre – Grúa Torre Sáez TL50 5T	27
Imagen N° 23: Detalle Unión Contrapluma – Asiento de Pista.....	28
Imagen N° 24: Tomada de Pluma – Grúa Torre Sáez TL50 5T	29
Imagen N° 25: Arriostramiento a Edificio – Grúa Torre	34
Imagen N° 26: Telescopaje de Grúa Torre	35
Imagen N° 27: Derrick – Liebherr 200DR 510 Litronic.....	40
Imagen N° 28: Cálculo Volumen Pluma – Municipalidad de La Florida.....	59
Imagen N° 29: Formato de ITET – Datos del Proveedor de Grúa Torre.....	62
Imagen N° 30: Formato ITET – Antecedentes Generales	62
Imagen N° 31: Formato ITET – Condiciones del Montaje/Desmontaje	63
Imagen N° 32: Detalle de Arriostramiento Horizontal – Grúa Torre	69
Imagen N° 33: Falla Cable Resistente a la Rotación – ASME B30.3	79
Imagen N° 34: Izaje de Personas con Grúa Torre – Maniobra Prohibida	80
Imagen N° 35: T13 – Caída Grúa Pluma	83
Imagen N° 36: Orejas Tramo de Empotramiento – jaso Tower Cranes	84
Imagen N° 37: Distanciamiento de Seguridad – Grúa Apoyada	84

Imagen N° 38: Tolerancia de Nivelación – Jaso Tower Cranes	85
Imagen N° 39: Caída Grúa Automontante - Referencia	86
Imagen N° 40: Indicaciones para Torque – Secuencia Opuesta	87
Imagen N° 41: 24 Horas – Desplome de Grúa Pluma	88
Imagen N° 42: Configuración Contrapluma – Jaso J300.....	89
Imagen N° 43: Configuración Contrapesos Aéreos – Sáez TL50 5T	89
Imagen N° 44: Letreros Incorporados de Fábrica – Grúa Torre Liebherr	91
Imagen N° 45: Daño Estructural de Pluma – Grúa Torre.....	92
Imagen N° 46: Fisura en Soldadura – Tramo de Torre.....	92
Imagen N° 47: Ausencia de Prensa – Tambor de Enrollamiento	94
Imagen N° 48: Pasador de Aleta mal abierto – Jaso J4510	94
Imagen N° 49: Mecanismo de Transmisión - Referencia.....	95
Imagen N° 50: Mecanismo de Transformación - Referencia	96
Imagen N° 51: recorrido Cable de Elevación – Grúa Torre	97
Imagen N° 52: Instalación de Grapas – Terminal de Cuña	97
Imagen N° 53: Engranajes – Mecanismo de Transformación	100
Imagen N° 54: Motor Trifásico – Tipo Jaula de Ardilla.....	101
Imagen N° 55: Distanciamientos de Seguridad – Tendido Eléctrico	103
Imagen N° 56: Carga en Suspensión – Grúa Torre.....	105
Imagen N° 57: Regiones Eólicas Europeas de la NE 13001 – Mapa Orientativo	106
Imagen N° 58: Intervalo de Frecuencia del Viento – Din/Fem	108
Imagen N° 59: Gancho Hacia Arriba y Hacia Abajo – Responsabilidades.....	109
Imagen N° 60: Baranda Sujeta con Alambre – Condicion Insegura	111
Imagen N° 61: Elementos de Izaje – Estiba de Cargas.....	113
Imagen N° 62: Caída Tramo Grúa Torre – Accidente Fatal.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Cuadro General de Mantenimiento – Mantenimiento Preventivo.	37
Tabla N° 2: Núcleo de Grúas Torre – redacción Norma Chilena	45
Tabla N° 3: Matriz de Criticidad – Accidentes con Grúa Torre	81

SOLO USO ACADÉMICO

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo de las economías líderes, así como también las emergentes, sumado a la alta conexión e inmediatez que coexisten en los mercados globalizados, han abierto en nuestro país un espacio para el desarrollo de la innovación en todos los ámbitos e industrias posibles.

En particular, podemos analizar el sector de la construcción el cual ingresa en un segmento vinculado con la alta rentabilidad, eficiencia en producción, demanda de tecnología y riesgo ocupacional. Estos factores han repercutido en la expansión y desarrollo de industrias asociadas que integran tecnologías en maquinarias de alto tonelaje, trabajo pesado o herramientas manuales, permitiendo que las empresas se diferencien y respondan a una alta demanda.

Las nuevas tecnologías aplicadas al mundo de la construcción incorporan un sin número de máquinas que vienen a facilitar la vida del constructor, ofreciendo apoyo y versatilidad al momento de la realización de las distintas tareas, siendo una de las más importantes y el eje de la edificación, la Grúa Torre.

Este tipo de máquina no solo resulta fundamental para la construcción principalmente en altura, sino que también representa un riesgo ocupacional irrefutable durante el desarrollo de una obra, sobre todo por el desconocimiento que existe del rubro propiamente tal.

El presente documento tiene por objeto enfocarse en la metodología de fiscalización y control existente para con las grúas torre, su alto índice de accidentabilidad por fallas en su mayoría humanas, los principales desperfectos que exponen fuertemente la integridad de las personas y las alternativas de mitigación existentes que buscan disminuir la fatalidad generada en el mundo de la construcción.

Se busca demostrar la deficiencia existente en los protocolos de trabajo con grúa torre, tanto por el lado del proveedor de la máquina, así como también del usuario final, y concienciar al constructor del riesgo enorme que supone tomar a la ligera la elección de la grúa torre y el equipo humano que estará a cargo de entregar el servicio a lo largo de todo el proceso constructivo, aportando en todo momento conocimiento, ideas y experiencias que ayuden a mejorar cada uno de estos procesos.

OBJETIVO GENERAL

Analizar la fiscalización y control en el campo de las grúas torre y su índice de accidentabilidad en Chile.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir una grúa torre y su proceso de operación y funcionamiento.
2. Examinar la Norma Chilena de Grúas Torre identificando la función que cumple cada organismo público responsable de su fiscalización.
3. Evaluar comparativamente la Norma Chilena de Grúas Torre y la Norma Internacional ASME B30.3, considerando las actualizaciones de esta última y su posible adaptación al medio local.
4. Jerarquizar los desperfectos más importantes que existen en el campo de las Grúas Torre, su nivel de riesgo y el grado de incidencia humana.
5. Desarrollar un proceso de Auditoría Inicial que garantice el cumplimiento, confiabilidad y suficiencia del control interno.

CAPÍTULO I GRÚA TORRE

En la actualidad, la mayor parte de las obras relacionadas con la construcción, producción, fabricación, energía y similares requiere del uso de al menos una grúa torre para su ejecución. Estas enormes máquinas cumplen un rol fundamental para el desarrollo óptimo de un proyecto de construcción, siendo muchas veces indispensable para el progreso de este.

Durante este capítulo revisaremos en detalle la composición de una de las máquinas más utilizadas en el mundo de la construcción. Describiremos sus principales componentes, los mecanismos que dan vida a sus 4 posibles movimientos, sus dispositivos de seguridad y, sobre todo, su proceso de operación y funcionamiento.

Por otra parte, se entregarán las recomendaciones de seguridad y los requerimientos específicos con los cuales se debe contar de forma previa a su instalación, cuya responsabilidad recae, en mayor parte, en el usuario final de la misma.

1.1.DESCRIPCIÓN DE UNA GRÚA TORRE

En el siguiente apartado descompondremos una grúa torre para así describir cada uno de sus componentes conforme a la Normativa Chilena Vigente y también bajo definiciones propias según el conocimiento adquirido durante años de trabajo en este campo.

1.1.1. Tipología de grúa

Una grúa es un mecanismo de elevación de cargas de funcionamiento discontinuo empleado para elevarlas y distribuir las a distintas alturas y posiciones según sea requerido, permitiendo así manipular elementos fácilmente y con poco esfuerzo.

1.1.2. Definición de Grúa Torre

Una grúa torre es una máquina electromecánica compuesta por una torre vertical y una pluma horizontal, inclinada o basculante, diseñada fundamentalmente para el transporte horizontal de las cargas. 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.

Otra definición es que se trata de una herramienta de construcción electromecánica utilizada para elevar cargas y distribuir las en un radio de efecto definido por su pluma, donde las cargas van suspendidas en un gancho montado en un carro distribuidor, que a su vez se desplaza a lo largo de la pluma. La grúa es orientable y su soporte giratorio se monta sobre la parte superior de una torre vertical, cuya parte inferior se une a la base de la grúa. Estas máquinas suelen ser de instalación temporal y están concebidas para

soportar frecuentes montajes y desmontajes, así como traslados entre distintos emplazamientos.

En la industria de la construcción, este tipo de grúas es un medio vital a cuyo alrededor gira toda la obra. Define el ritmo de trabajo y es el medio más universal empleado para el manejo de cargas y materiales ya que pueden elevarlas a grandes alturas y distancias.

Imagen N°1: Grúas Torre Liebherr – Grúas y Equipos Cruz del Sur.



Fuente: Grúas y Equipos Cruz del Sur. Ampliación Aeropuerto Arturo Merino Benítez, Recuperado de <https://gruasyequipos.cl/web/#images-4>.

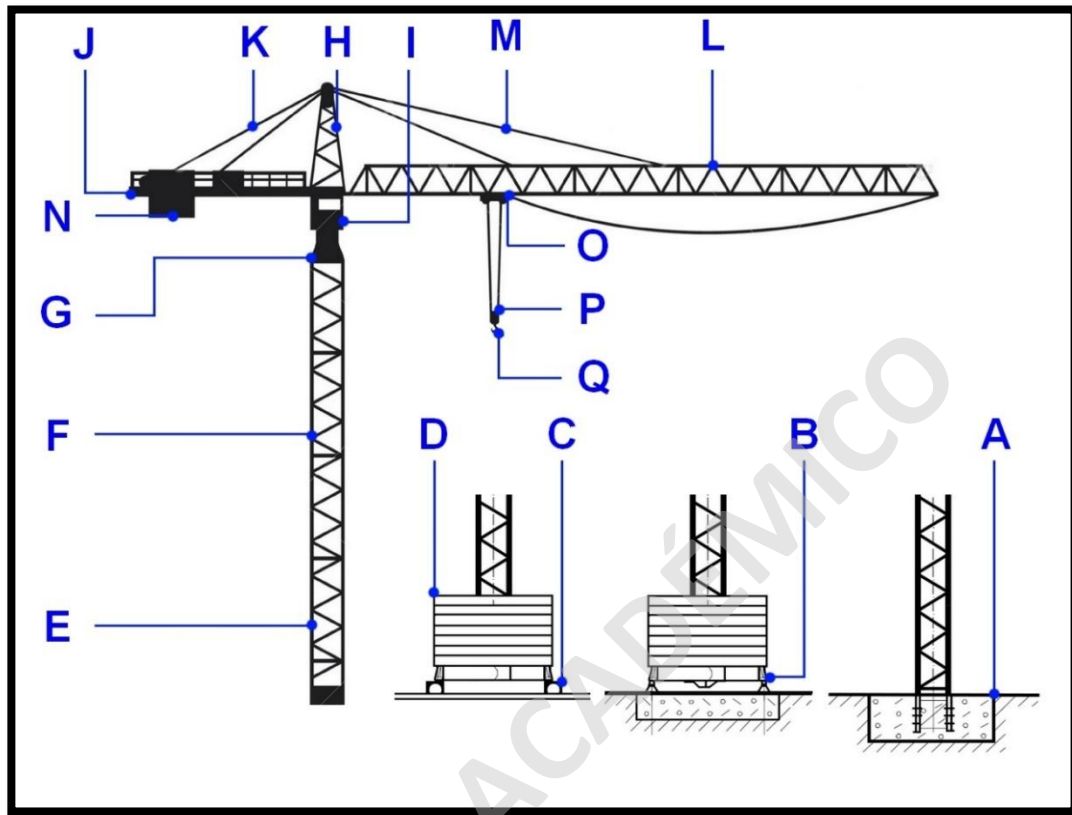
1.1.3. Principales componentes de una Grúa Torre

Las grúas torre son máquinas proyectadas exclusivamente para el manejo de cargas suspendidas, su utilización descuidada puede constituir riesgo para las personas y producir destrucción del equipo u otros bienes materiales.

La capacidad de carga de una grúa torre es variable, ya que está basada en el equilibrio que suponen los contrapesos ubicados en la contrapluma, siendo la torre su eje central. Sus componentes varían dependiendo de la marca y el modelo, existiendo máquinas que abarcan prácticamente cualquier necesidad constructiva, desde equipos simples con capacidad de 1 tonelada en punta a 30 metros de radio, hasta equipos diseñados para minería e infraestructura cuya capacidad puede alcanzar las 42 toneladas a 100 metros de radio y superando alturas de autonomía de 120 metros.

Cualquiera sea la marca o el modelo, todas estas máquinas comparten una estructura base estándar la cual se detalla a continuación:

Imagen N°2: Principales Componentes – Grúa Torre.

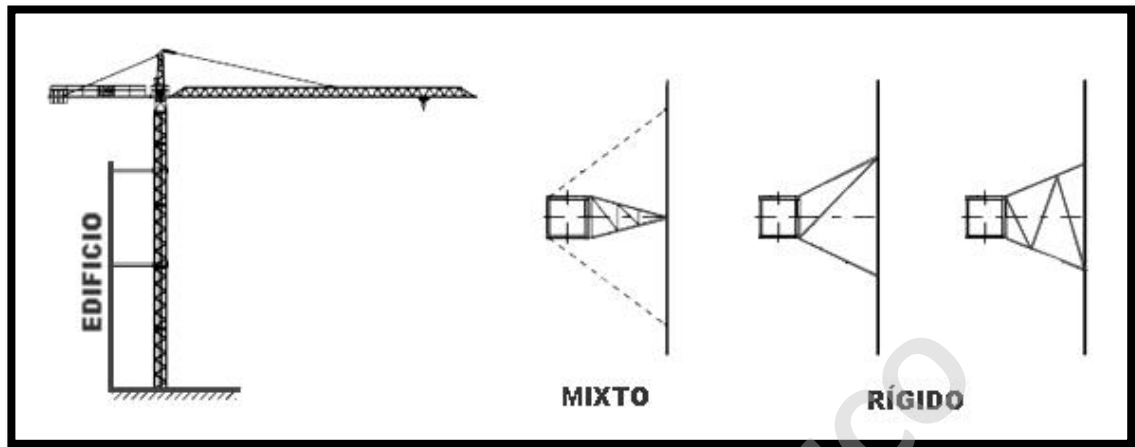


Fuente: Elaboración propia.

- | | |
|------------------------|----------------------------|
| A) Tramo empotramiento | J) Contrapluma |
| B) Base estacionaria | K) Tirante sostén de pluma |
| C) Base con traslación | L) Pluma |
| D) Lastres basales | M) Tirante sostén de pluma |
| E) Tramo basal | N) Contrapesos aéreos |
| F) Tramos de torre | O) Carro distribuidor |
| G) Asiento de pista | P) Polipasto |
| H) Punta de torre | Q) Gancho |
| I) Cabina de mando | |

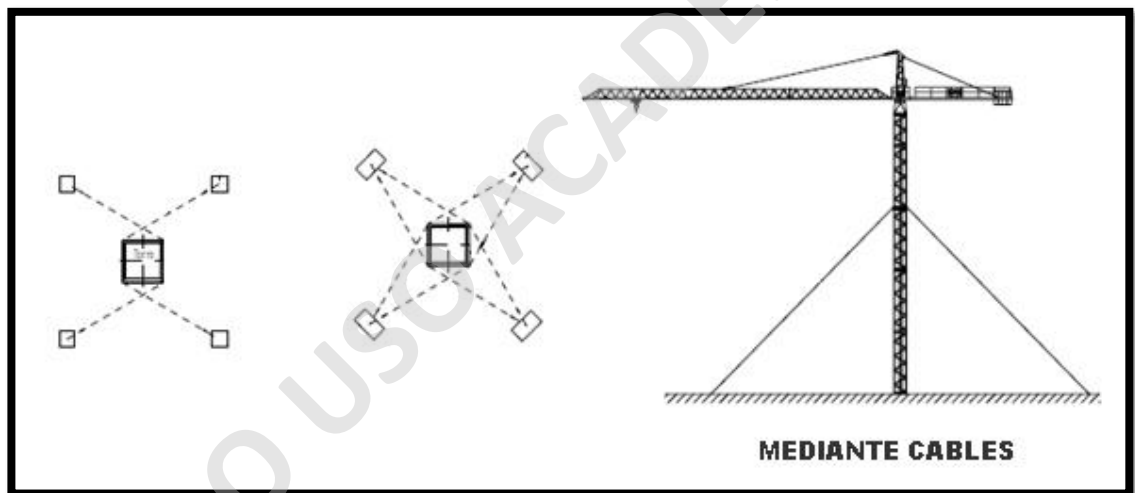
Existen también otros elementos esenciales que permiten que una grúa torre aumente su altura de autonomía y pueda crecer en conjunto con el edificio. La forma, dimensión y tamaño dependerán de la marca y modelo del equipo, pero su función es la misma: permitir que la grúa torre aumente su altura por medios propios y transmita sus esfuerzos adicionales al edificio, por medio de arriostramientos a sus losas o al piso, como se muestra en las imágenes números 3 y 4.

Imagen N°3: Sistema de Arriostramiento – Anclaje al edificio.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen N°4: Sistema de Contravientos – Anclaje al piso.

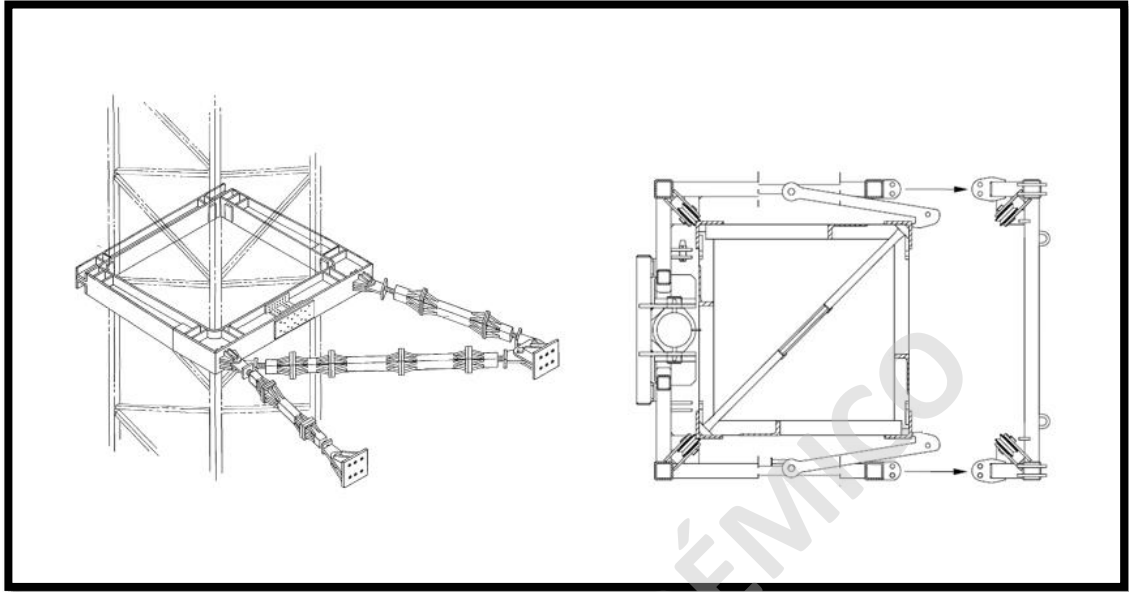


Fuente: Elaboración propia.

Para ambas alternativas se debe contar con un marco de arriostramiento diseñado por el fabricante, que permite poder transmitir los esfuerzos de la grúa al piso o al edificio. En la actualidad este último es el más común debido a que genera una mayor seguridad al usuario y requiere de un menor espacio.

La imagen N°5 muestra el detalle de un marco de arriostramiento y la forma en la que rodea la torre de la grúa. Desde este marco nacen los puntales de arriostramiento, comúnmente rígidos, los cuales pueden ser diseñados con tubos tipo Mannesmann o vigas metálicas.

Imagen N°5: Marco de Arriostramiento – Detalle de Instalación.



Fuente: Elaboración propia.

Para la realización del trepado o telescopaje de una grúa torre también es necesario contar con su torre de montaje (telescópico) que permite que la grúa torre aumente su altura por métodos propios, al punto de ser capaz de instalárselo ella misma sin ayuda de maquinaria auxiliar.

El proceso completo se encuentra más adelante, en este mismo capítulo, ítems 1.7.2 Arriostramiento y 1.7.3 trepado (o telescopaje).

1.1.4. Descripción principales componentes

Cada una de las partes y piezas que conforman la grúa torre cuentan con características específicas de uso, revisión y mantenimiento. A continuación, se muestra en qué consiste cada una de ellas y las medidas de seguridad que se deben adoptar durante su instalación:

- **Tramo Empotramiento:** un tramo de empotramiento es un elemento de anclaje que, al empotrarse en una fundación de hormigón armado, elimina por completo la posibilidad de movimiento de un sólido respecto al otro. El cálculo y diseño de esta debe ser realizado por un profesional competente en base a los valores de las acciones dadas en el manual del fabricante, a las condiciones del terreno y a las dimensiones del tramo mismo.

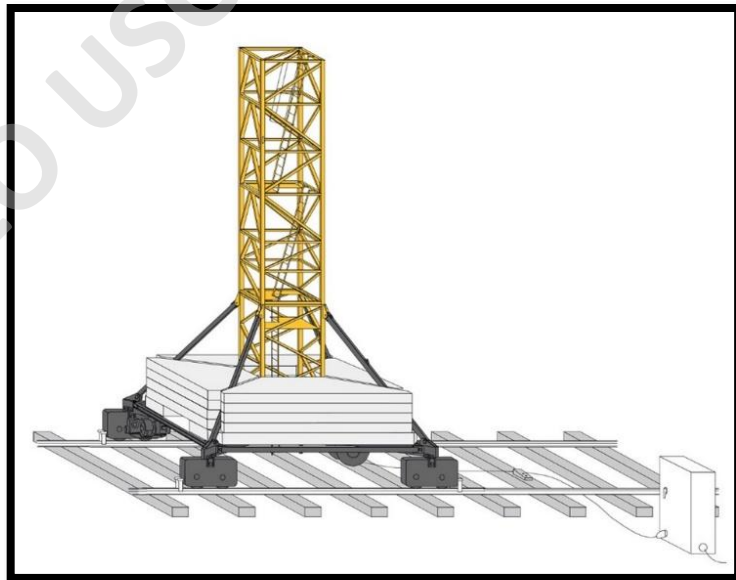
Imagen N°6: Tramo de Empotramiento - Grúa Torre Comansa.



Fuente: Elaboración propia.

- **Base con Traslación:** una base con traslación es una estructura metálica robusta, provista con lastres de hormigón prefabricado; y que posee la capacidad de desplazarse mediante un mecanismo de traslación, vía rieles. Cuenta con un motor de traslación, el cual permite el desplazamiento horizontal a través de una vía tipo férrea.

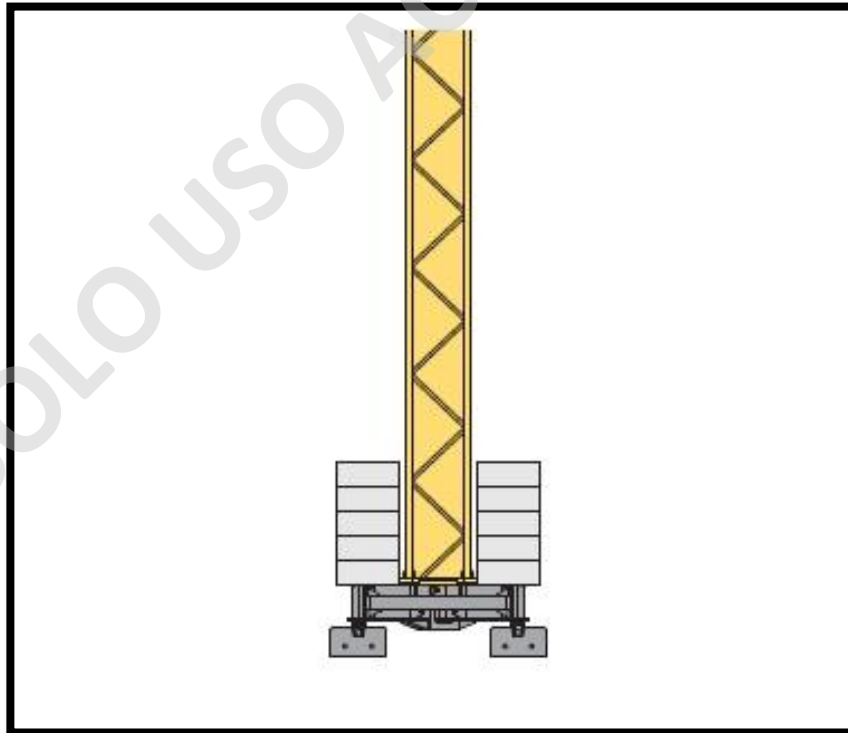
Imagen N°7: Base con Traslación – Grúas y Transportes.



Fuente: Grúas y Transportes. Despiece de la grúa torre, recuperado de <https://bit.ly/3wEqVEM>.

- **Base Estacionaria (o Chasis):** una base estacionaria es una estructura metálica fija que no posee medios de translación, o que, poseyéndolos, no son utilizables en el emplazamiento. Sobre ella se posiciona la torre vertical de la grúa y su conjunto de lastres basales, con el fin de generar una total inercia. Este elemento por lo general cuenta con husillos que facilitan la nivelación de cada punto de apoyo dentro de las tolerancias permitidas por cada fabricante.
- **Lastres Basales:** Los lastres basales son estructuras de hormigón prefabricado de peso específico definido por el fabricante, cuya misión es estabilizar la grúa frente a su peso propio, al peso que pueda trasladar y a las condiciones ambientales adversas (principalmente viento). La cantidad de lastres a utilizar está definida en el manual del fabricante de cada equipo y varían según el largo de pluma a utilizar, la altura de autonomía requerida y las dimensiones del propio chasis.
- **Tramo Basal (o Tramo Cero):** el tramo basal es una estructura de entramado metálico de sección cuadrada ubicada como tramo inicial. Cuenta con una resistencia superior al resto de los tramos verticales ya que está fabricado con perfiles metálicos de mayor espesor, lo que permite a la grúa torre alcanzar mayor altura de autonomía cuando este es utilizado.

Imagen N°8: Base Estacionaria, Lastres y Tramo Basal – Liebherr 85EC-B.



Fuente: Elaboración propia en base a Manual Liebherr 85EC-B.

- **Tramos de torre:** los tramos de torre son estructuras de entramado metálico de sección cuadrada cuya principal misión es dotar a la grúa de altura suficiente. Para el montaje se unen estos módulos, mediante bulones o pernos dependiendo del tipo de tramo, hasta alcanzar la altura proyectada. Su forma y dimensión varía según las características necesarias de peso y altura.
- **Asiento de pista (o Tornamesa):** es una estructura metálica robusta ubicada inmediatamente después del último tramo de torre. Está compuesto por plataforma circular giratoria que permite orientar la grúa en 360° mediante su funcionamiento electromecánico.
- **Punta de torre (o Torreta):** la punta de torre es una estructura metálica de sección triangular ubicada en la cima de la estructura vertical, cuya función principal es equilibrar y sostener la pluma y la contrapluma de la grúa mediante tirantes.

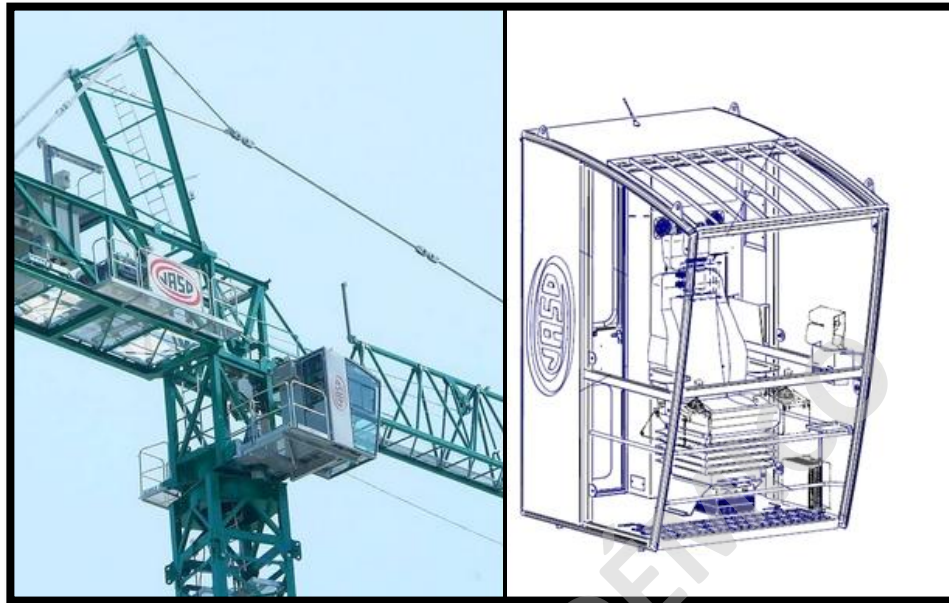
Imagen N°9: Unión Tramos de Torre con Asiento de Pista – Grúa Torre Jaso.



Fuente: Creación propia en base a Manual Jaso J47NS.

- **Cabina de mando:** la cabina de una grúa torre es aquella que contiene el instrumental y los controles que permiten al operario poder dirigir la máquina. Se encuentra ubicada a un costado del asiento de pista, por lo que giran en conjunto para así mantener siempre una visual amplia de lo que se está elevando.

Imagen N°10: Cabina de Mando Grúa Torre – Jaso J 120.10.



Fuente: Jaso Tower Crane. Serie Box, recuperado de <https://bit.ly/3z0VeY2>.

- **Contrapluma:** la contrapluma es una estructura robusta compuesta por perfiles metálicos horizontales, formando encima de ellos una pasarela para facilitar el paso del personal desde el mástil hasta los contrapesos ubicados en su extremo. Esta unida al asiento de pista en dirección opuesta a la unión con la pluma y su función principal es la de equilibrar la grúa contrapesando tanto el peso de la pluma como las cargas capaces de elevar.
- **Tirante sostén de contrapluma:** los tirantes sostén de contrapluma son elementos de sujeción los cuales sustentan la contrapluma uniéndola a la punta de torre. Pueden ser macizos o cables acerados dependiendo de la marca y modelo del equipo.
- **Pluma:** la pluma es una estructura de entramado metálico de sección triangular, cuya principal misión es dotar a la grúa del alcance necesario. Su forma y dimensión varía según las características necesarias de peso y longitud y, al igual que los tramos verticales, suele tener una estructura modular para facilitar su transporte.
- **Tirantes sostén de pluma:** los tirantes sostén de pluma son elementos de sujeción los cuales sustentan la pluma uniéndola a la punta de torre, estos también pueden ser macizos o cables acerados dependiendo del modelo.

- **Contrapesos aéreos:** Son elementos de hormigón prefabricado que se instalan en la contrapluma para estabilizar el peso y la inercia que se produce en la pluma de la grúa, tanto en servicio como fuera de servicio.

Imagen N°11: Pluma, Contrapluma y Tirantes – Grúa Torre Sany T5710-6.



Fuente: Sany Global. Grúas Torre, recuperado de <https://bit.ly/3eqUfZe>.

- **Carro distribuidor:** mecanismo que se desliza a lo largo de la pluma de la grúa torre con el objeto de trasladar horizontalmente las cargas. Consiste en un carro metálico de funcionamiento electromecánico que se mueve a lo largo de la pluma, a través de rieles. Se compone de un motor exclusivo para él, ubicado comúnmente en el primer tramo de pluma; un conjunto de cables de acero que permiten tirar de él en ambos sentidos, un tope mecánico previo a llegar a la punta y otro antes de encontrarse con la torre vertical.
- **Polipasto:** el polipasto es un mecanismo compuesto por un sistema de poleas por las cuales pasa el cable de elevación, a través de sus respectivas gargantas. Para el trabajo de la grúa con doble reenvío se debe instalar una polea móvil en el carro de la grúa o bien, según la marca y modelo del equipo, también puede contar con un segundo carro que en conjunto permiten el accionamiento de un doble reenvío.
- **Gancho:** el gancho es un componente metálico, de forma curvada y terminado en punta, que sirve para sujetar los elementos que se desean levantar. Está provisto de un dispositivo que permite la fácil entrada de eslingas y estrobos, y de forma automática los retiene impidiendo su salida si no se activa manualmente.

Imagen N°12: Carro, Polipasto y Gancho – Grúa Automontante Liebherr 81K.1.



Fuente: Liebherr. Grúas Torre Automontante, recuperado de <https://bit.ly/3m0APPD>.

- **Torre de montaje:** la torre de montaje o Jaula de Telescopaje es un elemento hidráulico que permite que la grúa pueda aumentar su altura por medios propios. Se compone de un conjunto hidráulico, plataformas laterales para el desplazamiento de los montajistas y una plataforma frontal más un monorriel para introducir los tramos.
- **Marco arriostramiento:** el marco de arriostramiento es una estructura metálica que se monta en la parte exterior del tronco de la grúa, y cuya forma y ubicación están definidas por el fabricante de cada equipo.
- **Marco de trepado:** el marco de trepado es una estructura metálica que permite soportar verticalmente una grúa torre de condición trepadora, por el interior de un edificio; su diseño y características deben corresponder a las especificaciones establecidas por el fabricante de cada equipo.
- **Puntal de riostra:** los puntales de riostra son estructuras metálicas rígidas que unen el marco de arriostramiento con el edificio. Su función es la de transmitir los esfuerzos de la grúa torre hacia el edificio, una vez que es arriostrada y sobrepasa su altura de autonomía.
- **Riostra:** una riostra está compuesta por el marco de arriostramiento y los puntales, utilizada para transmitir al edificio los esfuerzos horizontales generados por la grúa torre cuando esta supera su altura de autonomía.

1.2.CLASIFICACIÓN DE LAS GRÚAS TORRE

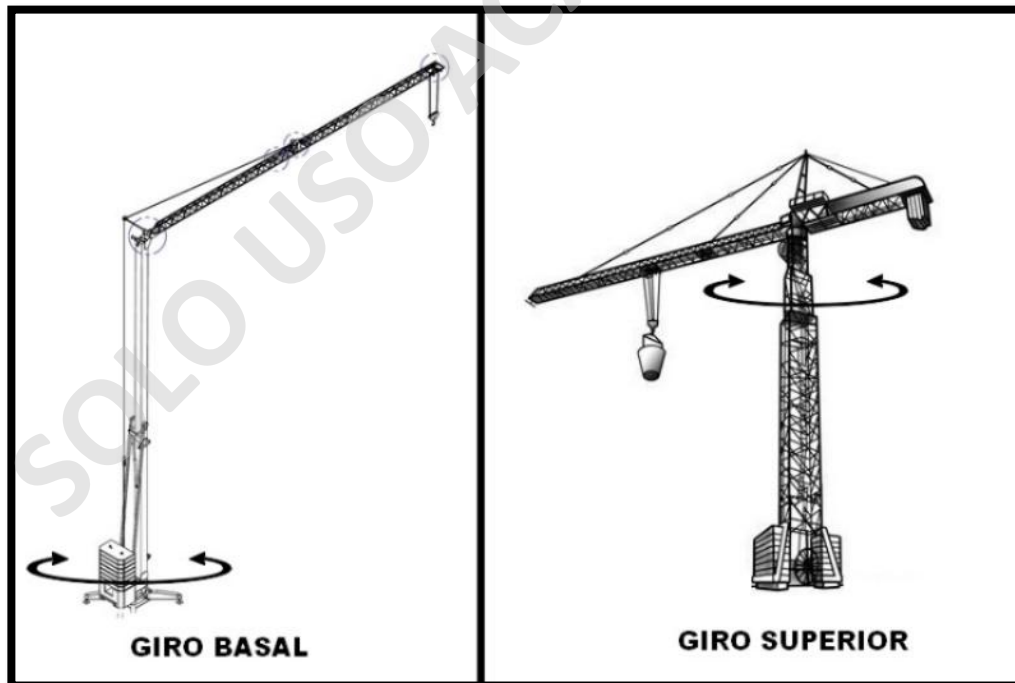
Cuando nos encontramos en las alturas de un edificio podemos divisar a lo lejos un sin número de máquinas destinadas al transporte vertical de cargas y todas parecen ser similares entre sí. La realidad es que, cuando se observan con detenimiento, se puede comprobar que son muy distintas unas de otras.

Estas pueden ser clasificadas según:

1.2.1. Su tipo giro

- **Giro basal:** este tipo de grúa es aquella en que el giro se produce en la parte inferior, debido a la ubicación de la tornamesa. Todas las grúas de tipo automontante funcionan de esta manera, pero solo los modelos de alto tonelaje cuentan con cabina en la parte superior del equipo; la mayoría debe ser operada desde el exterior a través de un manipulador a distancia.
- **Giro superior:** son aquellas cuyo giro se produce en la parte superior de la grúa, donde en conjunto, se orienta en 360° toda la estructura aérea de la grúa torre (pluma, tornamesa, contrapluma y cabina).

Imagen N°13: Giro Basal y Giro Superior - Grúas Torre.



Fuente: Liebherr. Grúas Torre Automontante, recuperado de <https://bit.ly/3m0APPD>.

1.2.2. Su forma de montaje

- **Grúa automontante:** grúa de montaje rápido para el cual no se requiere de una grúa auxiliar. Es un tipo de grúa articulada, en la cual se encuentra plegada su torre y su pluma, y su forma de montaje puede ser hidráulica o a través de cables y poleas.
- **Grúa torre modular:** es aquel tipo de grúa cuyo armado se realiza por módulos con ayuda de una grúa hidráulica. A medida que el edificio aumenta su altura, este tipo de grúa tiene la capacidad de crecer junto con él a través de medios propios.

Ambos tipos de máquina requieren de un equipo experto que sea capaz de encargarse de su montaje, desmontaje, mantenimiento y, en el caso de las grúas torre, eventuales telescopajes.

Imagen N°14: Proceso de Montaje - Grúa Automontante y Grúa Torre.



Fuente: Midi Cranes. Grúa automontante, recuperado de <https://bit.ly/3jXLxDI>.

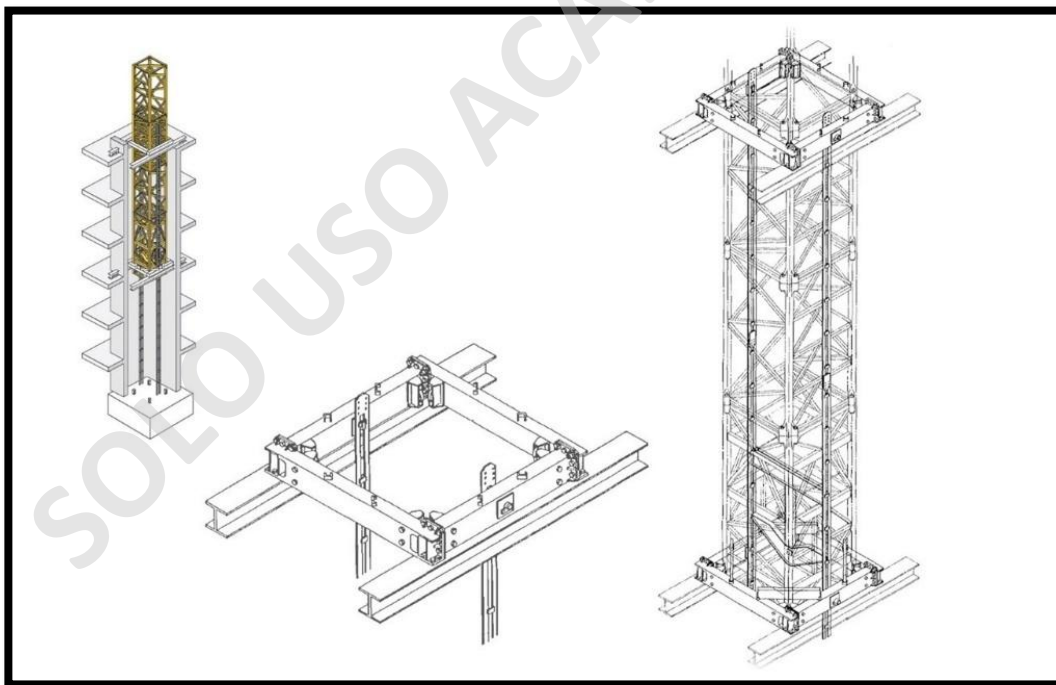
1.2.3. Su tipo de apoyo

- **Grúa sobre base estacionaria (o Apoyada):** las grúas apoyadas son aquellas que centran su gravedad por medio de contrapesos o lastres situados en su base. Deben ser apoyadas sobre una estructura rígida que, por lo general, es una losa de

fundación, la cual trabaja a compresión ya que los lastres instalados en su base de apoyo eliminan los esfuerzos de volcamiento.

- **Grúa sobre base con traslación:** estas grúas son aquellas que poseen la capacidad de desplazar su base mediante un mecanismo de traslación, vía rieles, pero condicionando su altura. Normalmente son recomendables para construcción en extensión, ya que permite evitar numerosos montajes y desmontajes, pero en nuestro país cada vez son menos utilizadas.
- **Grúas Empotradas:** son aquellas que centran su gravedad en el suelo por medio de un tramo de anclaje especial, empotrado a una fundación de hormigón armado previamente calculada y aprobada por un profesional competente.
- **Grúa Trepante:** tipo de grúa torre que se desconecta del apoyo basal, y cuyo aumento de altura es gradual y solidario a la estructura del edificio. Tiene la capacidad de ir aumentando su altura por medios propios trepando por el interior del edificio mediante un mecanismo hidráulico y anillos de trepado.

Imagen N°15: Trepado Interno – Despiece de Grúa Torre.



Fuente: Grúas y transportes. Despiece de grúa torre, recuperado de <https://bit.ly/3sgulNF>.

1.2.4. Su pluma

- **Pluma Convencional u Horizontal:** las grúas convencionales son aquellas que cuentan con punta de torre, sostenes de pluma y contrapluma, cuya función es equilibrar la estructura horizontal de esta.
- **Pluma Flat Top:** las grúas torre Flat Top son de pluma plana, sin punta de torre, donde la unión de pluma y contrapluma se realiza de manera directa. Diseñadas para trabajar en paralelo con otras grúas ya que disminuye la distancia vertical entre cada una de ellas, o bien, cerca de aeropuertos o aeródromos.
- **Pluma Abatible:** las grúas de pluma abatible son aquellas que realizan un movimiento de basculación de su pluma para acercar o alejar la carga, sin un carro distribuidor. Han sido desarrollada para obtener un radio de giro reducido, pero sin comprometer la seguridad ni de edificaciones vecinas ni de la propia grúa. Su mecanismo de basculación puede ser hidráulico o a través de cables de acero.
- **Pluma articulada:** este tipo de grúa permite variar la geometría de empleo de la pluma, pudiéndose utilizar horizontal, en ángulo obtuso y recto.

Imagen N°16: Diferentes Tipos de Pluma - Grúas Torre.



Fuente: Elaboración propia.

1.3.MOVIMIENTOS Y MECANISMOS DE UNA GRÚA TORRE

Una grúa torre pueden efectuar cuatro movimientos, pudiendo ser 3 de ellos de forma simultánea dependiendo de la expertiz de su operador. Todos ellos alimentados eléctricamente por una corriente trifásica de 380 V:

1.3.1. Movimiento de Elevación

El movimiento de elevación de una grúa torre es aquel que se realiza en el plano vertical. Su mecanismo está constituido por el conjunto de elevación, que es uno de los elementos más importantes de la grúa torre ya que permite la elevación de las distintas cargas mediante cable de elevación, polipasto y gancho. Está compuesto por un motor de elevación (normalmente de tres velocidades), un reductor de elevación, un tambor para el

enrollamiento del cable y finalmente el cable de elevación. Este último es un tipo de cable mecánico formado por un conjunto de alambres de acero o hilos de hierro que forman un cuerpo único como elemento de trabajo.

1.3.2. Movimiento de Distribución

El movimiento de distribución es aquel que permite el desplazamiento de las cargas en el plano horizontal por medio de un carrito distribuidor que recorre a lo largo de la pluma. Su mecanismo está constituido por un motor electromecánico ubicado generalmente en la primera sección de pluma, un tambor de enrollamiento de doble entrada, un reductor y un carro distribuidor metálico. Es un elemento fundamental en las grúas de pluma horizontal.

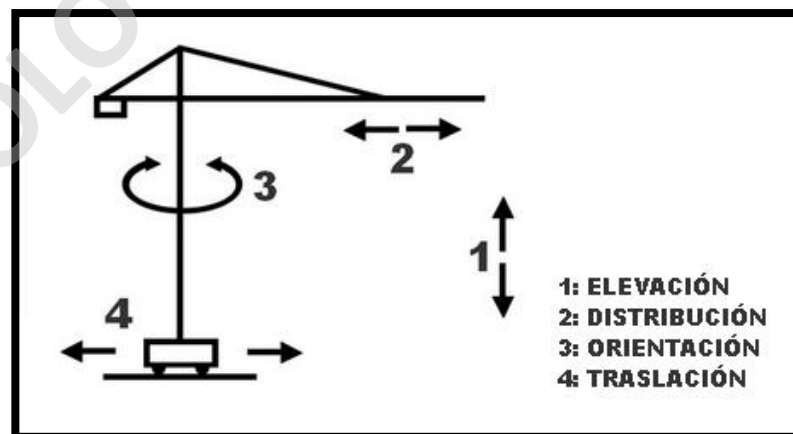
1.3.3. Movimiento de Orientación

El movimiento de orientación es aquel que permite el giro de la parte aérea de la grúa, en 360°, en el plano horizontal. Está constituido por un freno hidráulico, un acoplamiento hidráulico, un reductor, uno o más motores electromecánicos, una corona y un piñón de giro. Cada motor de orientación está posicionado sobre la corona de giro del asiento de pista y la cantidad dependerá del modelo de grúa.

1.3.4. Movimiento de Traslación

El movimiento de traslación es aquel que permite modificar el emplazamiento de la grúa torre mediante rieles previamente definidos (tipo vía férrea). Su mecanismo está compuesto por uno o dos motores eléctricos, mismo número de reductores, rodillos o ruedas de traslación de doble pestaña y topes mecánicos de fin de recorrido.

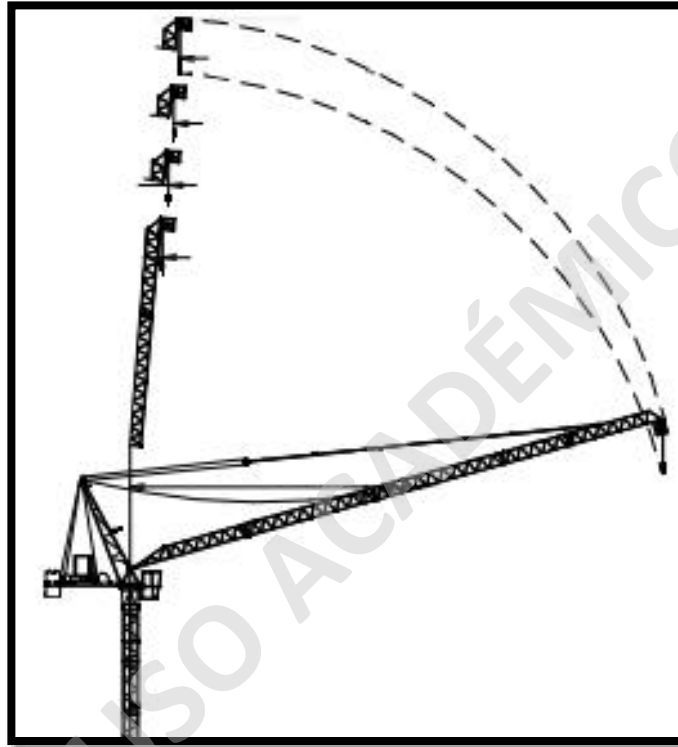
Imagen N°17: Diagrama de Movimientos - Grúa Torre.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que las grúas de pluma abatible no cuentan con carro distribuidor, por lo tanto, el movimiento en el plano horizontal que permite acercar y alejar una determinada carga se realiza por medio del basculamiento de su pluma, el cual puede ser generado a través de poleas y cables acerados o bien, en los modelos más modernos, mediante un mecanismo de tipo hidráulico.

Imagen N°18: Movimientos de Basculación - Grúa Torre de Pluma Abatible.



Fuente: Elaboración propia.

1.4.FUNCIONAMIENTO DE UNA GRÚA TORRE

El funcionamiento de una grúa se puede englobar básicamente en cuatro puntos que son:

1.4.1. Velocidad de trabajo

Los movimientos que se realizan dentro de una obra deben ser de total precisión, para ello es importante primero que el operador sea un experto en lo que hace y segundo, que la máquina se encuentre en perfectas condiciones. La ubicación del operador puede ser desde la cabina, donde cuenta con un cuadro de control y todos los componentes que permiten la maniobrabilidad de la grúa, o bien desde el exterior, utilizando un manipulador ya sea alámbrico o inalámbrico.

Para poder llevar a cabo cada uno de estos movimientos con la mayor exactitud posible, es importante considerar la velocidad de trabajo requerida en cada caso. Esto se logra gracias a que las velocidades que se manejan son de carácter variable y secuencial.

Las velocidades lentas de los motores de varias velocidades no pueden considerarse como velocidades de trabajo sino como velocidades de aproximación. El uso continuado de estas velocidades puede producir un sobrecalentamiento del motor, lo que provocará su desconexión automática, siendo necesario, entonces, esperar hasta que la temperatura descienda para que le motor pueda conectarse de nuevo.

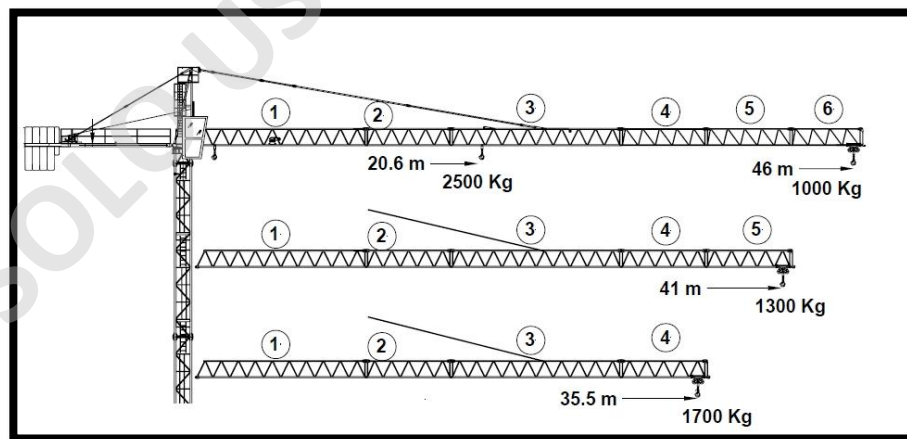
La velocidad de trabajo está regulada por cuatro motores eléctricos que permiten los distintos movimientos de la grúa torre, los cuales generalmente son trifásicos asíncronos de anillos rozantes, en algunos casos se emplean motores en corto y de corriente continua: como lo son los motores de elevación, giro, carro y traslación.

1.4.2. Capacidad de carga

La capacidad de carga se define como la potencia máxima que tiene una grúa para izar un determinado peso a una distancia definida por su pluma.

Cada grúa cuenta con una capacidad máxima de carga definida por su fabricante y también con una carga en punta, la cual varía dependiendo de la configuración de pluma con que se monte. Estas distintas configuraciones se consiguen debido a que la pluma está compuesta por módulos y cada modelo de grúa torre entrega diferentes opciones para conseguir el alcance deseado.

Imagen N°19: Diagrama de Cargas – Grúa Torre Potain MC85.

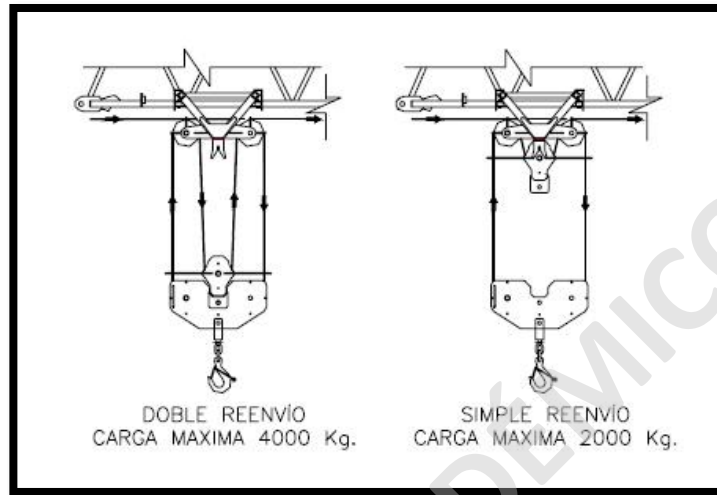


Fuente: Manual de montaje grúa torre Potain MC85 .

Dependiendo del modelo de grúa, pueden contar con un sistema de doble ramal o reenvío, el cual permite que la grúa torre aumente su capacidad mientras más se acerca el carro distribuidor a la torre. El uso de este elemento generalmente se recomienda para movimientos puntuales, ya que el solo hecho de tener instalado los componentes en la

grúa disminuye su capacidad máxima en punta y, cuando se encuentra en uso, la velocidad de trabajo se reduce a la mitad debido a que el cable de elevación debe generar un doble recorrido.

Imagen N°20: Sistema de Doble Reenvío - Grúa Torre Jaso J37NS.



Fuente: Manual de montaje grúa torre Jaso J37NS.

1.4.3. Sistema de frenado

El sistema de frenado está constituido por un conjunto de resortes calibrados, los cuales ejercen presión permanente sobre las balatas y estas al motor; los resortes se comprimen por medio de un electroimán que ejerce una fuerza contraria a la de los resortes y así queda libre el motor para que pueda funcionar.

El frenado de estas máquinas es gradual, el operario debe primero pasar de tercera velocidad a segunda, luego a primera y finalmente detener el equipo. Esto para evitar un frenado abrupto que provoque un azote del cable de elevación que genere el corte de este y por consecuencia, la caída de la carga.

Por motivos de seguridad la grúa está diseñada para que los frenos solo se activen cuando la grúa deja de recibir alimentación eléctrica. Las máquinas modernas poseen un sistema de trabajo que permite efectuar las operaciones con mayor seguridad y precisión, además se puede frenar en un corto intervalo de tiempo.

1.4.4. Sistema de seguridad

Los sistemas de seguridad mecánicos y electromecánicos de una grúa torre son los elementos de mayor importancia dentro de los distintos componentes de la máquina. Estos deben ser revisados constantemente y certificados cada 6 meses como máximo, de acuerdo con las especificaciones de cada fabricante y la normativa nacional vigente.

Durante cada nuevo montaje se deben calibrar correctamente los parámetros de funcionamiento según la configuración que se utilizará y las condiciones del terreno donde se realizarán los distintos trabajos. Cabe señalar que todo esto debe ser siempre realizado por profesionales competentes y expertos en el área en la que se desenvuelven.

Los principales sistemas de seguridad son:

- **Topes mecánicos de recorrido de traslación:** esto se trata de estructuras metálicas robustas ubicadas al inicio y fin del recorrido de traslación de la grúa torre cuando esta trabaja sobre vía con mecanismo de traslación. Su principal función es la de detener la máquina si llegasen a fallar los limitadores electromecánicos.
- **Topes mecánicos de recorrido de carro:** son estructuras metálicas ubicadas al inicio y fin de la pluma, definiendo los puntos máximos de traslación del carro distribuidor. Su función es la de detener el avance del carrito si llegasen a fallar los sistemas de seguridad electromecánicos.
- **Limitador de recorrido de carro:** el limitador de recorrido es un sistema de seguridad que define los márgenes máximos por los cuales se puede desplazar el carro distribuidor. Durante cada nuevo montaje, estos son calibrados para que la máquina automáticamente corte el desplazamiento del carro antes de chocar con la torre y por el otro lado, antes de llegar a la punta de la pluma.
- **Limitador de recorrido de gancho:** este limitador debe ser calibrado para que la grúa sea capaz de cortar el movimiento de elevación antes de chocar con la pluma y también antes de llegar al piso donde normalmente se realizará la estiba de los elementos a izar. Generalmente el corte debe generarse 1 metro antes de la llegada al piso, siempre evitando que el gancho se apoye en el suelo para evitar la pérdida de tensión del cable de elevación. Si esto llegase a suceder, se debe detener el equipo y llamar al propietario de la máquina para que realice una reparación de emergencia.
- **Contador de vueltas:** el contador de vueltas es un sistema de seguridad que debe ser regulado para que el operador no pueda realizar más de dos giros de 360° en el mismo sentido, teniendo que volver esas mismas dos vueltas para liberar nuevamente el sistema de orientación.

Muchas empresas denominan a este sistema de seguridad como “limitador de giro”, término que no es correcto principalmente porque existe una prohibición expresa de que las grúas nunca deben limitar su giro y siempre deben permanecer en veleta cuando se encuentren fuera de servicio.

La función principal del contador de vueltas es evitar la torsión del cable de alimentación eléctrica que recorre desde el tablero eléctrico en la base de la grúa hasta el asiento de pista, por el exterior de la torre.

- **Limitador de carga máxima:** se trata de un dispositivo que impide que la grúa torre levante pesos superiores a la capacidad máxima permitida, alertando primeramente a través de una bocina y posteriormente bloqueando el sistema de elevación.
- **Limitador de momento:** el limitador de momento es aquel que impide que la grúa torre pueda izar elementos en la punta de la pluma, de peso superior al permitido por el fabricante del equipo, alertando primeramente a través de una bocina y posteriormente bloqueando el sistema de elevación para evitar la eventual caída de la máquina.
- **Limitador de tercera velocidad:** por lo general, las grúas torre cuentan con 3 velocidades de elevación que van de la 1 a la 3, siendo la tercera la más rápida. Cada fabricante especifica, según su configuración, la capacidad máxima que la grúa torre puede izar en tercera velocidad y este limitador es el dispositivo encargado de no permitir que el operador pueda pasar a tercera velocidad cuando el peso que se está izando es superior al permitido.
- **Orientación al Viento:** Las grúas deben disponer siempre de un mecanismo que permita que la máquina pueda reaccionar como veleta cuando la velocidad del viento supere los 64 Km/h.

1.5.MONTAJE

Cuando se concreta la contratación de un servicio de grúa torre, el primer paso es la planificación de los trabajos. La realización del estudio de instalación debe considerar la evaluación tanto del método de montaje como también de desmontaje. La realización de este último trabajo suele ser compleja sobre todo en edificios que alcanzan gran altura o se encuentran en lugares donde las condiciones del terreno no son las más propicias.

A continuación, se detalla el paso a paso que se debe seguir para la correcta realización de estos trabajos:

1.5.1. Planificación de montaje

Durante la planificación de los trabajos se determina el modelo de grúa a utilizar y su configuración de pluma y torre, también se define el tipo de base con que será montada y la forma en la cual se realizarán los trabajos. Por ejemplo, si se trata de una fundación empotrada, debe encontrarse un profesional al momento de la nivelación del tramo de empotramiento que represente a la empresa proveedora del servicio; ya que existen tolerancias en la nivelación especificadas por el fabricante de cada máquina.

Esta misma persona debe indicar el punto hasta el cual se debe hormigonar la fundación, revisar que las dimensiones correspondan con el documento validado previamente y que la ubicación sea la correcta según los planos proporcionados. Al mismo tiempo debe revisar el terreno y entrega al profesional de obra un documento indicando las condiciones de terreno y elementos con que se debe contar el día del montaje.

La primera grúa torre siempre es montada con una grúa móvil de tipo auxiliar. Para ello se coordina una reunión en terreno con un proveedor especializado al cual se le entregan todos los antecedentes del montaje para que pueda determinar el tipo de máquina que se requerirá. Dentro de estos datos están los pesos de cada una de las partes, la altura a la cual se instalarán y el lugar desde donde se descargarán cada una de ellas.

A partir de la segunda grúa el método puede ser idéntico al anteriormente descrito o bien, si se encuentra considerado en la propuesta técnica, puede realizarse el montaje con apoyo de la grúa torre anteriormente instalada. De ser este el caso, se debe evaluar la distancia a la cual se encontrarán la una de la otra y la capacidad de levante de la grúa ya montada para definir si es o no posible.

1.5.2. Bases, fundaciones y anclajes

Independiente del tipo de grúa torre a utilizar, esta debe contar con una fundación previamente calculada por un profesional competente. Este cálculo generalmente lo realiza el Ingeniero Calculista responsable de la obra, pero existen algunas empresas que lo entregan como parte del servicio.

Cualquiera sea el caso, siempre deben tomarse en cuenta los siguientes puntos:

- **Tipo de suelo:** se debe realizar una evaluación del tipo de suelo en el cual se emplazará la grúa torre, para ello se toma en consideración el informe de mecánica de suelos del proyecto.
- **Esfuerzos ejercidos por la grúa:** el fabricante especifica los distintos esfuerzos ejercidos por cada grúa dependiendo de su configuración (Altura y largo de pluma). Estas acciones son entregadas al profesional que realizará el cálculo de la fundación necesaria para la máquina.
- **Tipo de base:** Se deben considerar siempre las dimensiones de la base a utilizar, sea móvil o estática, apoyada o empotrada.

1.5.3. Requerimientos eléctricos

La especificación de los requerimientos eléctricos y solicitudes de la grúa a instalar, vienen determinadas en el manual del fabricante de cada máquina.

Cada grúa debe contar con un Grupo Electrógeno exclusivo o conexión a Empalme. La alimentación debe estar dispuesta a los pies de la maquina a través de un tablero de

derivación con un disyuntor correspondiente al consumo de cada equipo y, desde este tablero, se debe contar con un cable de alimentación hasta el tablero propio de la Grúa Torre. El tablero instalado a los pies de la máquina también debe contar con un selector que permita desconectar rápidamente la grúa en caso de emergencia.

Además, se debe realizar una conexión a tierra donde se recomienda que el valor de la toma de tierra no pase de 10Ω , la conexión de esta debe ser realizada en el empotramiento o en el chasis de la grúa según corresponda y debe constar de 2 barras cooperweld con un diámetro de 1/2" x 1.5 metros de largo.

1.5.4. Procedimiento de trabajo

El equipo de trabajo que realice las operaciones de montaje y desmontaje debe ser de probada capacidad, reconocida explícitamente por el fabricante para cada tipo de grúa. Deben depender un técnico titulado, quien, deberá planificar y responsabilizarse del trabajo que se ejecute.

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

- 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 inicial y final (si procede).
- Cargas y distancias admisibles y tipo de reenvío de elevación.
- Tensión de alimentación.
- Datos definitorios del arriostramiento (si procede).

Antes de iniciar el montaje, el montador debe comprobarla buena disposición de las instalaciones referentes al emplazamiento, lastres, etc. El gruista que haya de hacerse cargo de la máquina colabora desde el comienzo del montaje con los montadores y el usuario debe proporcionar el personal auxiliar y los medios adecuados, según condiciones de contrato.

Se recomienda realizar las operaciones de montaje y desmontaje con luz diurna. En casos de fuerza mayor que obliguen a efectuarlos en horas nocturnas, se deben tomar las medidas necesarias para obtener un nivel de iluminación adecuado, extremando en todo momento las medidas de seguridad.

Finalizado el montaje, el montador debe hacer entrega de la grúa al usuario después de comprobar en su presencia el correcto funcionamiento de sus dispositivos de seguridad, lo que se reflejará en un documento firmado por ambos.

1.5.5. Transporte a obra

Se debe evaluar el tipo de camión en el cual se trasladarán las partes y piezas de la grúa a montar, considerando que la llegada de estos a obra siempre debe ser en secuencia de montaje. Generalmente se consideran camiones rampla de 12 metros de largo para una mejor distribución de los elementos y un menor número de vehículos, pero cuando el trayecto que deben seguir cuenta con curvas muy pronunciadas o bien existen problemas en los accesos con los que dispone la obra, se evalúa otro tipo de camiones de menos dimensión para acceder sin complicaciones.

En caso de considerar que el montaje se ejecutará desde la calle, se debe considerar un permiso de uso exclusivo de calzada, donde los camiones puedan estacionarse sin ningún problema hasta el momento de su descarga.

Cuando el montaje de la grúa se realice desde dentro de una excavación, se debe evaluar la rampa de acceso para que los camiones no tengan problemas al momento de la salida. Esta debe encontrarse correctamente compactada y con un porcentaje máximo de pendiente de un 12%.

1.5.6. Montaje estructural

El proceso de montaje se inicia una vez que la grúa auxiliar se encuentra posicionada y lista para utilizarse.

Imagen N°21: Grúa Móvil Grove RT9100 - MGO Grúas.



Fuente: Grove RT9100 recuperado de <https://bit.ly/3B8OKHL>

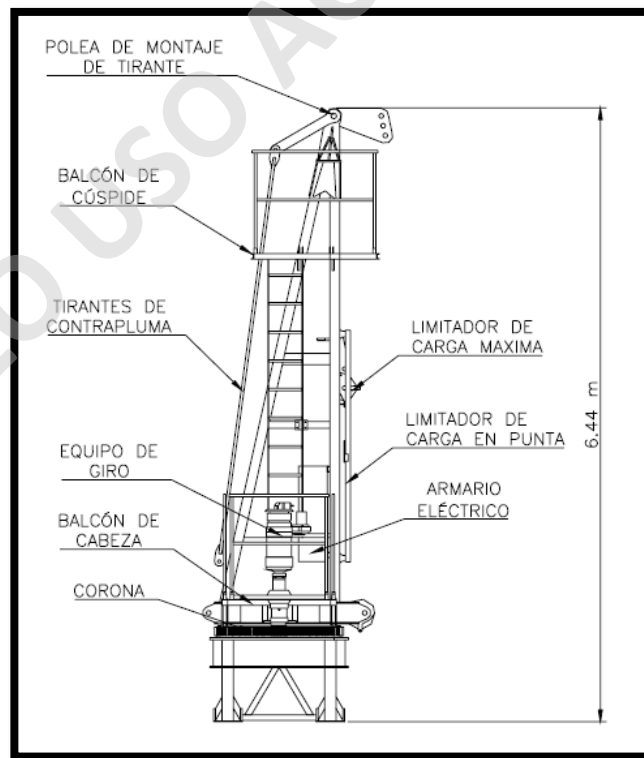
El primero paso es la descarga de los camiones en la secuencia previamente definida, para lo cual pueden existir dos opciones: realizar la descarga de todos los componentes para liberar el espacio que utilizan los camiones y luego comenzar con el montaje; o bien, ir montando los distintos componentes directamente a medida van siendo descargados.

Tratándose de una Grúa Apoyada o sobre base con traslación, el montaje inicia con la instalación y nivelación de su base considerando la tolerancia (en milímetros) determinada por el fabricante de la máquina; el montaje del tramo de torre basal y el apilamiento de los lastres basales.

En cambio, al tratarse de una grúa empotrada, y teniendo claridad de la correcta nivelación del empotramiento, se procede al montaje del tramo de torre basal de manera directa y de este punto en adelante, cualquiera sea su base, se inicia el montaje de la estructura vertical.

Finalizada la instalación de todos los tramos de torre, se continúa con el montaje de la parte superior compuesta por asiento de pista, punta de torre y mecanismo de orientación. Adicional a ello también se encuentran instalados los tirantes sostén de contrapluma en la punta de torre. Dependiendo del estudio previo estos elementos pueden ir unidos o separados y tratándose de una grúa flat top, no se considera la punta de torre.

Imagen N°22: Detalle Punta de Torre – Grúa Torre Sáez TL50 5T.



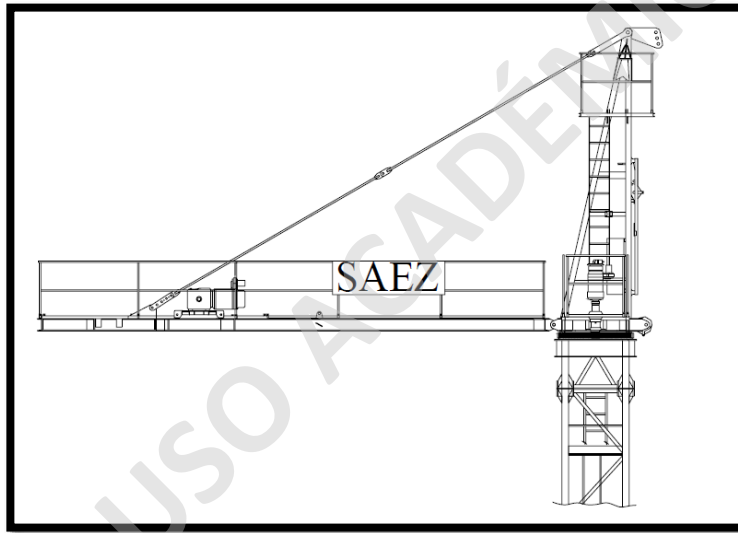
Fuente: Manual de montaje grúa torre Saez TL50 5T.

Seguido de esto se instala la cabina de mando, se realiza la conexión eléctrica para energizar la grúa y se generan pruebas de giro para comprobar su correcto funcionamiento.

Finalizado el montaje de la estructura vertical se procede con la horizontal, el que inicia por la contrapluma la cual está compuesta por su estructura principal y las barandillas de seguridad.

Con la estructura principal en el suelo, se montan todos los elementos y luego se eleva el conjunto completo a través de sus puntos de enganche hasta unirlo a la punta de torre. Se instalan los tirantes sostén de contrapluma y, si la configuración así lo indica, se instala uno o más contrapesos de equilibrio.

Imagen N°23: Detalle Unión Contrapluma – Asiento de Pista.



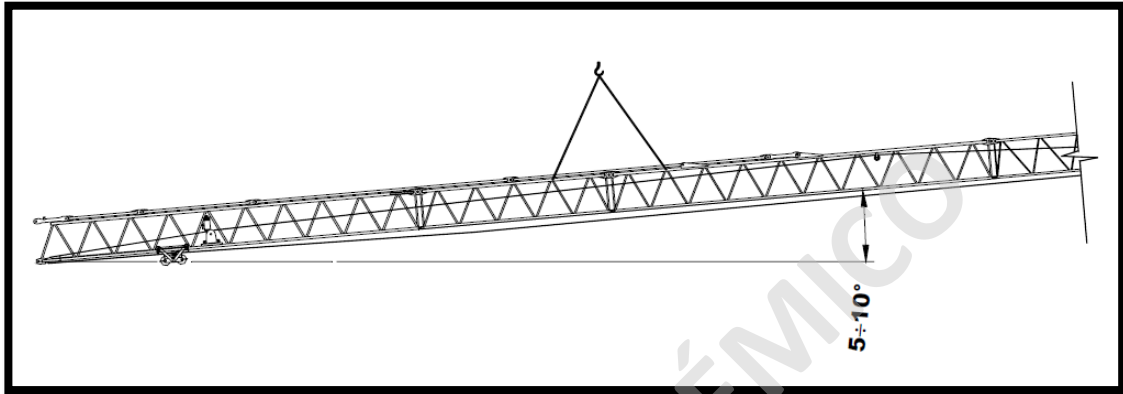
Fuente: Manual de montaje grúa torre Saez TL50 5T.

Una vez instalada y asegurada la contrapluma es el turno de la pluma, la cual se debe pre armar a nivel de suelo sobre apoyos separados a un máximo de 30 metros y que se compone de:

- Diferentes tramos de pluma numerados según indica el manual del fabricante.
- Mecanismo de traslación de carro.
- Cables de traslación de carro.
- Tirantes sostén de pluma.
- Cable seguridad montadores.
- Letreros de alcance

Instalada la pluma se conectan los tirantes sostén de pluma con ayuda del cable de elevación de la grúa torre, para finalmente completar la contrapluma con los contrapesos aéreos requeridos según la configuración de pluma montada, todo esto de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante.

Imagen N°24: Tomada de pluma – Grúa torre Saez TL50 5T.



Fuente: Manual de montaje grúa torre Saez TL50 5T.

1.5.7. Puesta en marcha

Cuando se finaliza el montaje estructural de la máquina, se prescinde de la grúa auxiliar y se continúa con la instalación del cable de elevación, polipasto y gancho, regulación de limitadores y pruebas de puesta en marcha.

En la parte superior de la punta de torre se instala un anemómetro imantado, cuya función es alertar al operario en caso de vientos que sobrepasen las exigencias permitidas por el fabricante de la máquina, al cual, posterior a la puesta en marcha, se le debe realizar una prueba de inicio en km/h.

En esta etapa también se instalan balizas, idealmente de tipo solar, las cuales se ubican en la contrapluma, punta de pluma y en la cima de la punta de torre mediante abrazaderas. Su principal función es que vehículos aéreos puedan advertir una posible colisión.

Una vez finalizada la puesta en marcha del equipo se instalan las veletas, condición que es obligatoria para una grúa fuera de servicio. Al colocar la grúa fuera de servicio esta debe quedar sin carga, lo más elevada posible y acercar el carro a la torre de la grúa hasta su posición límite de final de carrera. En esta posición, una barra regulable del carro acciona la palanca que tira del cable de desbloqueo del freno de orientación, permitiendo que la grúa pueda girar libremente en el sentido del viento.

Las grúas torre más antiguas que no cuentan con palanca de desbloqueo de freno, disponen de una tuerca en cada motor de orientación que, al apretarla, se desbloquea el freno y la grúa queda en veleta.

1.5.8. Calibración y regulación de los limitadores de seguridad

Los mecanismos de seguridad son de suma importancia y se requiere de mucho cuidado y dedicación. En esta etapa se deben calibrar cada uno de ellos para que cumplan correctamente con sus funciones detalladas en este mismo capítulo, ítem 1.4.4 Limitadores de seguridad.

1.5.9. Entrega formal del equipo

El último paso del montaje es la entrega formal al usuario final, lo cual debe estar a cargo de un profesional universitario o técnico experto en maquinaria y debe realizarse mediante un acta de entrega, documento que especifica la configuración de la grúa y respalda que todos los mecanismos se encuentran funcionando en correcto estado.

Hoy en día existe un mercado muy pequeño que brinda asesoría a las constructoras en materia de grúas torre y equipos de elevación. Estas empresas se encargan de inspeccionar la máquina antes de ser recibida y asegurar al usuario final que efectivamente se encuentra en un correcto estado estructural, electromecánico y de seguridad.

1.6. OPERACIÓN DE UNA GRÚA TORRE

Para que una grúa torre pueda operar en completa seguridad existen ciertos requisitos mínimos que se deben cumplir, tanto por parte del propietario como del usuario y su equipo de trabajo.

Estas se pueden englobar en:

1.6.1. Formas de operación

Básicamente existen 2 formas de operación bajo 3 métodos posibles.

Puede ser por medio de una botonera o de un manipulador (Joystick). Estos dos permiten una operación a distancia, es decir, permite al operador desplazarse al mismo punto en que se efectúa el trabajo, logrando de este modo una mayor seguridad en una determinada operación;

Y desde el interior de la cabina, como suele ocurrir en la mayoría de los casos, considerando que, de acuerdo con la NCh 2431 Of99 Ítem 5.1, a partir de 35 metros de altura toda grúa torre debe contar con cabina y, salvo excepciones de seguridad, el operador siempre debe manejar la máquina desde su interior.

Los sistemas de comando anteriormente nombrados permiten los siguientes movimientos de operación:

- Puesta en marcha de la grúa.
- Bocina de advertencia.

- Subida y bajada de carga (todas sus velocidades).
- Traslación de carro distribuidor adelante y atrás (todas sus velocidades).
- Orientación, giro a la derecha y a la izquierda (todas sus velocidades).
- Traslación sobre rieles hacia adelante y atrás.
- Parada de emergencia.

1.6.2. Operador de Grúa Torre

El principal requisito para la operación de una grúa torre es contar con un operador entrenado y debidamente calificado. Esto de acuerdo con lo dispuesto en la NCh 2437 Of99, Grúas Torre - Condiciones de Operación, Ítem 4.1.

Esta persona debe contar con conocimientos generales sobre las características de las grúas torre, forma de montaje, funcionamiento, condiciones de seguridad y mantenimiento del equipo; conocimientos sobre seguridad en el transporte vertical de cargas, así como conocimientos necesarios para interpretar el manual y otros documentos técnicos proporcionados por el fabricante de la grúa torre, que le permitan comprender, por ejemplo, un cuadro de cargas.

A su vez debe conocer con claridad la importancia de los mecanismos de seguridad del equipo que va a operar, su función y ubicación normal y conocer la importancia de los cables de acero y su comportamiento mecánico. Adicional a esto, y dejando fuera la operación propiamente tal, también cuenta con una importante responsabilidad que es la de controlar y observar que su grúa permanezca en perfectas condiciones operativas y de seguridad, comprobando diariamente que su máquina se encuentre en correcto estado realizando pruebas en vacío para su comprobación.

Es también la persona encargada de la revisión periódica de los accesorios de la grúa torre: capachos, bridas, estructuras, etc. Si durante la inspección u operación se detecta cualquier anomalía, el operador cuenta con la facultad de detener la grúa torre y debe informar de inmediato a su superior.

Y como último punto, pero no menos importante, debe preocuparse del orden y aseo de la cabina, las pasarelas, las escalas y las barandas, especialmente que estas últimas estén exentas de derrames de aceite o grasa para así evitar posibles accidentes.

1.6.3. Señalero (o Rigger)

La disposición inicial de la norma de grúas torre indicaba que, cuando las condiciones de visión no fuesen óptimas para el operador, se debía solicitar el apoyo de un señalero. Pero en la actualidad las empresas que proporcionan este tipo de maquinaria exigen el uso en

todo momento de señalero por dos motivos fundamentales: la estiba de cargas y el código de señales.

El señalero debe ser un profesional debidamente cualificado que cuente con su certificación al día y conocimiento tanto de normas de seguridad en transporte vertical como de la capacidad de la grúa. Cuya función principal es asegurar la comunicación entre el operador y el personal situado en el área de trabajo de la grúa torre.

El código de señales utilizado universalmente consta de señales simples y fáciles de ejecutar e interpretar y, además, no producen agotamiento físico por tratarse de movimientos naturales y lógicos. Todas las señales se deben ejecutar con calma y seguridad, cualquier duda o aceleramiento de una señal puede confundir al operador. Para ello, el señalero debe encontrarse siempre a la vista del operador de la grúa torre.

En obras de importancia se recomienda tener, además, un sistema de radio comunicación para complementar las ordenes correspondientes al operador

1.6.4. Interrupción de trabajos

Durante el desarrollo del proyecto las grúas torre deben pasar por distintos procesos que llevan a la interrupción de los trabajos contemplados con ella y la detención de esta. Algunos de ellos son por causas de la naturaleza, como por ejemplo vientos superiores a 64Km/h, escarcha o tormenta eléctrica próxima.

Para estos casos el usuario debe seguir las instrucciones de trabajo entregadas por escrito por el propietario de la grúa torre.

La detención bajo cualquiera de estos casos la determina el operador de la grúa si considera que las maniobras solicitadas, bajo condiciones climáticas adversas, son riesgosas tanto para él como para el personal de la obra.

Segundo están las detenciones por causas normales: termino de horario y mantenimiento preventivo.

Y, por último, por razones de instalación u operación.

- 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.

1.7.ARRIOSTRAMIENTO Y TREPADO (O TELESCOPAJE)

Gracias al proceso de trepado es posible aumentar y disminuir la altura de una grúa torre a través de medios propios. Este sistema es apto para montajes donde no se puede disponer de auto grúa, bien por falta de accesibilidad, bien por reducir costos en los trabajos, o bien por la imposibilidad de disponer de ella.

Esto consta de dos procesos fundamentales:

- **Arristrar:** acción de anclar solidariamente la grúa al edificio por medio de anclajes metálicos y puntales de riostra previamente calculados.
- **Trepar (o Telescopar):** acción de aumentar la altura de la grúa torre por medios propios, mediante una torre de montaje o sistema de trepado y un mecanismo hidráulico. El trepado puede ser al interior del edificio mediante anillos de trepado, o desde el exterior con marcos de arriostramiento y riostras.

Se debe tener en consideración que las Grúas tienen una altura auto estable sin arriostramientos, determinado por el fabricante según el tipo de base y tramos de torre a utilizar.

Una vez realizado el proceso de arriostramiento se comienza con el Telescopaje de la grúa torre hasta alcanzar la altura final programada. Esta altura se denomina “autonomía sobre riostra” y es determinada por el fabricante de la grúa según el modelo de la máquina y el tipo de tramo a utilizar.

En ocasiones, cuando se trabaja con más de una grúa en simultáneo y por razones constructivas no se pueden subir la totalidad de tramos que permite el fabricante, se puede programar un nuevo Telescopaje en el futuro sin necesidad de un nuevo arriostramiento, solo para completar la altura inicialmente programada.

A continuación, se detalla el proceso completo paso a paso:

1.7.1. Planificación de trepado

Los trabajos de trepado inician con el anteproyecto, es decir, al momento de la realización del estudio para la licitación de los servicios se debe considerar la planificación de trepado que incluye: Orientación de pluma, indicación de losas para anclaje y número de tramos de torre a instalar.

Días antes de la solicitud de telescopaje de una grúa torre por parte de la obra, se debe realizar una visita técnica que permita verificar que efectivamente el anteproyecto concuerde con la realidad. Se realiza el envío de placas metálicas llamadas insertos, las cuales deben ser instaladas por la obra en el interior de la losa antes de ser hormigonada. Esto último acompañado de un plano que indique su ubicación exacta.

Para el trepado se debe chequear que los recesos de losa realizados por la obra cuenten con las dimensiones especificadas en el plano. Esto para la respectiva instalación de marcos y vigas de trepado.

Existen también requerimientos por parte de la empresa proveedora que debe ser cubiertos antes de cada trabajo, como, por ejemplo, un punto de acometida eléctrica (Tensión Trifásica 380V con su respectivo enchufe trifásico 5x32A) lo más cercano posible al punto donde se realizará el trabajo de soldadura o mejoras en el acceso que tendrán los camiones que contendrán los elementos a instalar.

1.7.2. Arriostramiento

En caso de que una Grúa deba sobrepasar su altura auto estable, se deberán colocar arriostramientos o anclajes que aseguran la estabilidad de la máquina, atándola al edificio en construcción o al suelo.

El número y disposición de los arriostramientos dependerá de la altura final con la que contará el edificio en construcción.

El proceso consiste en la instalación de un marco de arriostramiento, el cual se compone de dos mitades que se atornillan a la estructura de la torre. Desde este, y hasta cada uno de los insertos previamente instalados, se ubican los puntales de riostra que deben ser soldados bajo especificaciones previamente definidas y por un profesional calificado.

Imagen N°25: Arriostramiento a Edificio – Grúa Torre.



Fuente: Arturo Acevedo. Especialista en Torres Grúa, recuperado de <http://www.arturoacevedo.co/servicios.html>

1.7.3. Trepado (o Telescopaje)

Para el proceso de Trepado se debe considerar la instalación de la torre de montaje. En ocasiones los dueños de las máquinas deciden dejarla instalada desde el montaje, pero por tratarse de un componente excesivamente costoso, la gran mayoría de la empresa cuenta con solo unos pocos. Esto obliga a tener que llevarlos de una obra a otra previo a cada trabajo.

Imagen N°26: Telescopaje de Grúa Torre – Liebherr 85EC-B 5 FR Trónic.



Fuente: Grúas Cono Sur. Inicio nosotros, recuperado de <https://www.gruasconosur.cl/copia-de-inicio>

Para su instalación existen 2 métodos:

- Con grúa auxiliar durante el mismo montaje;
- Por medios propios.

Una vez instalada la torre de montaje, se debe realizar la conexión eléctrica de todos sus mecanismos, incluyendo el grupo hidráulico. Apoyar los gatillos de la viga de apoyo del cilindro en dos orejas de trepado. Acercar el carro hacia la torre y enganchar el gancho de la torre de montaje por la parte opuesta al cilindro.

Este proceso permite que el mecanismo hidráulico separe la parte aérea de la grúa, de la torre, creando así un espacio intermedio en el cual se posiciona el tramo a telescopar. Esta maniobra es sumamente riesgosa ya que la grúa debe encontrarse perfectamente

equilibrada para evitar cualquier accidente y debe ser efectuado siempre por profesionales expertos en el área.

Cuando se genera este espacio intermedio, es la propia grúa quien toma el nuevo tramo y lo deposita en el interior de la torre de montaje. Paso seguido, el equipo de trabajo instala pernos o bulones de fijación, dependiendo del tipo de tramo a utilizar. Proceso que se repite hasta alcanzar la altura requerida.

1.7.4. Entrega formal del equipo

Una vez finalizados los trabajos de montaje, el profesional responsable por parte del proveedor debe hacer la entrega formal del equipo mediante un documento denominado “acta de entrega”. En este documento se detallan las características de la grúa torre instalada y se certifica que los mecanismos de seguridad del equipo se encuentran funcionando adecuadamente y que fueron calibrados según las especificaciones del fabricante.

Este proceso debe realizarse junto con el profesional de obra a cargo de los trabajos, quien recibe conforme y firma el documento que respalda que los trabajos se ejecutaron correctamente.

1.8.MANTENIMIENTO Y SERVICIO

Para poder garantizar el correcto funcionamiento de la grúa torre y su durabilidad en el tiempo, se debe cumplir a cabalidad el programa de mantenimiento entregado por el propietario del equipo. La frecuencia de estas revisiones debe ser como máximo una vez al mes o cada 200 horas trabajadas.

Dentro de los distintos tipos, podemos encontrar el mantenimiento:

- **Correctivo:** se trata del conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que van surgiendo en el transcurso de la operación, los cuales son informados por el operador de la máquina o bien por el usuario de esta.
- **Mantenimiento Preventivo:** el mantenimiento preventivo es aquel que se programa mes a mes y que permite evitar que la grúa torre presente fallas durante su trabajo cotidiano. Durante este proceso se revisan los puntos más críticos de la máquina de forma sistemática, y se intervienen algunos mecanismos, independiente de si estos presentaron o no algún problema.
- **Mantenimiento Predictivo:** se trata de un tipo de mantenimiento sumamente avanzado el cual permite predecir posibles fallas con antelación. Para poder llevarlo a cabo es importante poder determinar distintas variables relativas al estado y a la operatividad, como: temperatura, vibraciones, consumo de energía, entre otras.

Los mantenimientos correctivos y preventivos deben ser realizados por toda empresa de maquinaria para garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas. Sin embargo, solo las empresas de mayor experiencia y recursos han comenzado a implementar el mantenimiento predictivo para anteponerse a las fallas eléctricas más recurrentes.

El proceso general de mantenimiento preventivo, que es aquel que garantiza el correcto funcionamiento durante la operación de la grúa torre, puede englobarse en el siguiente cuadro:

Tabla N°1: Cuadro General de Mantenimiento – Mantenimiento Preventivo

CUADRO GENERAL DE MANTENIMIENTO		
Equipos	Detalles	Frecuencia
Vía	Topes, accionador final de carrera.	Diaria
	Nivelación, horizontalidad.	Semanal
Instalaciones Eléctricas	Armario General, toma de fuerza, diferencial.	Diaria
Armario Eléctrico	Comprobar el estado de la cubierta, puertas, respiraderos, termostatos, ventiladores, calefactores.	Mensual
	Comprobar el apriete de los tornillos de los contactos en contactores, regleteros.	Mensual
	Comprobar el estado de los contactores.	Mensual
	Comprobar los contactores de alimentación de frenos y fuerza. Sustituir el contactor en caso de excesivo desgaste.	Mensual
	Comprobar el estado de conectores, tapas y prensaestopas.	Mensual
	Comprobar que el diferencial de cabina funciona correctamente.	Mensual
Radiocontrol	Inspeccionar el estado de fuelles, gomas y pulsadores.	Mensual
Anemómetro	Comprobar el correcto funcionamiento del anemómetro con otro anemómetro patrón	Mensual
Cables Eléctricos	Verificar el estado y fijación a la estructura.	Mensual
Toma de Tierra	Estado del cable de puesta a tierra y conexiones a estructura.	Mensual
Frenos	Frenos de Elevación, carro, giro y traslación	Diario
Lastres y Contrapesos	Estado, fijación y desequilibrio.	Semanal
Limitadores	Comprobar la correcta regulación del limitador de Par, sobrecarga, finales de carrera de elevación y carro.	Semanal

	Comprobar el estado interior (óxido y humedad) de finales de carrera de giro y traslación	Mensual
Cables y Poleas	Inspección visual y tensado de cable de carro.	Semanal
	Comprobar el correcto alojamiento de los cables en las poleas.	Diario
	Desgaste de cables y poleas.	Mensual
	Revisar extremos y fijaciones. Eliminar excedentes de grasa del recorrido completo de cables.	Mensual
Tambores	Comprobar holgura entre el eje de salida del reductor y acoplamiento del tambor.	Semestral
	Inspección de tornillos de fijación de bridas laterales.	Semestral
	Inspección visual.	Mensual
Pastecas	Comprobar que el cable está alojado correctamente en todas las poleas.	Diario
Corona	Inspección del dentado.	Mensual
	Apriete de tornillos	Mensual
Estructura	Inspección visual en las zonas críticas, prestando especial atención a: Base, Asiento de Pista, Base Punta de Torre, Uniones (bulones, pasadores y tornillos).	Quincenal
Cajas Reductoras	Inspección visual de estanqueidad, niveles de aceite, grasa.	Mensual
	Inspección de Pernos de fijación	Mensual
	Cambio de Aceite	Mensual
Sistema Hidráulico	Nivel de aceite	Diario
	Inspección visual de llaves de paso, mangueras y conexiones.	Diario
	Cambio de aceite.	Mensual
Rodamientos y Engranajes	1º inspección visual.	Mensual
	Inspecciones visuales sucesivas.	Mensual

Fuente: Elaboración propia

Las revisiones que deben efectuarse diariamente son de responsabilidad del operario de la máquina y también del usuario de esta. En cambio, los mensuales o semestrales, corresponden a mantenimientos programados y deben ser realizados por personal especializado.

1.9.DESMONTAJE

Cuando se define el esquema de grúas a utilizar en un proyecto, de manera conjunta se estudia también la metodología que se utilizará para el desmontaje de estas. Dicho proceso suele ser la parte más compleja de la instalación de una grúa torre. En muchas oportunidades los espacios son apropiados y se puede trabajar sin mayores inconvenientes, pero cuando se trata de la ciudad de Santiago y se considera su alto volumen de construcción, la altura de los mismos edificios, los espacios acotados de

trabajo y la restricción de horario en que los municipios permiten trabajar; suele complicar las cosas.

Por esta razón que se debe realizar una correcta planificación optimizando los recursos y evitando contratiempos.

1.9.1. Planificación de desmontaje

De la misma forma que antes del montaje, se realiza una revisión de las nuevas condiciones de terreno, donde se determinan las mejoras que se deben realizar y se evalúa la necesidad de destelescopar o no la grúa torre. De ser necesario el destelescopaje se coordina la instalación de la torre de montaje, se define el espacio de acopio de los elementos y también los tiempos a utilizar para el retiro de los tramos necesarios y corte de riostras.

Existen distintos métodos de desmontaje y cada uno de ellos dependerá de las necesidades específicas del proyecto mismo, siendo los más relevantes con:

- **Grúa móvil:** en la gran mayoría de los casos las condiciones de terreno y el edificio ya construido permite que el desmontaje se realice con grúa móvil. Esto es evaluado de manera previa para que la ubicación de la grúa permita la óptima realización de los trabajos.

Si la evaluación contempla este método, se coordina una visita en conjunto con el proveedor correspondiente para determinar la capacidad necesaria requerida en el desmontaje, se definen los espacios y mejoras que se deben realizar para el ingreso y posicionamiento de la grúa móvil y el lugar de descarga, acopio y desarme de componentes de la grúa torre.

- **Grúa Torre:** cuando se instala más de una grúa torre en un proyecto siempre se debe evaluar la opción de montar y desmontar una de ellas con la otra. Esto optimiza el presupuesto de la obra y al mismo tiempo permite entregar una mejor solución técnica. También existen casos puntuales donde las condiciones del proyecto obligan a optar por esta alternativa.

Siendo este el caso, se realiza un levantamiento previo para rectificar las posiciones finales de cada máquina y determinar alcances, capacidades y alturas de cada una.

- **Derrick:** se trata de una grúa pequeña, cuya base se ancla a la losa terminada del edificio y permite realizar el desmontaje de una grúa torre por piezas, cuando no se cuenta con acceso para una grúa hidráulica. Su principal misión es desmontar las grúas atrapadas. Es fácilmente manejable y se puede transportar de forma manual o en ascensor. También es una buena opción para obras que requieren

trabajos de mantenimiento en los techos de edificios construidos donde los esfuerzos transmitidos tienen que ser bajos y se requiere un fácil montaje.

Cada vez nos encontramos con mayor número de edificios y obstáculos, las nuevas construcciones terminan abarcando el 100% del terreno lo que obliga a instalar grúas torre en puntos donde no se tiene acceso. Es un método más lento que los anteriores ya que se debe despiezar cada componente para poder llevarlo al punto de carguío.

Imagen N°27: Derrick - Liebherr 200DR 510 Litronic.



Fuente: Liebherr. Productos y máquinas, recuperado de <https://bit.ly/3sR1gJ3>

Finalmente, si se define un desmontaje con Derrick, se requiere de un estudio ingenieril que pueda determinar la ubicación exacta de esta y que, a su vez, permita un óptimo desmontaje con el mínimo de posturas posibles.

En caso de requerirse uso de espacio público, ya sea ocupación de vereda o de calzada para posicionamiento de grúa móvil y descarga de elementos, se deben acordar los horarios permitidos por el municipio y definir el inicio y termino de los trabajos, los cuales pueden estar supeditados a permisos municipales o netamente decisión de obra.

1.9.2. Procedimiento de trabajo

El equipo de trabajo que realice las operaciones de montaje y desmontaje, serán de probada capacidad, reconocida explícitamente por el fabricante para cada tipo de grúa. Dependerán de un técnico titulado, quien, deberá planificar y responsabilizarse del trabajo que se ejecute.

El montador dispondrá, además, de una orden de trabajo en la que figurarán, como mínimo, los datos siguientes:

- 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 inicial y final (si procede).
- Cargas y distancias admisibles y tipo de reenvío de elevación.
- Tensión de alimentación.
- Datos definitorios del arriostramiento (si procede).

Al igual que en el montaje, el montador debe comprobar la buena disposición de las instalaciones referentes al emplazamiento y ser apoyado por el gruista a cargo de la operación.

1.9.3. Desmontaje propiamente tal

El proceso de desmontaje de la grúa torre puede realizarse desde la altura final montada o bien, puede ser destelescopada por medios propios para un desmontaje a menor distancia. Esto dependerá del estudio técnico previamente realizado.

Cuando se trata de una grúa de altura superior a la autonomía estándar o bien que cuente con arriostramientos, se procede primeramente a la instalación de la torre de montaje para realizar el destelescopaje de los tramos necesarios, los cuales son cargados directamente al camión y trasladados de vuelta a las bodegas del proveedor.

En cambio, cuando el desmontaje se realiza con otra grúa torre, no es necesario el Destelescopaje de la máquina es cuestión, puesto que el retiro de esta se realiza desde altura final. Lo propio ocurre cuando la grúa torre se encuentra en una altura igual o inferior a su autonomía estándar.

El desmontaje de una grúa torre inicia con el retiro del cable de elevación a lo largo de toda la pluma, liberando gancho y polipasto por medio del mecanismo de elevación y el de traslación de carro, depositándolos en el piso.

Realizado esto, el desmontaje sigue el curso exactamente inverso del montaje, retirando los contrapesos aéreos y dejado los de equilibrio si procede, se sueltan los tirantes sostén de pluma para llevarlos al nivel de la pluma y afianzarlos para evitar su desplazamiento y se retira la pluma completa o por secciones, según el modelo de grúa y la planificación previa. Una vez en el piso, se procede al desarme y carguío de la pluma.

Paso siguiente es el desmontaje de los contrapesos de equilibrio y contrapluma, y el retiro de las mangueras de alimentación general.

Se procede al desmontaje de la parte superior compuesta por asiento de pista, punta de torre, mecanismo de orientación y tirantes sostén de contrapluma. Salvo las grúas flat top las cuales no cuentan con punta de torre.

Se continúa con el desmontaje de la estructura vertical y, de tratarse de una grúa apoyada, se procede al desmontaje de lastres basales, tramo basal y base estacionaria.

1.9.4. Traslado a bodegas del proveedor

Como último paso se encuentra el transporte a las bodegas del proveedor de la grúa torre, para lo cual se evalúa el tipo de camión en el cual se trasladarán las partes y piezas. Los camiones para el desmontaje pudiesen variar a los del montaje por motivos de condición de terreno.

Inicialmente y de ser factible se consideran camiones rampla de 12 metros de largo para una mejor distribución de elementos y un menor número de vehículos. Pero dependiendo del trayecto que estos deban efectuar, las posibles curvas excesivamente cerradas y los accesos con los que disponga la obra al momento del desmontaje, se pueden evaluar otro tipo de camiones de menor dimensión para poder acceder sin complicaciones.

También existe la posibilidad de realizar el carguío de los camiones desde la calle aledaña, considerando por parte de obra un permiso municipal de carga y descarga. Pero todas son eventualidades que deben ser resueltas durante cada uno de los trabajos, entendiendo que cada montaje, operación y desmontaje es distinto, sin importar que se utilice el mismo modelo de grúa y la misma configuración.

CAPITULO II NORMATIVA NACIONAL Y ORGANISMOS PÚBLICOS

El mercado de las grúas torre en Chile tuvo un incremento exponencial durante las últimas décadas. El aumento tanto en el número de edificios construidos como en la altura de estos abrió un mercado importante para que se instalaran en nuestro país un importante número de empresas proveedoras de este servicio que se sumaron a las ya consolidadas en ese momento.

La construcción de edificios en altura requiere el empleo de, a lo menos, una grúa torre, que además de ser vital para la ejecución de la obra, conlleva un riesgo por la probabilidad de que existan accidentes, tanto dentro del sitio de la obra, como en los terrenos adyacentes o vecinos.

La normativa chilena de grúas torre y la ordenanza general de urbanismo y construcción prohíben estrictamente pasar carga por un recinto fuera de los deslindes de la obra, solo autorizando el paso de la pluma y de la contrapluma con el gancho recogido siempre en el interior de esta; pero, aun así, es común que existan reclamos de vecinos que indican verlas a diario circulando por espacios no autorizados.

La pregunta es ¿qué organismos regulan este campo?

Existen un sin número de irregularidades en el rubro de las grúas torre, que no solo incumple aspectos normativos, sino que también exponen la seguridad de las personas y de los trabajadores de la obra misma.

La normativa vigente data de 1999 y, a la fecha, no ha recibido una actualización. Por otra parte, el avance en los mecanismos de funcionamiento y seguridad, así como la tecnología de las nuevas máquinas que se importan a nuestro país, siguen en constante evolución.

En relación con este último punto, se puede afirmar que, existe una falta de fiscalización y control por parte de las autoridades competentes. Los municipios realizan tan solo una parte del trabajo necesario para reducir los riesgos asociados al mal funcionamiento de estas máquinas, pero una vez otorgado el permiso de instalación de grúa torre se omiten los procesos de fiscalización: saber si efectivamente el equipo fue instalado en el lugar y bajo las características planteadas inicialmente, si la empresa proveedora proporciona o no toda la documentación y certificados correspondientes, si las fundaciones realizadas fueron validadas por un profesional competente o si los procedimientos de trabajo corresponden a lo realmente realizado. También se omiten los controles y se asume que cada empresa proveedora de la maquinaria realizará su trabajo de la mejor forma posible, cosa que no siempre ocurre.

En el rubro suele decirse que “las grúas no se caen, las botamos”. Esto quiere decir que, cada vez que ocurre un accidente, deslizamiento de una carga que finaliza con un fatal o la caída de una grúa torre, en el 99% de las veces es por error humano.

En este capítulo examinaremos la normativa vigente y conoceremos la función que cumple cada uno de los organismos públicos responsables de la fiscalización y el control de estas máquinas.

2.1.REDACCIÓN NORMA CHILENA DE GRÚAS TORRE

Sin duda, uno de los íconos en el rubro de las grúas torre en nuestro país es la empresa ETAC (Empresa Técnica Asesora de la Construcción), pioneros en este campo y hasta la actualidad el proveedor más grande en Chile de este servicio (hoy bajo el nombre de Grúas y Equipos Cruz del Sur).

Se trata de una empresa con más de 40 años de historia que cuenta con sedes en Perú y Colombia y que, durante el transcurso del año 2016, concretó la unificación con la segunda empresa más grandes del rubro, Maquinarias Cruz del Sur (MCS). Formando así la compañía con el mayor parque de arriendo de grúas torre de Latinoamérica superando las 350 máquinas.

Durante la década de los 90's, ETAC contaba entre sus filas con una de las piezas fundamentales para lo que sería la creación la primera Norma Chilena de Grúas Torre, Gonzalo Ugarte Gabrielli, destacado Ingeniero Civil y experto en emergencias, encabezó el núcleo de Grúas Torre que participó junto con varias otras entidades en el proceso de creación del primer documento formal, a cargo del Instituto Nacional de Normalización (INN).

Gonzalo Ugarte se dio cuenta que existía una enorme necesidad de contar con una regulación que permitiese estandarizar procesos y aumentar la seguridad en el rubro, por lo que comenzó con un extenso proceso que culminó exitosamente con la creación de la primera y hasta la actualidad única norma nacional de grúas torre.

El estudio y preparación de dichas normas técnicas estuvo a cargo del Instituto Nacional de Normalización, INN, en base al anteproyecto elaborado por el Núcleo de grúas torre del país y los organismos y personas naturales siguientes:

Tabla N°2: Núcleo de Grúas Torre – Redacción Norma Chilena

Astilleros y Maestranzas de la Armada, ASMAR	Alberto Bittner Sch.
B. Bosch S.A.	Carlos Ramírez G.
Bemaq Ltda.	Manuel Toraño B.
BESALCO S.A.	Raúl Montt F.
BOETSCH S.A.	Alejandro Boetsch F.
Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Arauco	Hugo Ramírez C. José Vivanco R.
Constructora Basco S.A	Franco Curotto L.
Dirección del Trabajo, Unidad de Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo	Hugo Murúa Ch.
E.C. DESCO S.A	Fulvio Dagnino M.
E.C. TECSA	Andrés Díaz I.
ENEI S.A.	Aldo Enei S.
ETAC S.A.	Gonzalo Ugarte G. Francisco Grez M. Alberto Torrejón B.
Instituto Nacional de Normalización. INN	M. Esther Palomero M.
Maquinarias SX Ltda.	Carlos Lozano V. Miguel Ángel Saa R.
Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División de Desarrollo Urbano	Jurgen Kassens P. Jaime Silva A.
Municipalidad de Las Condes, Dirección de Obras	María Eugenia Vial
Mutual de Seguridad C. Ch. C.	Arturo Bórquez M. Bernardo Piñeiro R. J. Pablo Toro R.
Universidad Arturo Prat, Departamento de Ingeniería	María Rosa Jelcic C.
Argandoña L. Franklin	Franklin Argandoña L.

Fuente: Elaboración propia en base a la NCh 2422

Dicho documento marco el inicio de una nueva era en el campo de las grúas torre, cuya culminación fue la creación y publicación de 4 normas técnicas destinadas a la regulación, fiscalización y control técnico y documental de este tipo de maquinaria en nuestro país, las cuales se describen a continuación.

2.1.1. NCH 2422 Of 97 - Grúas Torre - Terminología y Clasificación

La norma NCh 2422, como su nombre indica, establece la terminología básica comúnmente utilizada en relación con las grúas torre, además de su clasificación según forma de montaje, tipo de giro, tipo de pluma, tipo de apoyo y capacidad máxima de carga.

Fue diseñada para aplicarse en grúas torre de uso temporal, grúas torre montadas en instalaciones fijas y grúas torre de astilleros. Pero no es aplicable en motogrúas de pluma móvil, puentes grúa y torres de montaje Derrick.

La norma de referencia utilizada como base para su elaboración fue la UNE 58-110-90, aparatos de elevación – Grúas torre – Vocabulario. Aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización con fecha 25 de septiembre de 1997, declarada Norma oficial de la república el día 10 de diciembre del mismo año y reconocida por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Minvu.

En este documento encontraremos primero la terminología básica utilizada en el rubro como lo son, por ejemplo:

- **Altura bajo gancho:** altura útil, que se genera entre el nivel de apoyo de la grúa torre y el gancho.
- **Altura de autonomía:** altura máxima bajo gancho a la que una grúa torre, de los tipos rodante vía riel, simplemente apoyada o empotrada, puede trabajar libremente sin arriostamiento.)
- **Anclajes:** fijaciones de tipo solidario a la fundación, que absorben los esfuerzos generados por la grúa torre.
- **Angulación de la pluma:** características de algunas grúas torre que les permite trabajar con la pluma inclinada en un ángulo fijo preestablecido por el fabricante, sin que ello signifique impedimento para el desplazamiento del carro distribuidor.
- **Basculamiento:** acción de subir o bajar pluma entre un ángulo máximo y uno mínimo, determinados por el fabricante, con el objeto de trasladar horizontalmente la carga.
- **Calibración:** para los efectos de esta norma, es el procedimiento técnico consistente en regular y controlar, mediante un dinamómetro, los mecanismos de seguridad dentro de los límites impuestos por el fabricante.
- **Comandos:** mandos eléctricos o electrónicos que permiten enviar señales para los distintos sistemas que gobiernan los movimientos de la grúa torre.

- **Control de Mantenición:** registro periódico del estado de la estructura y los sistemas electromecánicos y mecánicos de una grúa torre.
- **Destelescopaje:** disminución de altura de una grúa torre mediante la eliminación de troncos intermedios.
- **Grúa Auxiliar:** grúa independiente que eleva y posiciona los componentes de una grúa torre durante el montaje y desmontaje.
- **Mantenición:** acciones necesarias sobre la estructura de la grúa, sus sistemas de accionamiento y sus dispositivos de seguridad, al objeto de garantizar la continuidad de operación y la seguridad de funcionamiento.
- **Telescopaje:** aumento de altura de una grúa torre, mediante la inserción de troncos intermedios.
- **Veleta, bandera:** condición de una grúa torre que permite a la pluma orientarse libremente en dirección al viento dominante.

Mientras que en su segunda parte encontraremos la clasificación de las grúas, de acuerdo con lo expuesto en este mismo documento, Capítulo I, ítem 1.2.

2.1.2. NCH 2431 Of 99 - Características y Requisitos de Seguridad

Se trata de la siguiente Norma de grúas torre publicada e implementada en nuestro país, la cual nos presenta los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir estas máquinas para evitar riesgo de daño a las personas y a la propiedad pública y privada.

Para su creación se tomó en consideración la norma francesa NF E 52-082 Grues à tour - Règles générales de sécurité. Fue aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización el día 02 de marzo de 1998, declarada Norma Chilena de la Republica el 13 de abril de 1999 y reconocida por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Minvu.

Su introducción es sumamente drástica y clara de entender, nos recalca temas que rayan en la obviedad considerando lo sensible del tema tratado, pero que no siempre se cumplen con exactitud:

"Las grúas torre son máquinas proyectadas exclusivamente para el manejo de cargas suspendidas. Su utilización descuidada puede constituir riesgo para las personas y producir destrucción del equipo u otros bienes materiales.

El montaje, operación y mantenimiento de la grúa debe efectuarse de acuerdo con las instrucciones contenidas en los manuales del fabricante, los que deben estar disponibles en idioma español y al acceso para consultas en el lugar de trabajo.

Las grúas torre deben ser puestas en servicio solo después de haberlas sometido a los controles que garanticen un funcionamiento seguro para las personas, los bienes y la propiedad”.

A pesar de esto, los accidentes con grúas torre siguen ocurriendo y se atribuyen en su gran mayoría a fallas humanas.

Durante el último tiempo hemos podido ver o enterarnos de distintos accidentes, ya sea por fotos o videos que circulan en redes sociales o porque han resultado tan graves que trascendieron a la opinión pública, como, por ejemplo, la caída de una grúa torre en la comuna de Independencia en diciembre del año 2020, la cual, por fortuna, solo finalizó con dos heridos y sin víctimas fatales.

En la actualidad existen distintos métodos para poder instalar una grúa torre. Mas allá de ver si esta irá empotrada, estacionaria o rodante, la tecnología ha permitido que los ingenieros analicen un sin número de soluciones técnicas que permitan cumplir con el objetivo del constructor, que es finalizar su obra en el menor tiempo posible y con cero accidentes. Estás van desde el montaje de grúas torre apoyadas en las azoteas de los edificios, hasta la instalación de bases especiales sobre fundaciones ya ejecutadas, mediante la inyección de anclajes químicos (o tacos químicos).

Sus bases y anclajes deben corresponder a los especificados por el fabricante, considerando que, cuando se trate de una grúa sobre chasis, en condición móvil o estática, se debe comprobar que los lastres basales cumplan con las especificaciones de fabrica:

- Su masa, forma, dimensiones y tolerancias deben ser idénticas a lo expresado por el fabricante.
- Deben tener grabado de forma legible e indeleble las especificaciones anteriormente indicadas.

Si consideramos que Chile está localizado en la zona sudoriental del cinturón de fuego del Pacífico, la zona más sísmica del mundo, no solo se debe controlar la fabricación de contrapesos y lastres, también es recomendable que estos últimos sean afianzados al chasis mediante cables acerados que impidan su desplazamiento en caso de movimientos telúricos.

Para el caso puntual de las grúas en condición rodante, se deben de revisar las vías y los mecanismos de seguridad de estas, para evitar descarrilamientos: Topes mecánicos de fin de recorrido de traslación, cajas protectoras de ruedas, niveles a lo largo de la vía bajo la tolerancia de 1:1000 (1mm cada 1 metro), entre otros.

Cuando se trata de grúas empotradas o bajo alguna condición de base especial, los dispositivos complementarios deben ser instalados de acuerdo con las indicaciones del

fabricante. Esto incluye por ejemplo pernos de anclaje o refuerzos en losas. Al mismo tiempo que deben ser validados por un profesional competente.

Otro de los puntos fuertes de esta norma se refiere a las instalaciones eléctricas efectuadas para la alimentación y funcionamiento de la Grúa Torre. Estas deben contar como mínimo con los elementos siguientes:

- **Un interruptor automático:** se trata de un disyuntor diferencial cuya función es interrumpir el flujo de la electricidad en un circuito cuando se registra una diferencia entre la corriente entrante y la saliente. Técnicamente detecta diferencias entre las magnitudes de intensidad y, en esos casos, corta el suministro eléctrico.
- **Un interruptor manual:** habla de un selector-conmutador e interruptor de control eléctrico, dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica mediante el accionamiento manual de un eje que se rota a posiciones definidas. Su función es que, en caso de una emergencia, cualquier persona pueda accionarlo para cortar la alimentación eléctrica de la máquina.

Ambos 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. Estos elementos están a cargo del profesional eléctrico de cada obra, así como también lo están todas las canalizaciones, tendido o instalaciones eléctricas y la conexión del circuito general de la tierra de servicio.

Al comienzo de una obra es sumamente difícil poder contar con empalme eléctrico, ya sea provisorio o definitivo. Es por este motivo que, en la mayoría de los casos, la obra debe contar un grupo electrógeno de características especificadas por el fabricante de la grúa torre y un tablero en su base que cuente con todas las especificaciones indicadas en el anterior apartado. Existen algunas empresas que lo ofrecen como parte de su oferta de valor, pero generalmente debe ser proporcionado por el usuario.

Si continuamos recorriendo la NCh 2431 nos encontraremos con un punto de suma importancia y que en este caso sí es de total responsabilidad del propietario del equipo, se trata de las cabinas y medios de acceso tanto para el operario como para el personal que necesite realizar trabajos de mantenimiento y reparación en la máquina.

De acuerdo con esta norma, todas las grúas torre de pluma horizontal y basculante, que sean instaladas con altura bajo gancho igual o superior a los 35 metros de altura bajo gancho, deben contar con una cabina afianzada a la estructura de la grúa y debe poder girar en conjunto con la parte aérea del equipo. Esta debe estar diseñada de manera tal que el operador pueda controlar todas las maniobras desde un único punto de trabajo y de la manera más segura y controlada posible.

Los requerimientos básicos de las cabinas para grúa torre son:

- Su altura no debe ser inferior a 1.90 metros libres, sin elementos que sobresalgan.
- Las ventanas deben ser construidas de vidrio de seguridad o algún material de equivalencia técnica para que el operador cuente con la visibilidad correcta.
- El vidrio frontal debe estar provisto de un limpiaparabrisas.
- Debe contar con una correcta ventilación de acuerdo con el reglamento vigente.
- Debe contar con calefacción.
- Se debe instalar durante cada nuevo montaje, una ficha técnica del equipo cosa que el operario conozca la tabla de cargas de su grúa torre de acuerdo con la configuración de pluma actual.

Para las grúas exentas de contar con cabina y que deben ser operadas desde la base del equipo o un lugar a convenir fuera de todo riesgo para el operador, se debe proporcionar un espacio de operación compuesto por:

- Una plataforma de trabajo de dimensiones mínimas de 1.50 x 1.50 metros;
- Una baranda de protección de 1.00 metros de altura.

Es importante prevenir en todo momento la posibilidad de accidentes, para ello las grúas torre están diseñadas con una serie de plataformas de trabajo y barandas de protección que permitan al operador y a los trabajadores desplazarse sin problemas a través de las distintas partes de la máquina.

La composición de las barandas debe ser de la siguiente manera:

- Un pasamano a 1.00 metros de altura;
- Una baranda intermedia a 0.45 metros del piso;
- Y un rodapié de 0.15 metros de altura que impida la caída de objetos u herramientas.

Los accesos a la cabina deben encontrarse despejados, las escalas deben contar con descansos como máximo cada 12 metros y a partir de los 2.00 metros de altura las escalas deben contar con respaldos que impidan la caída al vacío del personal y con una línea de vida vertical que permita enganchar el equipo de protección personal contra caídas.

El personal de montaje y mantenimiento, así como el propio operario de la grúa deben conocer los riesgos asociados al trabajo que realizan. La grúa torre cuenta con una serie de mecanismos móviles que permiten la maniobrabilidad de la máquina, pero que a su vez pueden presentar un riesgo para ellos e incluso para el usuario final. Es por este

motivo que cada componente debe estar provistos de protectores, los cuales solo podrán ser retirados ante eventuales reparaciones de los mecanismos que escudan.

Los componentes susceptibles de abrirse durante el proceso de mantenimientos (tapas, cajas, protecciones, etc.), deben contar con dispositivos que eviten una posible caída al momento de trabajar en ellas. Por su parte, los mecanismos colgantes deben estar equipados de una bandeja, una tapa u otro dispositivo equivalente, que evite la caída en caso de ruptura del soporte. El chasis del carro distribuidor debe estar diseñado de forma tal que los rodillos no puedan escaparse del riel guía, en caso de ruptura de su eje.

Lo propio ocurre con el gancho y los cables de acero de los distintos dispositivos de la grúa. El gancho requiere de una revisión constante, sobre todo el buen funcionamiento de su seguro y debe contar con las siguientes condiciones:

- Un seguro que impida el desenganche accidental de la carga;
- Tener impresa la capacidad nominal de carga, sobre relieve;
- Debe ser de pintado de color llamativo reflectante;
- No debe experimentar deformaciones.

Por su parte, los distintos cables de acero que componen la máquina deben ser proporcionados por empresas capaces de certificar y garantizar su correcto funcionamiento. Algunos de los requisitos fundamentales son:

- Los cables utilizados en la grúa torre no deben presentar empalmes o uniones de ningún tipo.
- Deben trabajar con un coeficiente mínimo de seguridad igual a 6.
- El cable de elevación adicionalmente debe ser de tipo antigiratorio.
- Deben cumplir con exactitud las especificaciones técnicas exigidas por cada fabricante, especialmente en lo relativo al paso, sentido de torsión, diámetro nominal, diámetro efectivo y máximo.

Para el caso de los tambores de enrollamiento de cables y las poleas, estos deben cumplir con características específicas para garantizar el correcto funcionamiento de los mecanismos de la grúa torre. Algunas de ellas son:

- El diámetro de los tambores debe ser igual o superior a 20 veces el diámetro nominal del cable. Esto variará dependiendo del modelo de grúa, pero siempre de acuerdo con las especificaciones de fábrica.

- El diámetro de las poleas debe ser igual o superior a 22 veces el diámetro nominal del cable.
- Los tambores y las gargantas de las poleas deben presentar superficies lisas.
- Los tambores de enrollamiento deben contar con elementos de seguridad que impidan la salida del cable en caso de un mal enrollamiento, como por ejemplo discos laterales. Estos elementos deben sobrepasar a lo menos 2 veces el diámetro del cable.

Que una grúa torre quede fuera de operación por fallas mecánicas genera un retraso importante en la obra que se ve reflejado en términos de costo y avance de esta. Pero que una de estas fallas finalice con un accidente paraliza el proyecto de inmediato mientras se lleve a cabo el sumario respectivo.

Los profesionales de obras muchas veces postergan los servicios de mantenimiento para no retrasar sus trabajos programados y no consideran que puedan existir desperfectos graves por la ausencia de revisión.

Los accidentes por deslizamiento de carga suelen ocurrir por desperfectos en los frenos de la grúa torre, ocurriendo muchas veces por deficiencias en los mantenimientos o por alteraciones de la máquina para poder omitir los limitadores de seguridad por parte de los operarios de las máquinas.

Toda grúa torre debe contar con frenos para todos sus movimientos, los cuales deben estar en correcto estado y funcionar en todo momento, sobre todo cuando el equipo se encuentra fuera de servicio o ante una eventual avería.

Las grúas deben contar con letreros informáticos de distinto tipo. Por ejemplo, deben estar provistas de un letrero ubicado en la base de máquina que contenga las características principales de la grúa torre instalada y debe ser de 1.0 (m) de ancho x 1.5 (m) de alto. También con letreros indicativos de carga máxima según el largo de la pluma. Estos deben ser de 0.30 (m) de ancho x 0.50 (m) de alto y estar ubicados por lo menos en 3 puntos distintos de la pluma para que el operador y el personal que trabaja con la grúa torre pueda saber la capacidad de esta a un determinado radio de acción.

A su vez debe existir en la cabina de la grúa una ficha técnica que contenga la información básica de la grúa torre para conocimiento del operador. Esta debe contener como mínimo el diagrama de cargas según la configuración de pluma utilizada.

La norma prohíbe expresamente instalar algún otro tipo de letrero en otro lugar que no sean los contrapesos aéreos de la grúa. La idea es que no existan elementos que opongan resistencia al viento en alguna parte de la celosía vertical u horizontal. Y también prohíbe estrictamente que se realicen modificaciones en la grúa torre:

“Esta estrictamente prohibido introducir modificaciones a una grúa torre que alteren las especificaciones y/o el diseño original de fabrica”.

2.1.3. NCH 2437 Of 99 - Grúas Torre – Condiciones de Operación

La tercera Norma Chilena de Grúas Torre, publicada en la misma fecha que la anterior, se centra en las condiciones de operación que deben existir y las medidas de seguridad que se deben adoptar durante los distintos trabajos que se realicen en la grúa, el trabajo diario, las detenciones normales y las de emergencia. Así como también hace énfasis en las competencias con las que debe contar un operario.

El propietario de la grúa torre, dentro de las muchas responsabilidades con las que cuenta, debe también entregar a la obra instrucciones escritas que describan qué hacer durante:

- La puesta en servicio.
- El trabajo diario.
- Las detenciones normales y de emergencia.

También debe entregar procedimientos de trabajo para:

- Evitar la caída de objetos.
- Conocer los pasos a seguir ante fenómenos atmosféricos adversos.
- Asegurar la protección del personal.
- Evitar riesgo por parte del señalero, durante las maniobras en el aire.

Y debe también hacer referencia a la prohibición de transportar personas con la grúa torre.

Uno de los puntos más importantes de esta norma tiene que ver las maniobras y movimientos de carga, donde se recomienda establecer prioridades de movimiento cuando se trabaja con más de una grúa en el mismo proyecto. En ocasiones ocurre que existe interferencia entre 2 o más grúas, de distinto proveedor y diferente obra. Para estos casos es recomendable realizar un procedimiento de trabajo con grúas múltiples que permita generar una buena comunicación entre ambas obras, operadores y señaleros.

Cuando la interferencia es generada por un tendido eléctrico que supone un riesgo por eventual arco eléctrico, se deben conocer los distanciamientos mínimos exigidos:

- 3.0 (m) de distancia a cables de baja tensión;
- 5.0 (m) de distancia a cables de media tensión;
- y 7.0 (m) de distancia a cables de alta tensión.

Teniendo especial consideración con los movimientos que están estrictamente prohibido en una grúa torre, como lo son levantar cargas adheridas al suelo, tratar de descargar fuera del plomo habitual o evolucionar con carga por lugares no autorizados, entre otros varios.

La distribución de las grúas torre dentro de una obra debe considerar desde un inicio todas las posibles interferencias. De ser necesario se debe realizar un levantamiento de terreno para determinar las distancias reales frente a cualquier obstáculo que impida que la grúa, cuando se encuentre fuera de servicio, permanezca en condición de veleta.

Poder contar con una operación segura depende en su gran porcentaje de la experiencia y profesionalismo del operador, pero esta norma tiene exigencias mínimas para poder otorgar la certificación de este, como lo son:

- Ser mayor de edad;
- Contar con cuarto medio;
- Contar con todos sus exámenes al día (Altura física, altura geográfica cuando se requiera, condiciones psicosomáticas, test psicotécnico, etc.

También debe tener conocimientos generales sobre el montaje, trepado, operación y seguridad. Debe tener los conocimientos necesarios para poder interpretar un cuadro de cargas, conocer con claridad la importancia de los sistemas de seguridad, entre otras cosas. Tiene la responsabilidad alta y debe chequear diariamente su propia máquina para conocer su estado estructural y electromecánico, y en caso de encontrarse con un desperfecto, debe dar aviso de inmediato a su jefatura para subsanar a la brevedad posible.

Como requisito importante de la norma es que, siempre que la grúa torre disponga de cabina, el operador debe encontrarse dentro de ella. Solo se permite la utilización de control remoto cuando las medidas de seguridad así lo estimen.

2.1.4. NCH 2438 Of 99 - Grúas Torre – Requisitos de Montaje

La última de las 3 normas que fueron publicadas el día 02 de marzo de 1998 y declaradas Normas Chilenas de la Republica el 13 de abril de 1999, entrega los requisitos mínimos que se deben cumplir para hacer el montaje de una grúa torre, la cual es aplicable para cada uno de los distintos emplazamientos que puedan existir para la misma máquina.

Primero que todo, el propietario de la grúa debe contar con el manual de montaje de la máquina en cuestión, en idioma español y al acceso del personal de montaje. Cada uno de los pasos a seguir están descritos en dicho manual y deben ser cumplidos a cabalidad para evitar posibles accidentes. Para ello el personal que realice los trabajos debe ser calificado y depender de un profesional universitario o de un técnico especializado con vasta experiencia.

Por su parte, el usuario final del equipo debe proporcionar las facilidades necesarias para que el trabajo de montaje se realice bajo las mejores condiciones de seguridad posibles.

Como se detalla en este mismo documento, capítulo I, ítem 1.5.4., antes de iniciar los trabajos de montaje debe generarse un procedimiento de trabajo y su respectiva difusión. Este documento debe contener las características específicas de la grúa torre a instalar, tales como: marca, modelo, altura de montaje, largo de pluma, disposición de los lastres, número de ramales, futuros arriostramientos, etc. Y una vez finalizado los trabajos de montaje, el profesional responsable de la máquina debe comprobar en presencia del usuario, el correcto funcionamiento de los mecanismos de seguridad.

Cuando la programación de los trabajos incluye futuros arriostramiento y telescopajes, esta norma indica que los arriostramientos o fijaciones pueden ser:

- Horizontales mediante riostras.
- Basales mediante contravientos.

Esta última alternativa se encuentra casi obsoleta en la actualidad, siendo las fijaciones horizontales las que brindan mayor seguridad.

La transmisión de las solicitudes de la grúa torre una vez sobrepasada su altura de autonomía, deben ser realizadas a través de marcos calculados y fabricados de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Siendo responsabilidad del usuario el cálculo de los arriostramientos de acuerdo con los esfuerzos que genere la máquina.

Toda esta información debe ser proporcionada por el propietario de la máquina, quien también debe velar por el fiel cumplimiento de la normativa vigente y proyectar la ubicación de la o las grúas torre, de tal forma que sean de fácil acceso para montaje y desmontaje, y cumplan con los distanciamientos mínimos de seguridad:

- Deben existir 2.0 (m) de distancia como mínimo, entre la punta de la pluma y cualquier estructura existente, en el plano horizontal.
- La distancia en vertical, considerada desde el bajo gancho de la grúa y hacia cualquier estructura, debe ser mínimo 3.0 (m).
- En caso de tratarse de grúas de tipo rodante, deben contar con topes de fin de recorrido ubicados de tal forma que, al momento de aproximarse a otra grúa o estructura, siempre cumpla con los distanciamientos descritos anteriormente.
- Cuando se trabaje con 2 o más grúas en el mismo proyecto y una de ellas pase bajo la otra, se debe generar un procedimiento de trabajo seguro que impida que el cable de elevación colisione con la pluma de la otra. Esto se denomina “barrido de carga”.

Esta norma también entrega las instrucciones necesarias para la construcción y nivelación de bases y fundaciones, tal cual se detalla en este mismo documento, capítulo I, ítem 1.5.2; así como los requisitos básicos de inspección, mantenimiento y control siendo los siguientes los más relevantes:

- La grúa torre debe ser inspeccionada después de cada montaje, previo a la puesta en servicio cuando exista una detención importante y cuando exista un cambio de configuración.
- Se debe verificar en presencia del usuario, el correcto funcionamiento de sus limitadores de seguridad.
- Debe ser sometida a un mantenimiento periódico para evitar el deterioro de los distintos componentes de la grúa torre.
- Los trabajos realizados en los mecanismos móviles tales como engrase o limpieza, deben ejecutarse con la grúa fuera de servicio. El responsable de estos trabajos es el propietario de la máquina.

Además de todo lo anteriormente nombrado, existe un punto fundamental en esta norma que obliga al propietario de la grúa torre a certificar mediante un organismo competente, o en su defecto al representante de la marca en el país, que la grúa:

- Mantiene las condiciones de seguridad en el funcionamiento, con una frecuencia no superior a 6 meses.
- Mantiene las condiciones estructurales apropiadas y se ajustan a las especificaciones del fabricante. Esto con una frecuencia no superior a 2 años.

Cada una de estas normas entregan las condiciones mínimas con las que se debiese trabajar al contar con una grúa torre, para garantizar un correcto funcionamiento y sobre todo entregar seguridad a las personas que las utilizan.

2.2. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO, MINVU

Dentro de las diferentes partidas, maquinaria y materiales necesarios para la ejecución de una construcción, la grúa torre no representa más de un 2% del presupuesto destinado al proyecto. De la misma forma, pasa a ser solo un elemento más que forma parte del óptimo desarrollo de la obra y es visto de la misma manera por los organismos reguladores.

La grúa torre, por tratarse de una máquina sumamente invasiva en términos visuales y con un alto riesgo de desplome en caso de ejecutar de forma errónea alguno de sus trabajos, consiguió que el ministerio de vivienda y urbanismo, a través de la Ordenanza

General de Urbanismo y Construcción, crease un permiso de instalación de grúa torre y se incluyese como parte de las obras preliminares.

Las obras preliminares son el conjunto de todos aquellos trabajos que deben realizarse de forma previa al inicio de una construcción, tales como demolición, excavación, desratización, instalación de faenas, trazado, replanteo, agotamiento de napas, sistemas de drenaje e instalación de grúa torre. Por lo tanto, la instalación esta última debe pasar previamente por la revisión de la Dirección de Obras Municipales según lo dispuesto por el Minvu en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, Artículo 5.1.3., el cual indica que las obras preliminares podrán ejecutarse, inclusive de forma previa a la obtención del permiso de edificación correspondiente.

Para tal efecto, el propietario o representante legal de la constructora deberá solicitar a la Dirección de Obras Municipales un permiso específico en el cual se deben indicar los distintos trabajos que se realizarán. Para este trámite, se deberá contar con una declaración de dominio del inmueble, fotocopia de la solicitud de permiso de edificación previamente ingresada y los antecedentes que en cada caso se señalan:

- El número uno corresponde a las instalaciones de faena, conexiones provisorias. Bodegas y oficinas entre otras. El cual debe ser presentado junto con un plano de planta que muestre la disposición de las construcciones provisorias y sus accesos, así como área de carga y descarga de materiales.
- La instalación de grúa torre corresponde al número dos, el cual indica que para su solicitud se debe adjuntar un plano de emplazamiento con la ubicación que tendrá la máquina y su radio de acción y operación, adjuntar de igual manera una carta de responsabilidad del profesional o empresa propietaria de la grúa a montar, señalando las Normas Técnicas que regulan esta actividad.
- Quedando el punto tres como el trámite necesario para la ejecución de excavaciones, entibaciones y socializados. Para su solicitud también se debe adjuntar un plano de las excavaciones a realizarse. Solo para entibaciones y socializados requieren ser firmados por un arquitecto o ingeniero.

Si nos quedamos con el punto dos y revisamos específicamente la última parte de la Ordenanza que nos señala que: el plano presentado debe señalar las Normas Técnicas que regulan esta actividad. Notaremos que esto queda completamente a interpretación de cada municipio, siendo de esta misma forma como se ejecuta en la actualidad.

El documento que debe ser presentado en cada municipio es estándar y se consigue a través del Minvu, vía online.

2.2.1. Dirección de Obras Municipales, DOM

La Dirección de Obras Municipales, que tiene como objetivo procurar el desarrollo urbano de la comuna que representa velando por el cumplimiento de las disposiciones legales que regulan su territorio comunal, depende directamente del alcalde de la comuna en la que se encuentre, pero técnicamente y en lo referente a la Ley General de Urbanismo y Construcción y de la Ordenanza General, depende del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Al no existir un mayor detalle de los requisitos para poder instalar una grúa torre por parte de estos organismos técnicos, cada municipio se encuentra en condiciones de solicitar, adicional a lo ya definido, cualquier documentación y/o respaldo normativo que estimen conveniente.

En la actualidad existen distintos documentos solicitados por cada municipio, cada uno haciendo referencia a la Norma Chilena de Grúas Torre, pero con variaciones significativas.

La carta de responsabilidad de la grúa torre es uno de los documentos indispensables que siempre debe estar. Se trata de un compromiso en el cual el propietario se responsabiliza del buen funcionamiento de su máquina, asumiendo responsabilidades y contrayendo obligaciones durante la duración del contrato.

Pero cuando se trata del plano de emplazamiento, existen diferentes métodos para interpretar lo que requiere el municipio. Algunas de ellas solicitan que se demarque la zona de trabajo y se separe de la zona donde la grúa pasará sin carga, como la DOM de Estación Central; así como otras Direcciones como la de Las Condes, solicitan que en el plano se indique solamente el sector de trabajo permitido para la máquina.

Hay un documento sumamente importante y en el que coinciden distintas Direcciones de Obra: Procedimiento de montaje. El problema es que todo se queda en documento y posteriormente no existe un control que determine si se cumple efectivamente con la ubicación de la grúa ingresada en el plano, o bien si el montaje se realizó de acuerdo con lo declarado. Esto último extrañamente se cumple debido a que los procedimientos de trabajo que utilizan las empresas proveedoras de este servicio suelen ser “tipo” y no entregan las maniobras específicas que realmente se realizarán.

Cabe destacar cada montaje es distinto al anterior, más allá de que se utilice el mismo equipo y la misma configuración.

El ejemplo más claro de la diferencia de solicitudes para conseguir el permiso de instalación de grúa torre, entre una comuna y otra, es la DOM de La Florida, la cual, dentro de las Notas y particularidades del otorgamiento del permiso de instalación de grúa, específicamente en el punto 7, cita textual:

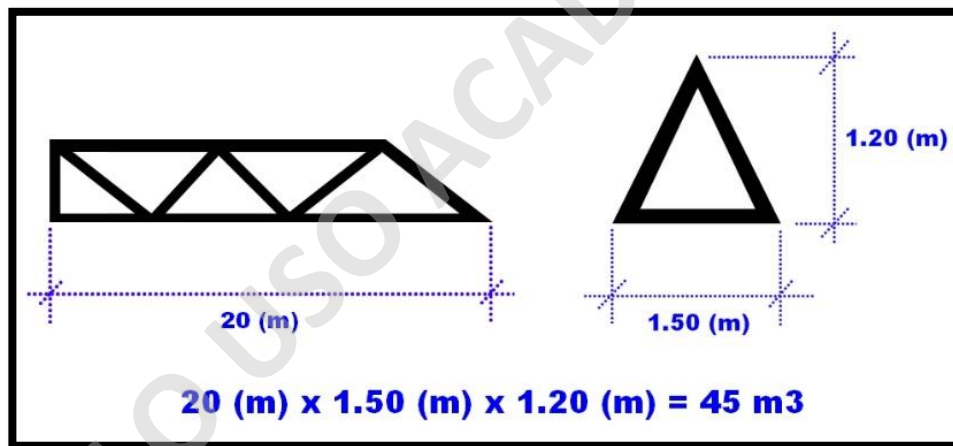
“La presente solicitud de autorización de obras preliminares - Instalación de Grúas - no contará con autorización de ocupación de espacio aéreo público y privado adyacente al informado. Respecto a lo anterior, deberá tramitar en Departamento de Infraestructura de la Dirección de Obras Municipales, la autorización de ocupación de espacio aéreo público”

Hoy en día es el único municipio que, adicional al permiso de instalación de grúa torre, también solicita un permiso para la utilización del espacio aéreo público, el cual debe ser tramitado en el departamento de infraestructura, ubicado dentro del municipio.

Dicho permiso es más bien como un “arriendo del espacio aéreo”, ya que el cobro de este se realiza de forma mensual y tiene estricta relación con el volumen de la pluma que sobresaldrá del predio hacia el espacio público.

Por ejemplo, si se instala una grúa torre con una pluma de 50 (m) de radio, de los cuales 20 (m) constantemente pasaran por espacio público, se debe determinar el volumen de esta pluma para saber el cobro que se efectuará.

Imagen N°28: Cálculo volumen de Pluma – Municipalidad de La Florida.



Fuente: Elaboración propia.

Este es una de las razones por las cuales las empresas de maquinaria comenzaron a hacerse de grúas de pluma abatible, que consideran un costo de arriendo más elevado, pero que se compensa con el arriendo del espacio aéreo debido a que, este tipo de grúa siempre se mantiene en el interior de la obra.

Las empresas más experimentadas del rubro cuentan con un listado genérico de documentos que son entregados a la obra para que ellos dispongan de los necesarios.

Particularmente la empresa Heavy Duty, representantes de la marca Jaso en Chile, denominan a este listado de documentos: Carpeta de arranque.

La carpeta de arranque incluye la documentación siguiente:

- Documentación del Operador.
- Certificado de Afiliación.
- Certificado de Tasas.
- Instructivo de Emergencia Grúa Torre.
- Instructivo Condiciones Climáticas Adversas.
- Instructivo de Eslingas y Estrobos.
- Manual Señalero.
- Carta de Pólizas.
- Carta de Responsabilidad.
- Carta de Responsabilidad de Mantenimiento.
- Certificados de Seguridad y Estructura.
- Certificado de Competencia de Operador de GT.
- Procedimiento de Operación de Grúa Torre.
- Procedimiento de Montaje y Desmontaje con dibujo de Configuración.
- Póliza de Accidentes personales.
- Póliza de Responsabilidad Civil.
- Programa SST.
- Configuración de Grúa Torre.
- Plano Municipal.

Esto asegura una reducción en los tiempos de tramitación del permiso y un menor número de observaciones a levantar para conseguir su otorgamiento.

2.3. SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL DE SALUD, SEREMI

La seremi de salud es una autoridad sanitaria, a quien le corresponde realizar las fiscalizaciones de las disposiciones contenidas en el código sanitario tanto de higiene y seguridad del ambiente, como de prevención de riesgos y salud laboral, punto en el que precisamente entra el campo de las grúas torre por tratarse de una herramienta de

construcción y también de un elemento que representa un riesgo elevado tanto en su montaje como operación.

Cuando ocurre un accidente dentro de una obra en el que se encuentra involucrada una grúa torre, el ente fiscalizador, junto con la DOM del municipio, es La Seremi de Salud, quien por lo general suele contar con el apoyo un perito forense especializado en grúas torre y de comprobada capacidad.

Dentro de las disposiciones de La Seremi se encuentra un Protocolo de seguridad en el montaje, operación y mantenimiento de grúas torres (distribuidoras), el cual busca establecer conceptos mínimos que deben acreditarse por las empresas proveedoras para determinar las medidas de seguridad en la operación y control en su instalación, montaje, mantenimiento y operación.

La idea de este documento es unificar criterios para todas las empresas que prestan este servicio y también para las empresas de construcción por su rol de mandante, y según la Ley de Subcontratación (Ley 20123).

El alcance de este protocolo tiene cabida para todos los equipos descritos y definidos por la Norma Chilena oficializada por el INN. Grúas desmontables de uso temporal y grúas torre distribuidoras.

- Grúas torre rodantes o de traslación.
- Grúas torre simplemente apoyadas.
- Grúas torre empotradas.
- Grúas torre trepadoras.
- Grúa torre automontante.

Dentro de este protocolo también se establece la obligatoriedad de contar con un Informe Técnico Específico para Torres Grúa (ITET), el cual contara con información específica acerca del montaje, el equipo, operadores, mantenimiento y operación. Pero indicando que, sin perjuicio de este protocolo, el propietario debe dar cumplimiento a lo establecido por el manual del fabricante.

La ITET es una herramienta de suma importancia, la cual debe ser generada durante cada nuevo montaje de grúa torre. Inicia con los datos de las empresas involucradas y la responsabilidad de generarlo recae en el profesional de prevención de riesgos asociado al propietario del equipo, quien pasa a ser un fiscalizador Seremi, como detalla la imagen a continuación.

Imagen N°29: Formato de ITET – Datos del Proveedor de Grúa Torre.

REVISADO POR PROFESIONAL EMPRESA: (PROVEEDORA)	REVISADO: EXPERTO EMPRESA (USUARIA)	CHEQUEO EN TERRENO FISCALIZADOR SEREMI DE SALUD:
FECHA :14-03-20	FECHA:	FECHA:
RESULTADO: operativo	RESULTADO:	RESULTADO:
1.- Cumple	2.- Exigencias	3.- Sumario
4.- Prohibición de funcionamiento		

FORMATO DE ITET
MODIFICADO Y CONSENSUADO

Fuente: SCRIBD. Grúa #309 ITET, recuperado de <https://bit.ly/37HZS1z>.

Paso siguiente, se deben completar los antecedentes generales correspondientes a la empresa constructora que solicita el servicio.

Imagen N°30: Formato de ITET – Antecedentes Generales.

1.- ANTECEDENTES GENERALES			
	Empresa Usuariá del Equipo	Empresa arriendo de maquinaria (si corresponde)	FISCALIZADOR (Llenar :√ o X)
Ubicación de la Obra	Constructora Inarco S.A Avenida Américo Vespucio 1501 Cerrillos		
Razón social	Inarco S.A.	SERVICIOS PINGON CHILE LIMITADA	
Rut	96.513.310-0	77.953.640-8	
Dirección comercial	Av. Condor 600	SANTA ADELA 0710, RECOLETA	
Afiliación	_ACHS _IST _X MUTUAL _INP S/A	_ACHS _IST _X MUTUAL _INP S/A	
N°v trabajadores	134	4	
Comité paritario	_X Si _No _N/C	_X Si _No _N/C	
Depto. Prev. De riesgos	_X Si _No _N/C	_X Si _No _N/C	
Responsable de supervisión del montaje (Cargo/Nombre/RUT)	Jefe Obra: Robinson Himilqueo RUT: 13.082.660-0 Experto: Solange Yetzen Rut; 16.190.010-9	Jefe Operación: Felipe Dominguez Supervisor: Fabián Mellado	
Responsable supervisión/entrega de Elementos de protección personal (Cargo/Nombre/RUT)	Registro en obra: _X Si _No	Registro en obra: _Sí _No	

Fuente: SCRIBD. Grúa #309 ITET, recuperado de <https://bit.ly/37HZS1z>

Todo esto para llegar al punto más importante: condiciones de Montaje/Desmontaje.

Imagen N°31: Formato de ITET – Condiciones del Montaje/Desmontaje.

3.-CONDICIONES DEL MONTAJE/DESMONTAJE			
	MONTAJE	DESMONTAJE	FISCALIZADOR
Informe previo	☐ Si ☒ No	☐ Si ☐ No	
Informe técnico	☒ Si ☐ No	☐ Si ☐ No	
Nombre de Empresa que lo realiza	Servicios Pingon Chile Ltda.		
Nombre de responsable empresa proveedora en terreno y cargo	Felipe Dominguez Supervisor de Montaje Fabian Mellado RUT: 14.334.039-2		
Nombre de responsable empresa Usaria en terreno y cargo	Robinson Himilqueo RUT: 13.082.660-1		
Fecha de realización			
Cierre de contrato u Orden de compra	☒ Si ☐ No	☐ Si ☐ No	
Quien recibe la Orden Nombre de los operarios que realizan actividad	Mandante/Usaria: Propietario del Equipo: _3 _x_ 5 _6		
Indique número de ramales de cable de elevación	Calibración 1 1300 Kg. Calibración 2 3000 Kg.		
Grúa en autonomía Acorde a catalogo de fabricante	☒ Si ☐ No	☐ Si ☐ No	
Grúa arriostrada	☐ Si ☒ No	☐ Si ☐ No	
Distancia entre arriostramientos Número de arriostramientos	Pisos Ubicación:		
Cuenta con estudio de calculo: _Mecánica de suelo _ Planos de empotramiento	☐ Si ☐ No ☐ NC Ing. Calculista:..... (Colegiado)	☐ Si ☐ No ☐ NC Ing. Calculista:.....	
Características de los lastres aéreos y basales (indique)	Estado externo ☒ Bueno ☐ Regular ☐ Deficiente ☐ Si ☐ No		
Instalación Eléctrica Normalizada o certificada (SEC o eléctrico competente)	Existe grupo generador? ☒ Si ☐ No Capacidad ____ Hay automático independiente para la grúa ☒ Si ☐ No Existe interruptor manual ☐ Si ☐ No Existe disyuntor ☐ Si ☐ No Existe conexión a tierra ☒ Si ☐ No		
Revisión de limitadores de recorrido(de giro, vertical y traslación)	☒ Si ☐ No	☐ Si ☐ No	
Chequeo sistema de frenos (giro, carro y elevación)	☒ Si ☐ No	☐ Si ☐ No	

Fuente: SCRIBD. Grúa #309 ITET, recuperado de <https://bit.ly/37HZS1z>

Adicional a las solicitudes de la NCh, la ITET es hasta la fecha el único documento legal que se presenta obligatoriamente antes de cada nuevo montaje y que respalda al propietario de la máquina de que se tomaron todas las medidas de seguridad requeridas según la importancia del trabajo a realizar.

Si tomamos en cuenta que la principal característica en el mundo de la construcción es su elevada tasa de accidentes con sus correspondientes costos sociales y económicos, es importante que como constructores nos preocupemos tanto de la seguridad como del construir propiamente tal. Muchos trabajadores sufren de incapacidades permanentes y otros mueren a causa de los riesgos existentes en las obras en construcción. La formación surge como una alternativa válida y una herramienta fundamental de adquisición de conocimientos y nuevas actitudes, tendientes a evitar los riesgos existentes en las obras en construcción.

La situación actual de la industria amerita que se encaminen todos los esfuerzos en acciones concretas tendientes a mejorar las condiciones de trabajo y medio ambiente, cosa de así conseguir elevar la calidad de vida de los trabajadores. Es por este motivo que el presente estudio tiene como objeto brindar a los profesionales de la construcción los conocimientos y herramientas necesarias en el mundo de las grúas torre, para posibilitar la detección de condiciones y/o procesos de trabajo inseguros, de manera que estén capacitados para proponer medidas preventivas y correctivas a fin de evitar los riesgos generados en la operación de trabajo y orientar a sus equipos de trabajo en materia de prevención.

El mundo de las grúas torre es desconocido para la mayoría, se trata de un conocimiento adquirido por experiencia, la mayor parte de las personas que trabajan en el rubro se hicieron gracias al oficio que este representa. Por lo tanto, al no existir una regulación macro por parte de los organismos públicos responsables del bienestar de los trabajadores de la construcción, es importante tomar conciencia, ser autodidactas y prever cualquier situación de riesgo para impedir el riesgo de caída de altura, de aplastamiento por derrumbe, de electrocución, y los generados por la utilización de la maquinaria, tomando especial relevancia a la hora de organizar las primeras acciones de formación dirigidas a trabajadores, empresarios, supervisores, técnicos y profesionales del sector.

CAPÍTULO III NORMATIVA INTERNACIONAL ASME B30.3

La norma ASME, acrónimo de American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos) se trata de la Norma Nacional Estadounidense direccionada al dimensionamiento y tolerancia, la cual tuvo su inicio en la década de 1950. Siendo hoy de aceptación mundial.

La norma B30.3, está destinada a ser aplicada a grúas torre para construcción y grúas torre montadas permanentemente y que funcionan con motor eléctrico o de combustión interna, esto según la Sección 3-0.1: Ámbito de Aplicación de B30.3.

Nace en 1990 a partir de la división de la ASME B30 en distintos volúmenes y contiene las disposiciones que se aplican a la construcción, instalación, operación, inspección, prueba, mantenimiento y uso de grúas y otros equipos relacionados con elevación y movimiento de materiales, de acuerdo con la Sección 3-0.2: Definiciones, Ítem 3-0.2.1 Tipos de grúas.

Sus revisiones posteriores fueron generadas en los años 2014 y 2016 prácticamente, lo que nos muestra que internacionalmente existe una preocupación constante por salvaguardar la integridad de las personas y ofrecer herramientas de mejora que nos lleven a conseguir ejecutar nuestros trabajos de la forma más segura posible.

La primera gran diferencia existente entre esta norma internacional y la nuestra es el vocabulario empleado, para conocimiento del usuario, el cual resulta sumamente extenso en la ASME B30.3, 3-0.2.2: Generales.

Pero si obviamos este primer punto nos iremos a uno de sus principales capítulos, específicamente el 3-1: Montaje y Desmontaje, Características y Construcción, donde destacan distintos apartados que se analizarán y compararán a continuación:

3.1. MONTAJE Y DESMONTAJE, CARACTERÍSTICAS Y CONSTRUCCIÓN

Este apartado está direccionado a los propietarios de grúas torre y sus equipos de trabajo, especifica la forma en la que deben de realizarse las actividades que resultan más críticas en términos de seguridad y como impedir accidentes durante cada uno de los procesos y posterior a ellos.

3.1.1. Preparación del Sitio y Montaje

Al igual que en la NCH, el punto de partida para cualquier instalación de grúa torre tiene que ver con la planificación de los trabajos de montaje. Dentro de los principales puntos que aborda este ítem se encuentran los siguientes:

- **Soportes de grúa:** se refiere a los cimientos que se deben generar para poder transmitir los esfuerzos generados por la grúa, hacia la tierra.

Se nos indica que estos soportes, a excepción de los rieles, deben estar diseñados para proporcionar un momento de resistencia al vuelco equivalente a una mínima de 150% del momento máximo de vuelco de la grúa, lo cual se puede cumplir por medio de lastres o anclajes.

Este tipo de exigencias no son consideradas por nuestra Normativa Nacional.

El cálculo y/o validación de la fundación requerida para soportar los esfuerzos de la grúa torre debe ser generado por un profesional competente, el cual, generalmente, suele ser el ingeniero calculista responsable de la obra.

Al no existir una exigencia normativa que haga referencia a este último, aún existe un alto número de empresas constructoras que solo toman en consideración los detalles estándar que entregan las empresas del rubro, basados en las indicaciones contenidas en el manual del fabricante, lo cual es un error que puede ocasionar consecuencias graves debido al alto riesgo que supone el colapso de una grúa por un error en el cálculo o instalación de su base.

Debido a que es la DOM de cada comuna quien está a cargo de regular la instalación de toda nueva grúa torre, debiesen ser quienes concentren sus esfuerzos en ampliar el conocimiento del personal encargado de este tipo de temas o bien, se asesoren por expertos en el campo, para así poder integrar a su listado de solicitudes una ficha técnica, firmada y validada por el ingeniero responsable de los cálculos de la fundación, para revisión y aprobación previa. De esta forma se disminuiría la exposición a posibles accidentes.

- **Montaje y Desmontaje:** este punto en particular nos habla acerca de los trabajos de montaje y desmontaje, indicando que estos deben ser realizados siempre de acuerdo con las indicaciones contenidas en el manual del fabricante, que debe existir una lista de pesos de cada sub-montaje y que deben ser realizados bajo la supervisión de una persona calificada.

Por su parte, la normativa chilena de grúas torre no considera el contar con un supervisor durante los montajes, en el general de las ocasiones el experto resulta ser el jefe del equipo de montaje.

Tan solo algunas empresas proporcionan un procedimiento de montaje específico o un plano de montaje que indica la configuración de la grúa torre que será montada, los pesos de cada uno de los componentes y los puntos correctos para realizar las tomas, pero en general las empresas del rubro solo consideran procedimientos estándar. Aún se carece de rigurosidad en este ámbito y en muchas ocasiones se generan incidentes o retrasos por la falta de programación y ausencia de supervisión.

- **Montaje de mástiles:** para el caso de la instalación de los mástiles, la norma en cuestión indica que, durante el montaje de los tramos de una grúa torre cuya unión se realiza por intermedio de pernos de alta resistencia, estos no deberán ser tensados en su totalidad hasta finalizado el montaje.

Una vez finalizado el montaje, se debe girar la grúa torre de manera tal que los contrapesos aéreos se encuentren sobre el punto en el cual se realizará el apriete, asegurando así el funcionamiento correcto de estos elementos bajo la condición más desfavorable de volcamiento, que es cuando se encuentra fuera de servicio.

El personal que realice el montaje debe encontrarse instruido sobre las medidas para identificar e instalar dispositivos especiales o personas de alta resistencia.

Nuestra normativa vigente no considera este punto, por lo que no es usual exigir un certificado que acredite las competencias del personal que realiza los trabajos. Para ingresar a una nueva obra es necesario presentar los exámenes pre-ocupacionales del trabajador para comprobar que la persona es apta para la labor que realiza, pero no se comprueba la experiencia de estas frente al trabajo específico.

Por lo tanto, es de suma importancia incorporar dentro de los procesos de control documental la comprobación de las cualificaciones del personal de montaje y su inducción específica en la marca, modelo y configuración de grúa que instalarán.

También debiese existir una orientación previa que dé a conocer las condiciones de trabajo, los tiempos de inicio y termino, las zonas de carga y descarga, sectores de pre armado de componentes y todo aquello que esté relacionado con el terreno donde se eruirá la máquina.

Existe también una serie de solicitudes por parte de la norma internacional que nos son consideradas por la nuestra, como, por ejemplo:

La norma en cuestión obliga a revisar visualmente cada uno de los componentes de la grúa antes de ser montados, esto debido a posibles daños causados durante el transporte, no permitiendo el montaje de piezas abolladas o rotas. Esto también incluye eslingas y cadenas que serán utilizadas durante los trabajos de montaje.

Considera también el factor “viento” como un posible impedimento durante el montaje o desmontaje. Indica que, de existir las condiciones para realizarse, cada uno de los mástiles deben ser erigidos a plomada con una tolerancia de 1:500, aproximadamente 1 pulgada en 40 pies.

Y también indica que los letreros publicitarios no deben ser instalados por ningún motivo en la pluma, si bien esta es una recomendación que vimos en el capítulo anterior, no está expresamente indicado en la NCH sino más bien en el manual de cada fabricante.

Pero concuerda en un punto de mucha importancia, que es la postura en veleta cuando la grúa torre se encuentra fuera de servicio, con la posibilidad de un giro en 360° de arco, sin golpear ningún objeto fijo y tampoco otras grúas en condición de veleta.

3.1.2. Grúas Autoestables

La auto estabilidad, denominada también altura de autonomía, se trata de la altura máxima a la cual se puede instalar una grúa torre sin necesidad de arriostramiento o anclajes. Dicha autonomía es determinada por el fabricante de cada máquina en base al modelo de grúa, al tipo de mástil que será utilizado y a la base en la que se monte.

Para dar cumplimiento a lo anteriormente descrito, la ASME B30.3 entrega las siguientes instrucciones:

- **Indicaciones del Fabricante:** la norma nos indica que las grúas deben ser montadas siempre cumpliendo con las instrucciones descritas en el manual de montaje.

Las bases deben ser niveladas bajo una tolerancia de 1:500 o mejor y, para el caso de grúas en condición empotrada, se debe verificar que el anclaje se encuentre correctamente fijado en su lugar antes de verter el hormigón en la fundación.

- **Montaje:** respecto al montaje señala que, se debe siempre respetar la altura de autonomía impuesta por el fabricante, considerando la zona geográfica y comprobando que la grúa está diseñada para resistir las solicitaciones de viento u otros factores climáticos adversos.

En el caso de las grúas móviles, estas deben ser lastreadas de forma previa a la instalación de la sección aérea que irá encima de la torre y se deben tomar las precauciones necesarias para evitar que esta pueda desplazarse por efecto de una tempestad.

También recomienda una serie de pasos que se deben llevar a cabo durante el proceso de trepado, entendiéndose que en muchas oportunidades se busca montar la grúa lo más bajo posible para reducir el impacto económico del montaje, y luego se considera telescopar la grúa por medios propios hasta alcanzar la autonomía deseada.

Si bien este tipo de indicaciones no son contempladas en la norma chilena de grúas torre, forman parte de las indicaciones del fabricante, por ende, son de conocimiento de todo profesional apegado a este rubro.

Lo importante es generar constantemente capacitaciones al personal que realiza estas labores y que puedan contar con las herramientas adecuadas para enfrentarse a distintas problemáticas y dificultades que puedan ocurrir en el transcurso de su trabajo.

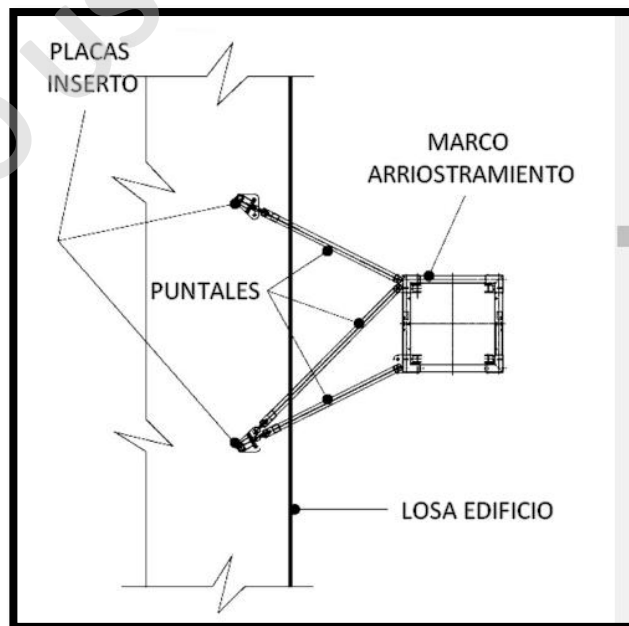
Pero para hacer esto posible también es necesario el compromiso y profesionalismo del propietario de las máquinas, deben siempre querer mejorar y jamás poner en riesgo a su personal solicitando la realización de trabajos riesgosos que no estén validados por el fabricante de la máquina o que sean desconocidos para los propios trabajadores.

- **Grúas Arriostradas o Tensadas:** cuando la norma nos habla acerca de los anclajes que se generan en la grúa torre para permitir su aumento de altura, nos señala que se debe preparar un programa de refuerzos de forma previa a la instalación, en el cual se indiquen: la losa de anclaje, la posición de los insertos, el número de tramos a instalar y el esfuerzo que estos suponen. Debe ser de conocimiento de la obra el avance que logran conseguir antes de requerir un nuevo arriostramiento y telescopaje, siempre respetando los distanciamientos mínimos y máximos indicados por el fabricante.

Se deben colocar banderolas o marcadores de color visible que le permitan al operador ver en todo momento la ubicación de las riostras, las cuales no deben generar cargas excéntricas ni distorsionar la sección transversal de la torre. En caso de utilizar reforzamientos transversales deberán unirse de modo que no se desprendan debido a los movimientos elásticos de la torre.

Las operaciones de telescopaje tienen que llevarse a cabo bajo la supervisión de un profesional competente y en conformidad con las instrucciones del fabricante, las cuales deben encontrarse en el sitio disponibles para consultas.

Imagen N°32: Detalle de Arriostramiento Horizontal – Grúa Torre



Fuente: Elaboración propia

Si comparamos estas instrucciones con las contenidas en la NCh de grúas torre, nos daremos cuenta de que la nuestra carece de profundidad en los distintos temas relevantes. Por ejemplo, el hecho de que debe existir siempre un manual de instrucciones al que consultar en caso de dudas durante el proceso de montaje y, adicionalmente, un plano que muestre los detalles específicos de dimensión y peso de cada elemento, pero esto es algo que en realidad no ocurre y no existe un ente fiscalizador que obligue a cumplir con las condiciones mínimas de seguridad.

3.1.3. Grúas Trepadoras

De forma previa al trepado de una grúa torre se debe contar con un programa de escalada y un detalle específico que indique cada nivel en el que los marcos de trepado serán montados. Para tal efecto, la norma ASME nos proporciona las siguientes instrucciones:

- Debe existir una persona calificada que sea capaz de revisar los medios de transferencia de las reacciones horizontales y verticales de la grúa, así como los efectos del viento.
- Se debe respetar el tiempo de secado del hormigón utilizado en las losas de anclaje, no se debe iniciar con los trabajos hasta después de alcanzada la resistencia necesaria a la tracción y la compresión para evitar que los anclajes se desgarren.
- De forma inicial y también posterior a cada trepado, se debe aplomar la grúa mientras se equilibra, bajo una tolerancia de 1:500.
- Las instrucciones de trabajo deben encontrarse en el sitio del montaje para poder ser consultadas en todo momento por el personal.
- Antes de iniciar los trabajos de trepado se debe comprobar el correcto estado de todos los componentes a utilizar durante los trabajos (sistema hidráulico, tramos, anclajes, etc.).
- Antes de la escalada se deben inspeccionar los espacios de trabajo para determinar si existen obstrucciones para la libre circulación y, de existir, deben ser eliminados antes de comenzar la operación de trepado.
- La grúa deberá encontrarse perfectamente equilibrada y las condiciones climáticas deberán ser las adecuadas.

Está en manos del profesional competente designado por la empresa de maquinaria, la revisión de los insertos instalados en la losa (forma y ubicación), el cálculo de los nuevos esfuerzos que generará la grúa, fabricación de puntales e instalación en el marco de arriostramiento, soldadura realizada a la unión puntal-inserto, número de tramos programados a subir, distanciamiento entre riostras, entre muchos otros factores que resultan riesgosos al momento de telescopar.

En cambio, nuestra norma solo nos habla de que, el personal que realice los trabajos debe estar a cargo de un profesional universitario o un experto en el campo de las grúas torre, pero no nos obliga a contar con un supervisor durante el desarrollo de la faena que pueda tomar decisiones en momentos complejos y cuente con la potestad de detener un movimiento si lo considera riesgoso.

La ausencia de supervisión de los trabajos suele ser un problema recurrente que ocasiona, en el mejor de los casos, retrasos en las faenas y pérdida de recursos.

3.1.4. Pruebas Preoperacionales y Ensayos Post Trepado

Es importante considerar que, posterior al trepado de una grúa torre y antes de su puesta en servicio, se debe comprobar el correcto funcionamiento de todos sus limitadores, de sus movimientos funcionales y de sus frenos.

Las pruebas deben incluir como mínimo : subir y bajar cargas; subir y bajar la pluma; movimiento oscilante; frenos y embragues; dispositivos limitadores, de bloqueo y de seguridad. Esto debe continuar hasta comprobar que todos los controles, mecanismos y medios de frenado hayan actuado y funcionado correctamente.

El orden en el que se deben realizar las pruebas de una grúa recientemente instalada es la siguiente:

1. Prueba de movimiento funcional, sin carga;
2. Pruebas de movimiento funcional, con carga calculada;
3. Pruebas de los soportes.

En las pruebas de movimiento funcional se comprobarán los soportes de la grúa torre, si observa cualquier tipo de desplazamiento, se deberán interrumpir las pruebas hasta ser revisado por un profesional calificado.

3.1.5. Capacidades de Carga

Esta sección de la norma ASME B30.3 resulta sumamente importante a la hora de realizar los cálculos para la generación de fundaciones, superficies o estructuras de apoyo para una grúa torre. Pero también profundiza en temas que son requisitos indispensables para los fabricantes de este tipo de maquinaria, por lo tanto, solo nos referiremos a las particularidades que deben ser consideradas por los arrendadores y/o usuarios.

Por ejemplo, nos indica las solicitaciones máximas a las que puede ser expuesta una grúa torre cuando convergen los efectos combinados de la electricidad estática, inercia y las y las cargas de viento, las cuales no pueden sobrepasar en ningún momento el 77% de la carga de vuelco.

Las fuerzas del viento deben ser determinadas utilizando la máxima velocidad de este cuando la grúa torre se encuentre en servicio, y aplicada en la dirección menos favorable a la estabilidad. Por lo tanto, entrega las siguientes estipulaciones:

- 1. Existe una posibilidad incipiente de vuelco cuando la suma algebraica de los momentos de vuelco es igual a la suma de los momentos de estabilización;*
- 2. la grúa está montada a nivel, pero en las grúas que presentan importantes deformaciones elásticas debido a las cargas fijas, vivas, del viento, o dinámicas, el efecto de tales deformaciones en la estabilidad se tendrá en cuenta;*
- 3. Los accesorios de elevación que son parte permanente de la grúa al trabajar se consideran parte de la carga para los cálculos de estabilidad sean o no estos accesorios parte de las capacidades de carga publicadas;*
- 4. el fabricante o una persona calificada podrá especificar el uso de estabilizadores o balasto para lograr la estabilidad.*

3.1.6. Tabla de capacidad de carga

Por otra parte, y coincidente con nuestra normativa local, señala que en toda grúa torre debe existir una tabla de capacidad de carga con carácter y cifras legibles, y en un lugar visible para el operador en los mandos y en los puestos de control remoto, con un contenido mínimo de:

- Debe indicar toda la gama de capacidades de carga, longitud de pluma, radios de operación, ubicación de contrapesos;
- avisos de precaución en relación con las limitaciones de la grúa en cuestión y procedimientos de operación;
- máxima velocidad de viento permitida para la operación;
- aviso de que las eslingas y los dispositivos de elevación son parte de la carga, por lo tanto, la tabla de cargas así lo hará constar.
- aviso de que el peso de los cables de elevación es de una longitud de suspensión establecida deberá ser tomado como parte de la carga.

Si bien, cada uno de estos puntos son profundizados mucho más que en nuestra normativa, inclusive al punto de agregar solicitaciones que no son consideradas habitualmente en nuestro país, es un tema que sí es abordado por las empresas de maquinaria en Chile.

3.1.7. Grúas alteradas o modificadas

Nuestra norma es sumamente clara cuando indica que no se pueden incorporar modificaciones al diseño original de fábrica, en ninguna de estas máquinas. Sin embargo, la ASME B30.3 nos indica que estas sí podrían realizarse siempre y cuando sean bajo la dirección del fabricante original o de una persona calificada. Si se opta por lo segundo, el propietario del equipo deberá mantener copiar firmadas y fechadas de los cálculos, dibujos y otros documentos preparados para la alteración. Pero toda alteración o modificación deberá cumplir con los requisitos descritos bajo la norma ASME B30.3.

3.1.8. Documentación

La documentación solicitada por la ASME es mucho más completa en comparación con la Normativa local, si bien existe concordancia en muchos de ellos, es mucho más específica en términos de certificados e instrucciones de instalación:

- deben ser proporcionadas las fuerzas verticales, horizontales y de torsión y momento de vuelco aplicables a cada configuración recomendada;
- las limitaciones de la altura o torre de la grúa, sobre la base de varios niveles de velocidad del viento en condición fuera de servicio;
- la velocidad máxima del viento en caso de grúas móviles;
- requisitos de estabilizadores cuando esto aplique;
- distanciamiento mínimo entre soportes de reacción horizontales para grúas de trepado interno;
- lugares donde las secciones de torre tienen la fuerza suficiente para la instalación de cuñas internas y collarines de escalada;
- requisitos de instalación y tolerancia para carriles en el caso de grúas móviles;
- disposición de anclajes para grúas de base fija;
- datos de dimensiones de la grúa;
- Instrucciones de montaje y desmontaje;
- peso y dimensiones de los componentes;
- puntos recomendados de fijación de elevación;
- posición del centro de gravedad de los componentes y subconjuntos no uniformes.

- método y secuencia de montaje y desmontaje;
- para conexiones críticas se deben incorporar diagramas que permitan identificarlas.
- medios para instalar estabilizadores;
- instrucciones de operación, limitaciones y precauciones;
- requisitos de mantenimiento y recomendaciones;
- recomendaciones de reparación y procedimientos de soldadura;
- designar características que afecten la seguridad;
- ubicación, configuración y ajustes de los dispositivos limitadores;
- las limitaciones en temperaturas ambientales;
- las variaciones permitidas en el suministro eléctrico;
- ubicación y configuración requerida de las válvulas de alivio de presión hidráulica o neumática;
- para grúas de trepado interno, identificación de las partes destinadas a acoger las reacciones.

3.1.9. Equipo de elevación de carga, frenos y cables de elevación

Este es un punto de suma importancia en términos de seguridad en la elevación de carga suspendida, donde la Norma ASME B30.3, pero las indicaciones expuestas son aplicables para los equipos de servicio y mantenimiento. De todas formas, destacan puntos que son relevantes, que se encuentran contenidos en los manuales de cada fabricante, pero que no son adoptados por la NCh, como lo son, por ejemplo, que los ganchos deben estar provistos de seguros a menos que la aplicación haga que este no sea necesario. También indica que no menos de dos vueltas completas del cable deberán permanecer en el tambor de enrollamiento cuando el gancho este en su posición más baja, entre otros.

Las indicaciones respecto al sistema de frenado indican que, los medios de frenado deben proporcionar un mínimo de 125% del torque total de elevación de carga en donde se aplica el freno. Deben estar equipados con mecanismos que permitan velocidades controladas de descenso, denominados reductores de velocidad.

Las poleas que se utilicen en las grúas deben estar libres de desperfectos superficiales en sus gargantas, ya que estas podrían dañar el cable de elevación y también deben estar provistas de guías que permitan que el cable vuelva correctamente a la ranura, existiendo

siempre medios posibles para su lubricación. Por su parte, el diámetro de paso de las poleas no podrá ser inferior a 18 y 16 veces el diámetro nominal del cable utilizado.

Los cables de elevación deben ser de comprobada procedencia y según lo recomendado por el fabricante y su factor de diseño no podrá ser inferior a 5. En caso de que la carga sea soportada por más de una parte del cable, la tensión en las partes deberá ser nivelada. Y para el caso específico de las grúas de pluma abatible, no se podrán utilizar cables resistentes a la rotación (o antigiratorio).

Si bien solo detallamos algunos de los muchos puntos que se extrajeron de esta norma, nos podemos dar cuenta que ninguno de ellos se encuentra incorporados en la nuestra, todo esto debido a la constante actualización que recibe la ASME B30.3 en comparación a la nuestra.

3.1.10. Mecanismo de giro

El mecanismo de giro de una grúa torre es aquel que nos permite orientar la grúa mediante un giro en 360°. Este movimiento, como lo indica la norma en estudio, debe proporcionar arranques y paradas suaves ofreciendo distintos grados de aceleración y desaceleración, a su vez deben contar con medios que permitan que la superestructura gire libremente cuando se encuentre en condición de veleta y estar provista de medios de frenado con poder de retención en ambas direcciones para impedir el movimiento de rotación de la superestructura durante la operación, emitiendo una señal audible la que deberá sonar automáticamente para advertir al personal cuando la grúa se encuentra en movimiento.

De esta misma forma entrega directrices en términos de carros, frenos de recorrido, troles de carga, frenos para los distintos movimientos y dispositivos indicadores para ayudar al operador en sus maniobras, elementos que se han ido incorporando en las nuevas máquinas para facilitar la operación y resguardar al personal de turno.

3.2. INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO

Se trata de la sección más importante dentro de la ASME B30.3 en materia de seguridad y también la que más nos debiese interesar producto que gran parte de su contenido no solo no se encuentra incorporado en la NCh, si no que muchos de sus puntos no son contemplados en el mundo de las grúas torre en nuestro país y es uno de los pilares principales de nuestro estudio. A continuación, detallaremos las indicaciones más importantes para aprender y poner en práctica, divididas en 3 ítems fundamentales:

3.2.1. Inspección

La inspección, en todos los ámbitos posibles, es de suma importancia para garantizar un buen trabajo. Si bien entendemos que el trabajo en liderado por profesionales capacitados e instruidos, muchas veces se concentran los esfuerzos en labores no menos importantes, pero que descuidan la seguridad y el bienestar del equipo humano.

En pocas palabras la inspección permite tomar decisiones sobre la posición, calidad e integridad de un producto. Se debe inspeccionar la máquina en busca de posibles fugas, acumulación de residuos, fallas debido a fatiga potencial de materiales, fallas progresivas en los componentes, o fallas severas.

En materia de grúas torre la inspección no existe como un medio de regulación para todas las empresas de maquinaria, pero a lo largo del tiempo se han ido incorporando al escenario personas y empresas que buscan mejorar las condiciones de funcionamiento de estas máquinas y sobre todo la seguridad de estas, pero siempre desde el sistema privado.

La norma ASME B30.3 no enseña la importancia de lo tratado y nos entrega distintos tipos de inspección que van de acuerdo con el tipo de uso que se le dé a la máquina y el estado de esta, entendiendo que el fabricante siempre proporcionara información sobre su operación y mantenimiento.

Para tal efecto, ASME B30.3 divide la inspección en los siguientes tipos:

- **Inspección Inicial:** es aquella que debe ser realizada siempre antes del uso de una grúa torre. Esto aplica para grúas nuevas, reinstalada, alterada o modificada y será inspeccionada por una persona calificada.
- **Inspección Regular:** es aquel proceso que debe ser realizado durante la operación de la grúa y se divide en 2 partes:
 1. Inspecciones frecuentes, según el tipo de servicio entregado.
 - Servicio Ligero – mensual.
 - Servicio Normal – semanal a mensual.
 - Servicio Pesado – diario a semanal.
 2. Inspección periódica
Inspección visual de una persona designada a intervalos de 1 a 12 meses o según sea específicamente recomendado por el fabricante o por una persona calificada.
- **Inspección Frecuente:** se refiere a la inspección de ciertos componentes que se detallan a continuación, bajo los plazos anteriormente descritos y dependiendo de la naturaleza de los componentes críticos y el grado de exposición al desgaste, deterioro o mal funcionamiento:
 1. Mecanismos de control por desajuste;
 2. mecanismos de control por desgaste excesivo;

3. mecanismos de funcionamiento por desajuste;
 4. dispositivos de limitación de movimiento;
 5. dispositivos de limitación de carga;
 6. mangueras hidráulicas y neumáticas;
 7. aparatos eléctricos;
 8. ganchos y cerrojos;
 9. cuñas y soportes en grúas trepadoras;
 10. soportes o riostras;
 11. sistema hidráulico;
- **Inspección periódica:** las inspecciones de este tipo se llevarán a cabo de acuerdo con lo expresado en “inspección regular”, dependiendo de su actividad, severidad del servicio, y el medio ambiente, o como se detalla a continuación:
 1. Servicio ligero – anual;
 2. servicio normal – semi anual o anual;
 3. servicio pesado – trimestral.
- Además de los puntos de revisión anteriores, también incluirá los siguientes y será una persona designada quien determine si constituye o no peligro:
1. Miembros deformes, agrietados o corroídos en la estructura de la pluma;
 2. pernos o remaches sueltos;
 3. poleas y tambores agrietados;
 4. piezas agrietadas o deformadas, tales como clavijas, rodamientos, engranajes, rodillos, etc.;
 5. desgaste excesivo de las piezas del sistema de embrague, ruedas dentadas y trinquetes;
 6. plantas de energía;

7. aparatos eléctricos;
8. ganchos de la grúa;
9. mecanismos de recorrido;
10. bombas hidráulicas;

Entre muchos otros.

- **Grúa fuera del servicio regular:** Una grúa que ha estado inactiva 1 mes o más, pero menos de 6 meses, será inspeccionada con “inspección frecuente”.

Por otro lado, una grúa que ha estado más de 6 meses inactiva será inspeccionada bajo “inspección periódica”.

Las grúas en condición Stand By, de reserva, serán inspeccionadas en base a este mismo párrafo, según el intervalo de tiempo en el cual no fueron utilizadas.

3.2.2. Pruebas y Mantenimiento

Las pruebas hacen referencia a ensayos de distinta índole, los cuales se detallan a continuación:

- Antes del uso inicial, las grúas recién construidas se someten a pruebas, de conformidad según la Norma ASME B30.3.
- Las grúas alteradas o modificadas se probarán bajo la dirección de una persona competente, para verificar el cumplimiento de las partes aplicables a este Tomo, incluidas las pruebas de funcionamiento.
- Las pruebas deben determinar la configuración de recorridos de los dispositivos limitadores de elevación, con un gancho vacío, con una serie de carreras que van aumentando la velocidad del gancho hasta el máximo. El mecanismo de accionamiento del dispositivo limitador se situará de manera que active el dispositivo, en todas las condiciones, con la suficiente antelación para evitar el contacto del bloque de carga inferior con el bloque de carga superior o las poleas de la pluma.
- Los ajustes del dispositivo limitador de carga se verificarán mediante una prueba estática con cargas de prueba de 102,5% a 110% de las capacidades aplicables, según lo recomendado por el fabricante de la grúa. Las cargas de prueba se levantarán a velocidad de fluencia hasta justo por encima del suelo.

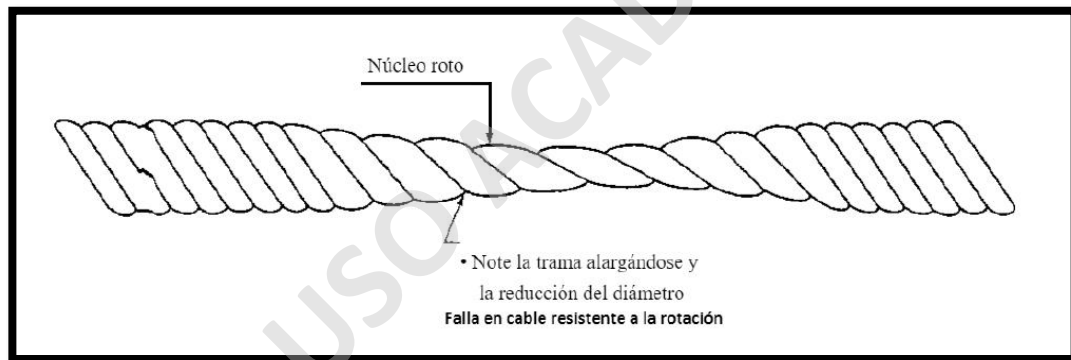
Por su parte, las recomendaciones de mantenimiento aconsejan que se debe establecer un programa de mantenimiento preventivo basado en las recomendaciones del fabricante, las partes y piezas debes obtenerse originales de fabrica o ser un equivalente técnico.

Se debe también establecer un procedimiento en el mantenimiento que asegure el fiel cumplimiento de lo exigido por el fabricante de la máquina, se debe corregir cualquier condición peligrosa divulgada por los requisitos de inspección asegurando el correcto funcionamiento de componentes tales como: mecanismos funcionales operativos; limitadores; sistemas de control; sistemas de frenos; plantas de fuerza, etc.

De la misma forma se deben lubricar todas las piezas móviles de la grúa siempre siguiendo las recomendaciones del fabricante en cuanto a niveles y tipo de lubricante a utilizar. Todo esto siempre con la máquina fuera de servicio.

Esta sección también entrega un detalle completo acerca de la revisión de los cables de acero en caso de distorsión, retorcimiento, aplastamiento, destrenzado, arqueamiento, desplazamiento del hilo principal, o protrusión central como muestra la siguiente imagen:

Imagen N°33: Falla Cable Resistente a la Rotación – ASME B30:3.



Fuente: recuperado de Norma ASME B30.3, capítulo 3-2.4.2, Inspección.

Entrega también todas las indicaciones para determinar la falla de un cable, la forma de cambiarlo correctamente, el mantenimiento que se le debe dar, su inspección periódica, la forma de evitar daños, etc. Y entendiendo que una de las principales fallas que suelen ocurrir en las grúas torre es el corte del cable de elevación, es un punto que debiese estar incorporado no solo en la Norma Chilena de Grúas Torre, si no en el consciente colectivo de los profesionales que nos desenvolvemos en el rubro de la construcción y la maquinaria para transporte vertical de cargas.

3.3. OPERACIÓN

Como última sección, pero no por eso menos importante, encontramos la operación donde se comparten muchas indicaciones con la NCh, pero que sigue siendo más completa y detallada.

Las grúas solo deben ser operadas por personal calificado que pueden ser: personas designadas y aprendices bajo una supervisión directa. También podrá operar el personal de mantenimiento cuando necesite realizar pruebas e inspectores de grúa torre.

El operador debe de haber aprobado un examen práctico que proporcione evidencia satisfactoria de sus calificaciones y experiencia, deben cumplir con condiciones óptimas de visión y audición, poder distinguir colores, contar con buena condición psicomotriz, y de ser necesario, se pueden requerir pruebas médicas específicas.

También se hace referencia a la conducta que debe tener un operador frente al trabajo, se entregan todas las indicaciones necesarias para cuando abandone su puesto de trabajo y también las advertencias de seguridad para que jamás realice movimientos prohibidos expresamente por el fabricante y la ASME B30.3, como, por ejemplo, el izar personas con la grúa torre.

Imagen N°34 – Izaje de Personas con Grúa Torre – Maniobra Prohibida.



Fuente: Elaboración Propia.

Conociendo una pequeña parte de la Norma ASME B30.3 ya podemos darnos cuenta de que se encuentran a años luz de lo que tenemos y tendremos a mediano plazo en Chile, año tras año sigue en aumento el número de accidentes con grúa torre y la mayor parte de ellos concluye con fatales, por lo que se requiere prontamente incorporar nuevas metodologías de revisión, inspección, supervisión, operación, mantenimiento y seguridad ocupacional para disminuir el riesgo de accidentes, protegernos y proteger a quienes nos rodean.

CAPÍTULO IV PRINCIPALES DESPERFECTOS EN GRÚAS TORRE

Como en toda labor que se desarrolla utilizando maquinaria pesada, los trabajos que se realizan con grúa torre no se encuentran exentos de contar con accidentes, los cuales en su mayor parte son ocasionados por deficiencia humana ya sea de manera directa o indirecta.

Para conseguir jerarquizar los desperfectos más importantes que llevan a ocasionar accidentes en los que se ve involucrada una grúa torre, debemos primero entender la gravedad que cada uno de ellos supone. Para esto último, durante este apartado consideraremos la siguiente lógica de criticidad que nos permitirá identificar el riesgo existente en cada caso:

Tabla N°3: Matriz de Criticidad – Accidentes con Grúa Torre.

	Riesgo Extremadamente Grave	Riesgo inaceptable, la máquina no puede operar bajo esa condición.
	Riesgo Muy grave	Riesgo demasiado alto, requiere una solución inmediata.
	Riesgo Grave	Riesgo importante que debe ser subsanado a la brevedad posible.
	Riesgo Moderado	Riesgo tolerable que requiere una solución a corto plazo.

Fuente: Elaboración Propia.

Por tratarse de máquinas que representan un alto riesgo, no existen desperfectos leves. Cada una de estas fallas, en el mejor de los casos, genera la detención de la máquina y la paralización de las tareas contempladas con grúa torre.

Las principales fallas que ocurren en este tipo de máquinas pueden separarse en cuatro aspectos fundamentales que se detallan a continuación:

4.1.FALLA ESTRUCTURAL

Una falla estructural, en sentido restringido, hace referencia al colapso de esta, que finaliza con su desplome y destrucción. Sin embargo, en la mayoría de los casos el termino incluye otras varias condiciones que pueden no ser tan drásticas, pero que generan un riesgo de igual forma.

Para mitigar este riesgo, la normativa chilena obliga a certificar estructuralmente cada máquina con un plazo máximo de dos años. Este certificado debe ser emitido por el representante del fabricante en el país o, en su defecto, por un profesional competente. La idea es poder garantizar que los equipos se encuentren en excelentes condiciones y no

representen un riesgo para las personas ni la propiedad. Por lo tanto, cuando finaliza la contratación de un servicio y estas enormes máquinas vuelven a las bodegas del proveedor, deben pasar por una revisión exhaustiva, donde sus componentes estructurales son uno de los más importantes debido al riesgo que supone un posible colapso.

Las empresas más expertas en el campo de las grúas torre consideran el sistema de arenado para las secciones estructurales de la grúa. Este proceso consiste en la limpieza de la superficie de cada elemento a través de un chorro de arena a presión; esto busca quitar cualquier cuerpo extraño tales como: óxidos, pintura, grasa, etc. Este proceso permite detectar fisuras o desgastes de soldadura en los distintos componentes y corregirlos de forma preventiva.

Dentro de los desperfectos estructurales más importantes podemos decir, sin duda, que el colapso de una estructura es la mayor de las fallas, independiente del motivo por el cual ocurra, y a pesar de no ser de los más frecuentes.

Las fallas estructurales pueden ocurrir en las distintas partes de la grúa torre y por diferentes motivos los cuales, en su amplia mayoría, tienen que ver directamente con fallas humanas.

A continuación, se detalla una serie de fallas estructurales según su grado de importancia:

4.1.1. Falla Estructural Tramo de Empotramiento

Durante la creación de estos elementos se deben tener distintas consideraciones para evitar accidentes. Primero que todo el tipo de acero con que se fabrican, el cual debe ser de resistencia equivalente o superior al original; también se debe asegurar un correcto soldado de cada una de las uniones, y, por último, se deben respetar las medidas originales de sus partes según indicación de fábrica.

Una falla de tipo estructural en el tramo de empotramiento que no es detectada a tiempo, en el 100% de los casos finaliza con la caída de la grúa torre.

Durante el mes de diciembre del año 2020 se registró un accidente en la comuna de independencia el cual finalizó con el desplome de una grúa torre marca Comansa, modelo 5LC5010 5T, sobre las casas vecinas. Este terminó con 2 heridos de mediana gravedad, pero afortunadamente sin víctimas fatales.

El motivo de la caída de esta máquina se debió a la ausencia de fiscalización previa a su montaje lo que permitió la instalación de un empotramiento de fabricación nacional que no se encontraba correctamente ejecutado, faltándole cordones completos de soldadura y que finalizó con el colapso de la estructura 3 días después de su instalación.

Adicional a esto, no existía revisión por parte de un profesional competente, sino más bien, la fundación fue generada de acuerdo con las indicaciones del fabricante las cuales solo son recomendaciones y no consideran las características particulares del terreno y

del proyecto. Pero la premura de realizar un pronto montaje llevo al proveedor a cometer un grave y lamentable error que mancha todo el buen trabajo que realizaron con anterioridad.

La empresa causante de este desastre resultó ser muy pequeña, sin protocolos de trabajo claros, sin procedimientos de montaje y tampoco supervisión para la correcta ejecución de los trabajos. La cual, producto del impacto económico que genero el accidente, se vio obligada a vender todas sus máquinas y disolver la compañía durante los primeros meses del año 2021.

Imagen N°35: T13 – Caída Grúa Pluma



Fuente: T13 Noticias Nacional – Grúa Pluma cae sobre casas, recuperado de <https://bit.ly/37SADK4>.

Por lo tanto, y en base a lo anteriormente expuesto, una falla estructural en el tramo de empotramiento entra en la categoría de:

● Riesgo Extremadamente Grave

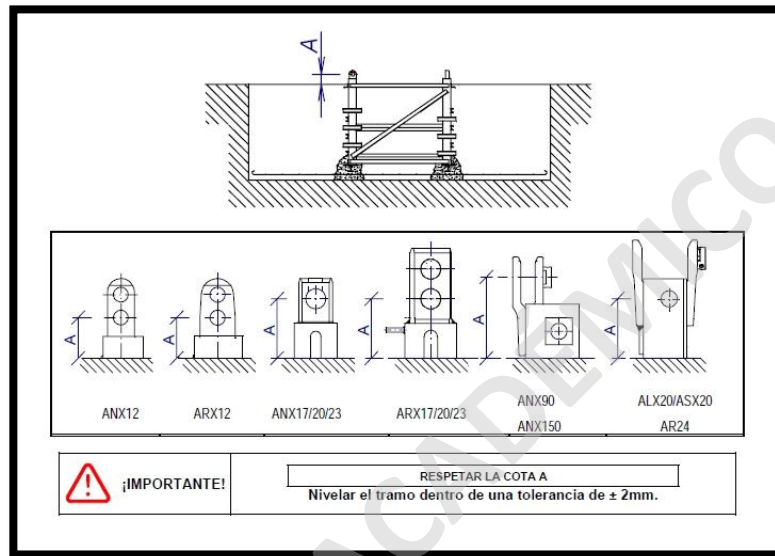
4.1.2. Falla Estructural por Pérdida de Plomo

Para poder asegurar una correcta verticalidad de la grúa torre se debe tener especial cuidado al momento de la nivelación de su base.

El equipo responsable de este trabajo debe ser personal calificado, experto en el campo de las grúas torre e instruido en la marca y modelo de máquina que se instalará. Además, se debe considerar una revisión periódica, sobre todo posterior a un sismo.

Cuando se trata de una grúa en base empotrada la nivelación del empotramiento se realiza de forma previa al hormigonado de la fundación, por lo que, si llegase a existir pérdida de plomo de una grúa torre bajo esta condición, principalmente se debería a que el terreno que se encuentra por debajo cuenta con alguna irregularidad que surgió posterior al montaje, algo que no suele ocurrir comúnmente.

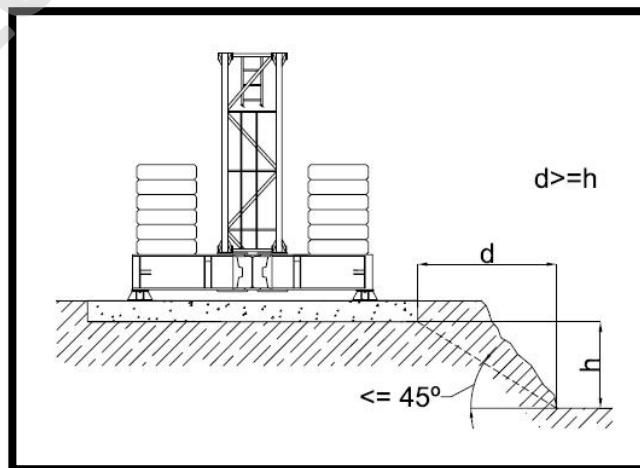
Imagen N°36: Orejas Tramos de Empotramiento – Jaso Tower Cranes.



Fuente: Manual Jaso. Recuperado de Manual Jaso J52NS.

Sin embargo, cuando se trata de una grúa sobre base estacionaria las cosas son diferentes. Lo primero a considerar es la distancia a la cual se encontrará el chasis de la grúa torre de la excavación o talud más cercano, denominada “distancia de seguridad”, y es aplicable para grúas torre sobre base estacionaria y también para grúas de tipo automontante:

Imagen N°37: Distanciamiento Seguridad – Grúa Apoyada.

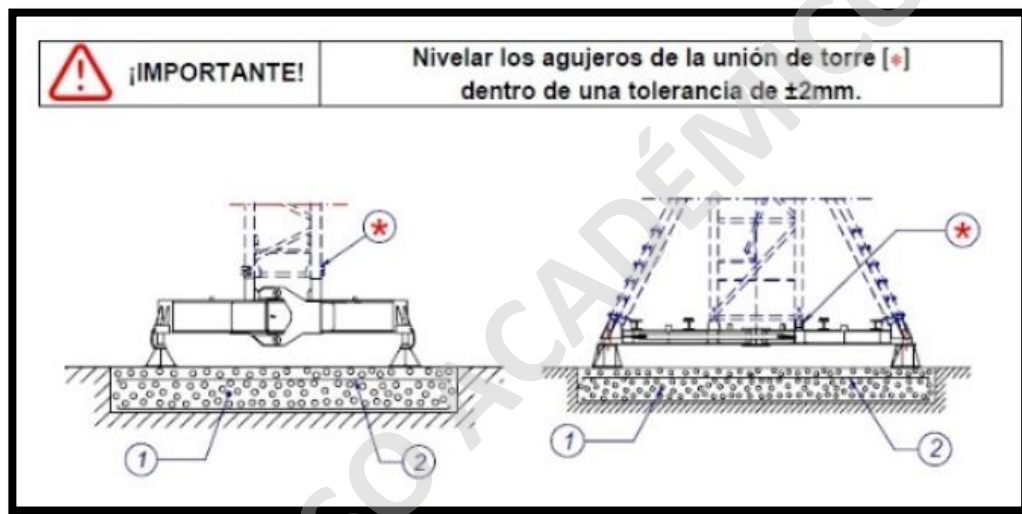


Fuente: Manual Jaso. Recuperado de Manual Jaso J52NS.

Segundo, se debe considerar la tolerancia máxima impuesta por cada fabricante en cuanto al desnivel permitido entre apoyos. Si la tolerancia nos habla de 1:1000, quiere decir que podría existir como máximo 1 mm de diferencia por cada metro de base. En una base de dimensiones 3.80 (m) x 3.80 (m) el desnivel máximo permitido sería de 3.8 (mm) entre sus puntos más desfavorables.

También existen otros fabricantes más estrictos y cuidadosos con sus propias especificaciones técnicas, como por ejemplo la fábrica Jaso, quienes determinan que la tolerancia máxima permitida para sus grúas es de ± 2 (mm) medidos entre los agujeros de la unión base-torre.

Imagen N°38: Tolerancia de Nivelación – Jaso Tower Cranes.



Fuente: Manual Jaso. Recuperado de Manual Jaso J52NS.

A pesar de que existe la posibilidad de solucionar un problema de desnivel en grúas de tipo torre y automontante, la gravedad de no ser detectado es lo que puede generar su caída.

Si la grúa torre cuenta con husillos de regulación en sus patas el proceso para corregir la nivelación resulta más simple, en cambio, cuando se trata de una base de apoyos fijos, se debe elevar mediante un gato hidráulico e instalar lanas metálicas que compensen la diferencia.

Es por ello por lo que este tipo de desperfecto es considerado como:

● **Riesgo Extremadamente Grave**

Imagen N°39: Caída Grúa Automontante – Referencia.



Fuente: Crane Market. Colapso de grúa torre, recuperado de <https://bit.ly/38hYJha>.

4.1.3. Falla Estructural Corona de Orientación

La corona de orientación o corona de giro es el elemento que permite que una estructura que se encuentra unida a la otra gire de forma independiente, sobre un único eje, garantizando un vínculo entre ambas partes.

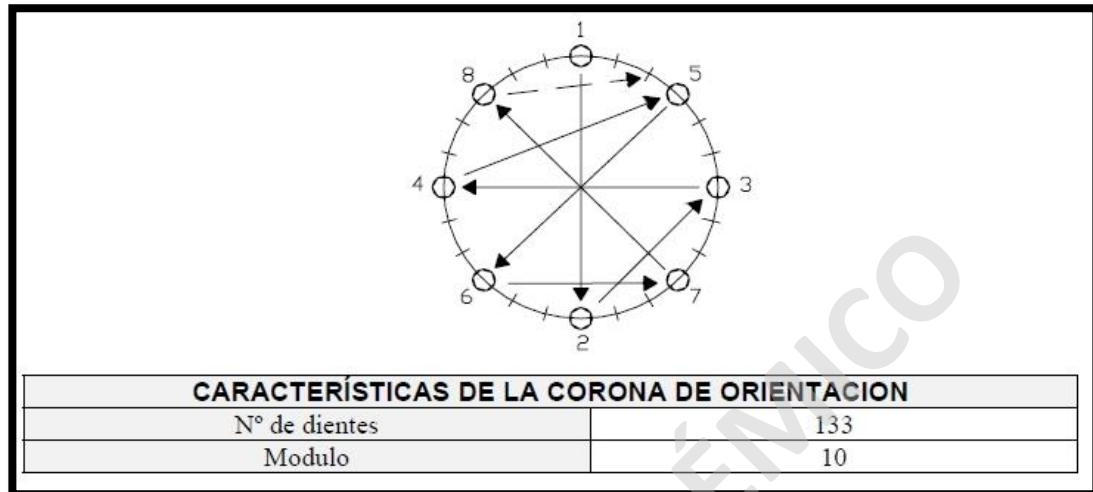
Este componente está destinado a transmitir los esfuerzos (fuerzas horizontales, verticales y momentos de carga) de la estructura giratoria hacia la parte fija de la grúa. Por lo que se debe comprobar constantemente su buen estado y su proceso de mantenimiento, el cual se puede determinar observando la parte externa de la corona, si esta se encuentra limpia quiere decir que no se han realizado trabajos en ella, ya que una corona bien mantenida debe tener rastros visibles de grasa en su exterior.

Esta debe ser aplicada de forma constante y al menos una vez al mes con dispositivos destinados a tal efecto para asegurarse que llegue al lugar preciso de destino. La grasa debe ser la indicada por el manual del fabricante y garantizar total confianza y absoluta fiabilidad.

Las coronas de orientación cuentan con pernos en todo su perímetro, a través de los cuales se ancla a la estructura. Estos pernos deben contar con un correcto apriete durante el proceso de montaje y debe ser verificado durante cada mantenimiento mediante una llave dinamométrica. Cada manual de montaje entrega el par de apriete necesario para el

modelo de grúa en cuestión en Kg/m, y se debe seguir un orden diametralmente opuesto como lo muestra la siguiente imagen:

Imagen N°40: Indicaciones Para Torque – Secuencia Opuesta.



Fuente: Manual Jaso. Recuperado de Manual Jaso J52NS.

Este proceso debe ser de extrema precisión ya que, hasta hace algunos años el torque era una variable poco atendida o más bien subestimada, la cual se reducía simplemente al hecho de darle vueltas al perno o tornillo hasta que la pieza quedara firme, obviando toda posible consecuencia posterior.

Cuando un perno o tornillo es apretado, la fuerza rotacional (o torque) hace que el perno se estire conforme las roscas se asientan estrechamente una contra la otra, lo que causa tensión y el correspondiente estrés de la fuerza de compresión entre los materiales.

El objetivo del torquímetro o llave dinamométrica es aplicar la fuerza suficiente para que el perno no se afloje durante el proceso de operación, pero sin ser excesiva ya que esto provocaría que el metal se fracture por fatiga.

Los motivos principales por los cuales se puede producir un corte en los pernos de la corona de orientación son: la utilización de pernos de resistencia inferior a la indicada por el fabricante, por un apriete distinto al indicado por el fabricante del equipo (menor o mayor), o por la utilización de una configuración errónea de la estructura, entre otros.

En el mes de octubre del año 2014 durante la construcción de Línea 3 de metro de Santiago, en el tramo a cargo de la constructora Ferrovial se pudo observar el colapso estructural de una grúa torre de alto tonelaje marca Jaso, modelo J260, en la calle San Diego entre Alameda y alonso de Ovalle. El cual milagrosamente finalizó sin personas lesionadas.

La grúa estaba siendo operada de forma remota al momento del accidente, por lo que el operario no se vio afectado por la caída de la máquina.

La falla del equipo se produjo justamente en la corona de giro ya que, al cortarse uno de sus pernos, el trabajo que deben hacer el resto es mayor, lo que produce un efecto en cadena que termina cortando la totalidad de los pernos de la corona y desplomándose la parte aérea del equipo.

Esta cayó sobre unos vehículos que se encontraban estacionados en el ministerio de defensa y colisionando en su trayecto con uno de los muros ciegos de un edificio habitado colindante.

Imagen N°41: 24 Horas – Desplome de Grúa Pluma.

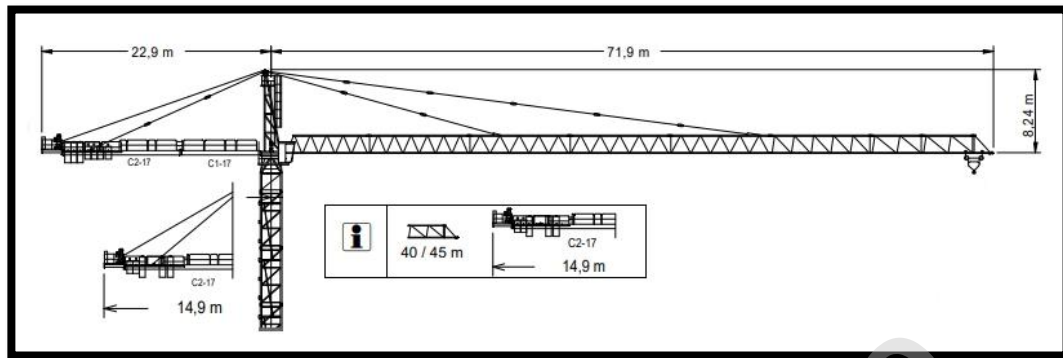


Fuente: 24 Horas Nacional. Desplome de grúa torre, recuperado de <https://bit.ly/38326bT>.

La causa del accidente se mantuvo en total discreción posterior a los trabajos de peritaje, por lo que se desconoce la causa raíz del accidente. Pero dentro de las posibilidades se encuentra las descritas anteriormente, fatiga de material o el uso de una configuración errónea.

Los errores en las configuraciones de las grúas pueden generarse por distintos motivos. Por ejemplo, el modelo de grúa siniestrada en la faena de metro cuenta con 2 configuraciones de contrapluma distintas, pero al mismo tiempo existen restricciones ya que la contrapluma corta (14.9 m) puede ser utilizada solo hasta los 45 metros de pluma, para largos de pluma superiores solo debe ser utilizada la configuración larga (22.9 m), como muestra la siguiente imagen.

Imagen N°42: Configuración Contrapluma – Jaso J300.



Fuente: Manual Jaso. Recuperado de Manual Jaso J300.

El uso de una configuración de contrapluma no permitida por el fabricante, sin duda puede generar el colapso de la estructura. También lo puede generar una disposición errónea de los contrapesos aéreos respecto a la configuración de pluma a utilizar.

Cada modelo de grúa cuenta con a lo menos dos contrapesos de dimensiones y peso diferente entre sí, la idea de esto es poder distribuirlos de tal forma que , cuando se utilice una pluma más corta, sea también menor el número de contrapesos a utilizar.

Pero además de esto también se debe respetar la disposición de estos a lo largo de la contrapluma, como se puede ver en la siguiente imagen:

Imagen N°43: Configuración Contrapesos Aéreos – Sáez TL50 5T.

MONTAJE DE PLUMA	ANTES DE COLOCAR LA PLUMA		DESPUÉS DE COLOCAR LA PLUMA	
46	1xA <u>2300 Kg</u>		4xA + 1xC <u>10050 Kg</u>	
41	1xA <u>2300 Kg</u>		3xA + 1xB <u>8300 Kg</u>	
35.5	1xA <u>2300 Kg</u>		3xA + 1xC <u>7750 Kg</u>	

Fuente: Manual Sáez. Recuperado de Manual Sáez TL50 5T.

Cualquiera haya sido el caso, se trató de un accidente que pudo ser evitado de seguir al pie de la letra los procesos básicos de revisión y mantenimiento.

Lo que comprueba que, una falla estructural en la corona de orientación producto del corte en efecto dominó de los pernos, en el 100% de los casos finaliza con la caída de la grúa.

Por lo tanto, este tipo de desperfecto entra también en la categoría de:

Riesgo Extremadamente Grave

4.1.4. Falla Estructural de Riostra

El proceso de arriostramiento es una tarea que debe ser planificada y ejecutada con el mayor de los cuidados. Se debe asegurar que el marco de arriostramiento sea un elemento original o que cuenta con la validación de fábrica, y luego se deben respetar las alternativas que existen para poder anclarse al edificio.

Es importante considerar que todos los elementos de torre adicionales que se instalarán en la grúa, así como sus nuevos esfuerzos, serán transmitidos hacia el edificio por medio de estos anclajes. Trabajos que debe estar a cargo de soldadores calificados e instruidos en el campo.

La instalación de los puntales de riostra en el marco de arriostramiento se realiza por medio de bulones, sin embargo, en el otro extremo, el que se ancla al edificio, se realiza mediante soldadura a los insertos previamente empotrados en la losa del edificio.

Una falla en la soldadura de una riostra puede generarse por distintos motivos como lo son, por ejemplo: soldadura deficiente o insuficiente, distanciamiento equivoco entre anclajes, entre otros.

Si las riostras se encuentran a una distancia mayor a la indicada, los esfuerzos que ejerce la grúa sobre la riostra son mayores también, por lo que supone el colapso de esta;

En cambio, cuando la distancia entre riostras es menor a lo especificados en el manual de montaje, se produce una rigidez excesiva en la torre de la grúa la cual podría colapsar durante un sismo por pérdida de flexibilidad.

Por el riesgo inminente de desplome de la grúa tras el desprendimiento de sus anclajes, sin importar el motivo, este tipo de falla estructural también entra en el grupo de:

Riesgo Extremadamente Grave

4.1.5. Falla Estructural Elementos de Torre, Pluma y Punta de Torre.

Las partes vertical y horizontal de las grúas torre están constituidas por entramados metálicos o celosías, que permiten el paso libre del viento para disminuir su esfuerzo de volcamiento. Es por este motivo que los letreros publicitarios, adicionales a los ya incorporados por el fabricante, deben ser ubicados en lugares estratégicos indicados en el manual de montaje, como lo son, por ejemplo, los contrapesos aéreos.

Imagen N°44: Letrero Incorporado de Fábrica – Grúa Torre Liebherr.



Fuente: Interempresas. Aeropuerto de Estambul, recuperado de <https://bit.ly/3DA311T>.

La modificación de los componentes originales está estrictamente prohibida al igual que la fabricación de elementos no validados por el fabricante de la máquina. Aun así, existen distintas maestranzas que se dedican a la copia, fabricación y distribución de elementos de pluma y torre, de distintas marcas y modelos, que suponen un ahorro para las empresas proveedoras del servicio, pero que no cuentan con los permisos respectivos y la información necesaria para poder fabricarlos correctamente.

El incorporar elementos de fabricación nacional en una grúa torre genera un enorme riesgo para todos los involucrados. Al no existir planos de fabricación lo que hacen estas empresas es realizar copias de los elementos proporcionados por quien lo solicita sin contar con las consideraciones correctas de soldadura o tipo de acero. Proceso que está estrictamente prohibido por la Norma Chilena de Grúas Torre y por el fabricante de cada máquina.

El deterioro de los componentes estructurales de la grúa sumado a la falta de mantenimiento de estos lleva a importantes daños que pueden finalizar en accidentes graves o fatales.

Cuando el daño es irreversible, la grúa torre debe ser desmontada a la brevedad para evitar un posible colapso. Este tipo de fallas entrarían en la categoría de:

● **Riesgo Extremadamente Grave**

Imagen N°45: Daño Estructural de Pluma – Grúa Torre.



Fuente: Alamy. Accidente sur de Londres, recuperado de <https://bit.ly/3jcW8f7>.

Pero en caso de tratarse de una fisura en la unión de dos o más elementos metálicos y que fue detectada con tiempo, pasaría a clasificarse como:

● **Riesgo Muy grave**

Debido a que el elemento podría ser reparado, acción que debe ser efectuada inmediatamente después de ser detectada.

Para esto, el operario de la grúa torre tiene la obligación de inspeccionar visualmente su máquina e informar de forma inmediata este tipo de fallas.

Imagen N46: Fisura en Soldadura – Tramo de torre.



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de la inspección visual de la estructura de la grúa torre, el operador debe chequear también todos aquellos elementos estructurales complementarios como bulones y pasadores, los cuales se detallan en el siguiente ítem.

4.1.6. Falla Estructural Elementos Complementarios

La correcta ejecución de los trabajos es fundamental para poder tener una operación segura durante el desarrollo de la obra. Para su consecución, se deben tomar en cuenta los detalles más mínimos que pudiesen provocar un problema futuro.

A continuación, se detallan distintas fallas de instalación de componentes que forman parte de la estructura de la grúa torre:

- **Prensas:** las grúas torre cuentan con muchos cables acerados los cuales deben finalizar siempre con prensas de seguridad, como, por ejemplo, el inicio y termino del cable de elevación en la punta de pluma y en el tambor de enrollamiento respectivamente. Comúnmente este es uno de los elementos que no se instalan de forma correcta, lo cual puede generar que el cable de elevación se suelte o, en caso de utilizar elementos que no correspondan a los indicados por el fabricante, se deterioren provocando un corte.

El error más recurrente es la mala instalación o error en el número de prensas que deben instalarse en determinado cable, lo cual se encuentra especificado en el manual del fabricante

Esto se puede clasificar como:

Riesgo Muy grave

Para poder asegurar que estas se encuentren correctamente instaladas, se debe trabajar solo con personal calificado, el cual debe ser capacitado constantemente en base a los nuevos modelos de grúa torre y las nuevas tecnologías que puedan existir.

Adicional a esto, ideal es complementar todo lo anteriormente nombrado con una auditoría de montaje por parte de un ente imparcial, que puede permitir detectar posibles errores durante el proceso de montaje y previo al inicio de la operación.

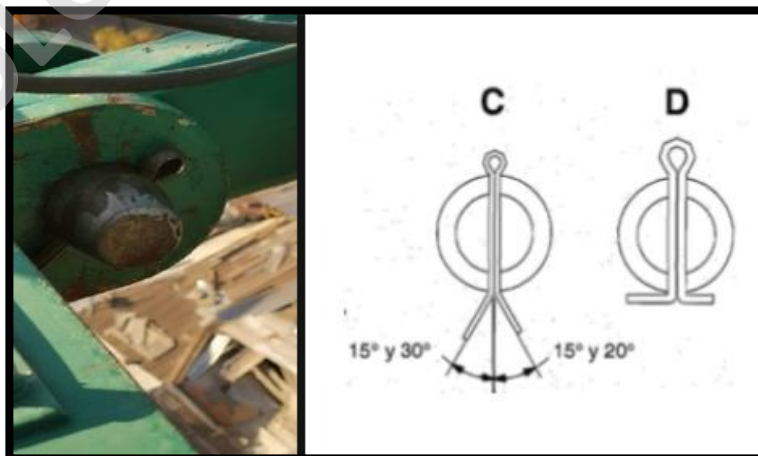
Imagen N°47: Ausencia de Prensa - Tambor de enrollamiento



Fuente: Elaboración propia

- **Pasadores de aleta:** el pasador de aleta está formado por un alambre continuo de sección semicircular plegado sobre sí mismo, el cual está diseñado para impedir que el elemento que sostiene pueda desprenderse. Este debe pasar por un ojal ubicado en el bulón o pasador metálico y deben ser doblados en sentido opuesto sus dos extremos para producir su fijación. Se recomienda que esta apertura sea entre 15° y 30° como muestra el detalle C sin chocar con ningún obstáculo, y en caso de existir interferencia se debe tomar en cuenta el detalle D.

Imagen N°48: Pasador de Aleta mal abierto – Jaso J4510



Fuente: Elaboración Propia

Los pasadores de ala suelen ser uno de los principales elementos que los montajistas olvidan instalar o instalan de forma errónea. Se debe considerar que la grúa torre se encuentra en constante oscilación, por lo cual debe existir siempre este dispositivo para impedir que los bulones puedan soltarse.

Por lo tanto, este tipo de error humano puede clasificar como:

● **Riesgo Muy grave**

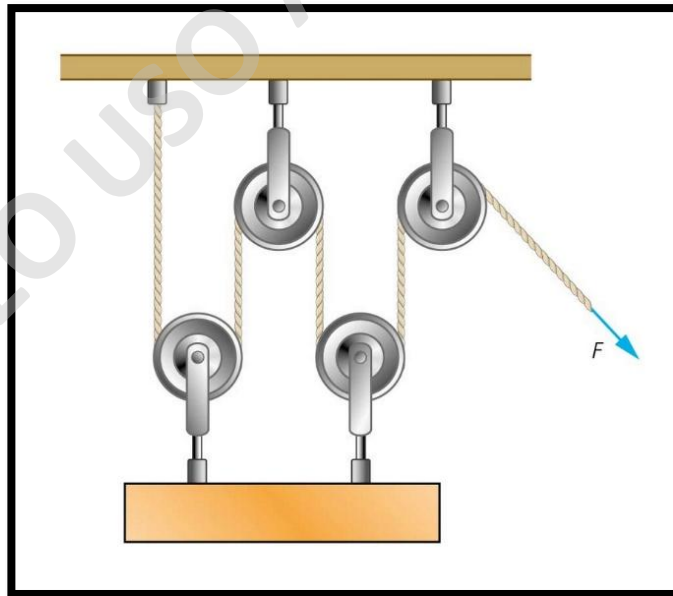
4.2.FALLA DE MECANISMOS

Se entiende por mecanismo al conjunto de piezas o elementos destinados a transmitir o transformar fuerzas desde un motor (energía mecánica) a un elemento conducido (receptor). En pocas palabras se trata de transformar una fuerza en otra fuerza.

Existen distintos tipos de mecanismos, pero en las grúas torre destacan principalmente 2 que son: de Transmisión y de Transformación de movimiento.

El mecanismo de transmisión es aquel que transmite, la fuerza y la potencia producida por un motor, desde un punto otro sin cambiar la naturaleza del movimiento. Puede ser de tipo lineal o circular, dentro de los cuales se encuentran: Palancas, polea fija, polipasto, correas, engranajes, cadenas, piñón cremallera, etc.

Imagen N°49: Mecanismo de Transmisión - Referencia

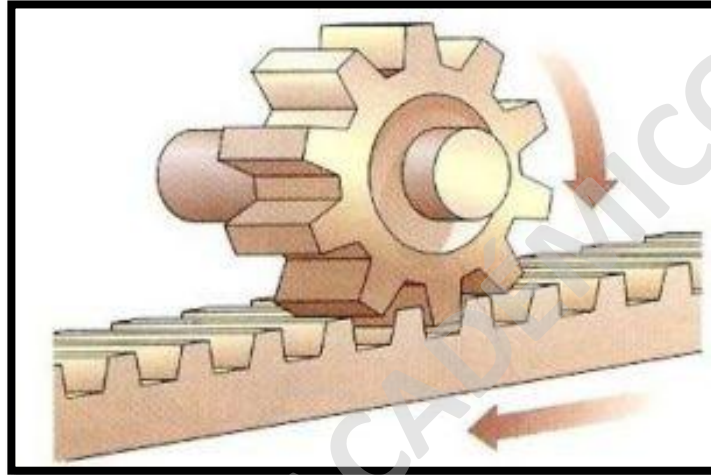


Fuente: Blinlearning. Mecanismos, recuperado de <https://bit.ly/3BjMuxl>

En una grúa torre podemos encontrar este tipo de mecanismo, por ejemplo, en el conjunto de elevación, responsable de permitir el izaje de cargas por medio de un gancho que se encuentra unido a un polipasto, mecanismo de transmisión circular.

Y por otra parte se encuentran los de transformación del movimiento, mecanismo presente en máquinas cuyo elemento motriz y elemento receptor presentan diferentes tipos de movimiento, como, por ejemplo, lineal – circular.

Imagen N°50: Mecanismo de Transformación - Referencia



Fuente: Aprendemos tecnología. Mecanismo de transformación de movimiento, recuperado de <https://bit.ly/2WzeaPu>

En una grúa torre los principales mecanismos que suelen fallar y que por ende requieren de un mayor cuidado, son:

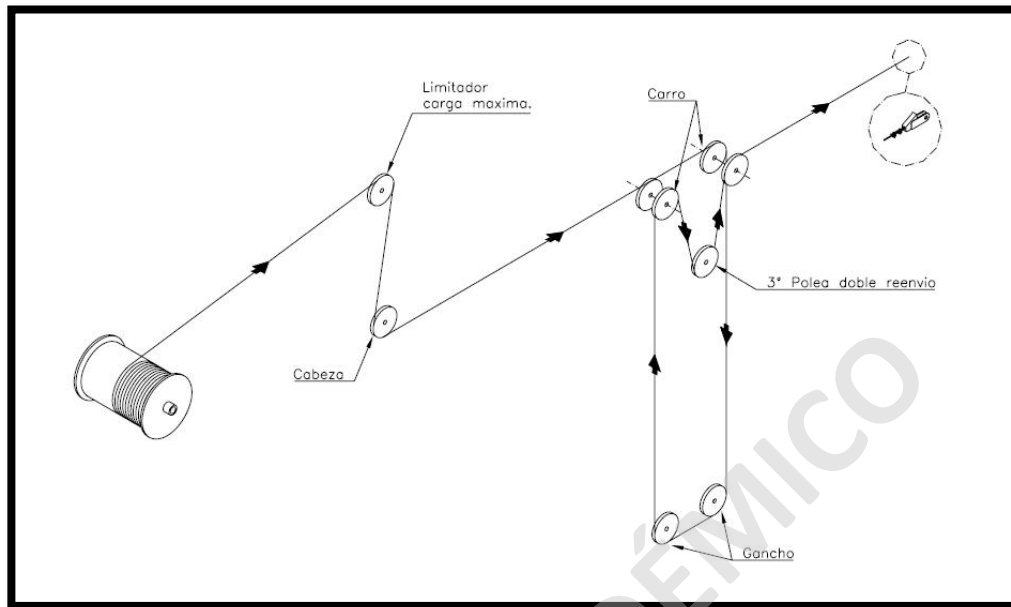
4.2.1. Conjunto de Elevación

Dentro de los principales componentes del conjunto de elevación destaca el cable de elevación, cable de acero de tipo mecánico formado por un conjunto de alambres enrollados de forma helicoidal, en una o más capas, alrededor de otro alambre denominado alma. Tiene como función principal la de permitir trasladar el gancho, a través de su polipasto, desde la pluma hasta la base de esta.

El recorrido que efectúa el cable de elevación inicia en el tambor de enrollamiento, pasa por el limitador de carga máxima para llegar hasta una polea ubicada en la punta de torre o en la cabeza de la grúa (para grúas tipo flat top), luego se dirige a través de la pluma hasta el carro distribuidor, pasa por el polipasto y finaliza en la punta de la pluma.

Debe ser de tipo antigiratorio y contar con un alma metálica, un mínimo de 100 alambres individuales, tener un mínimo de 14 cordones en la capa exterior, una tolerancia para el diámetro de +2% / +4% y finalizar con un terminal de cuña y sus respectivas grapas de seguridad.

Imagen N°51: Recorrido Cable de Elevación – Grúa torre.

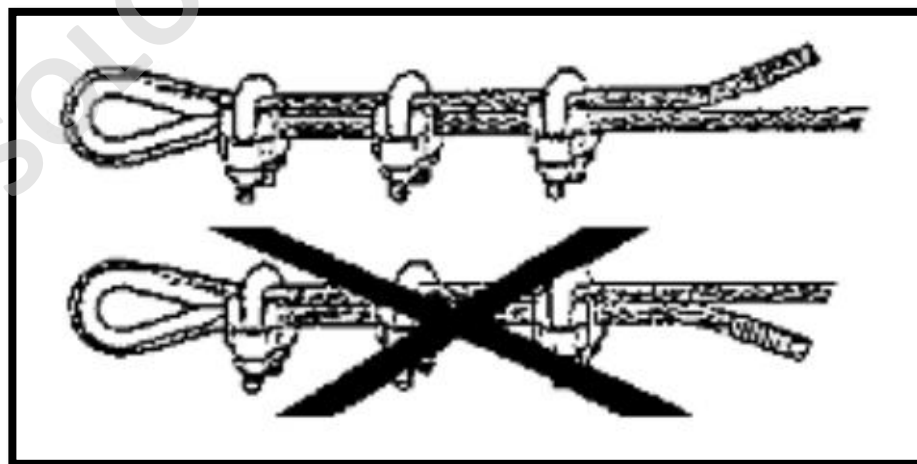


Fuente: Elaboración propia.

Este terminal suele ser mal instalado por los equipos de montaje de las distintas empresas y representan un riesgo importante debido a la posibilidad de un corte del elemento y la caída de polipasto y gancho, con o sin carga.

Por ejemplo, la horquilla de la grapa debe colocarse en el ramal muerto y el asiento o puente, sobre el ramal tendido; la distancia de estas grapas consecutivas debe ser igual a 6 u 8 veces el diámetro del cable y se deben instalar exactamente el mismo número de ellas que indica el fabricante, como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen N°52: Instalación de Grapas - Terminal de cuña.



Fuente: Manual Jaso. Recuperado de Manual Jaso J52NS.

Este tipo de falla detectada con tiempo se clasificaría como:



Riesgo Muy grave

En caso de encontrarse mal instaladas las grapas esto debe ser corregido de forma inmediata. Pero si se detecta que el cable de elevación se encuentra dañado, se debe realizar el corte del tramo en mal estado o el cambio de la totalidad del cable dependiendo del punto donde se encuentre el corte de los torones y de las especificaciones del fabricante.

En el campo de las grúas torre una falla en el cable de elevación es uno de los motivos por los cuales se genera mayor número de accidentes e incidentes y de forma muy frecuentes. Cuando este se produce al momento del izaje de una carga, comúnmente finaliza en un accidente fatal.

Los motivos por los cuales puede producirse son:

- **Movimientos No permitidos:** como se detalla en el Capítulo II, Ítem 2.1.3. Grúa Torre, Condiciones de Operación, existe una serie de movimientos que no están permitidos de acuerdo con la Normativa Nacional Vigente y los propios fabricantes de las máquinas. Cuando uno de estos movimientos es ejecutado (por ejemplo, el levantar un peso superior a la capacidad de la grúa torre o tomar una carga fuera del plomo natural del gancho), nos exponemos a que el cable de elevación pierda sus propiedades mecánicas y termine cortándose.
- **Ausencia de mantenimiento:** el mantenimiento debe ser periódico y no debe sufrir postergaciones extensas que permitan que se agrave un desperfecto existente. La revisión del cable de elevación, su correcto enrollamiento, sus limitadores de seguridad, sus prensas y todos los elementos que componen el conjunto de elevación, son cruciales para poder detectar a tiempo este tipo de fallas mecánicas y no exponer la seguridad de las personas.
- **Mala instalación:** una deficiencia en el proceso de instalación del cable de elevación podría llevar a este a sobre exigirse y cortarse. Es de suma importancia que el proceso sea realizado apegándose a las indicaciones del fabricante y a través de personal debidamente calificado.
- **Daños por contacto:** otro motivo por el cual se puede producir un corte en el cable de elevación es por daño sufrido producto de un barrido de carga o colisión con alguna estructura. Cuando esto sucede, es tarea del operario realizar una inspección visual del cable de elevación para comprobar que permanece en perfectas condiciones. Adicional a esto debe avisar a su jefatura para que se realice una revisión por parte de personal especializado para descartar eventuales daños.

Dentro del conjunto de elevación y los elementos que lo componen existe uno que es crucial para el funcionamiento de la grúa torre, se trata del motor de elevación.

Una falla grave que se ha provocado en distintas ocasiones tiene que ver precisamente con el electro freno del motor de elevación, el cual funciona debido a un resorte que se acciona una vez que el electroimán del freno se desactiva. En pocas palabras, la grúa se mantiene frenada en todo momento y, cuando el operador realiza un movimiento, este se libera.

Finalizando el mes de noviembre del año 2020, para ser más precisos el lunes 30 de ese mes, falleció el señor Manuel Pérez Muñoz producto de un accidente provocado por una grúa torre. El suceso se produjo en el proyecto Territoria Apoquindo, a cargo de la constructora Echeverría Izquierdo, ubicado en la esquina de las calles El Bosque con Providencia, cercano a metro Tobalaba.

Se trato del deslizamiento de una carga en suspensión transportada por una grúa marca Jaso, modelo J37NS, propiedad de la empresa Heavy Duty S.A., la cual desafortunadamente cayó sobre este obrero de la construcción arrebatándole la vida horas más tarde.

Si bien los detalles del accidente se mantuvieron bajo reserva, los peritajes preliminares apuntan a una falla en la regulación del freno del motor de elevación, desperfecto que impidió que la grúa torre pudiese sostener la carga que se encontraba izando.

Una falla en el freno de este motor en particular se traduce de forma inmediata en un deslizamiento de carga (caída libre de una carga en izaje).

Debido al alto nivel de riesgo, este tipo de falla se ubica también en:



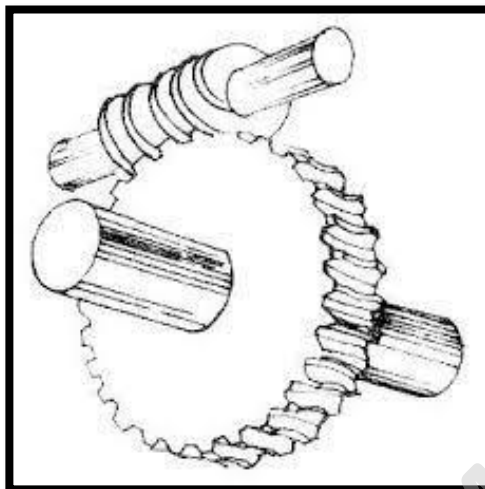
Riesgo Muy grave

Los deslizamientos de carga son episodios frecuentes en las grúas torre, pero no siempre finalizan en accidentes, por lo tanto, no son de conocimiento público. De igual forma ocurre con otros componentes importantes en la grúa torre como lo son los reductores.

El reductor de velocidad es un sistema que debe ser incorporado en cualquier tipo de máquina accionada por un motor y que requiere que la velocidad de este se adapte a la velocidad de trabajo para garantizar un buen funcionamiento.

En el caso de las grúas torre, este elemento se adapta a los distintos motores por medio de engranajes. Mecanismo de transformación de movimiento.

Imagen N°53: Engranajes – Mecanismo de Transformación



Fuente: Ingemecánica. Tornillo sin fin, recuperado de <https://bit.ly/3gYJApP>

El mal funcionamiento del reductor de velocidad de elevación puede generar eventuales fallas en el comportamiento habitual de la grúa torre. Este debe ser mantenido y revisado de forma periódica, sobre todo para advertir que no tenga pérdidas de aceite.

En junio del año 2017 se registró un accidente con consecuencia fatal en la comuna de Renca. El hecho ocurrió durante el proceso de construcción de un conjunto de viviendas sociales a cargo de la constructora Ingevec, al borde del cerro Renca, Santiago.

Se trató de la caída de un capacho con hormigón que estaba siendo transportado por una grúa torre marca Liebherr, modelo 78EC, propiedad de la empresa Grúas y Equipos Cruz del Sur. Dicho elemento cayó sobre un trabajador que transitaba en la zona de trabajo, golpeándolo en la cadera y acabando con su vida después de varios intentos fallidos por reanimarlo, de parte de paramédicos y bomberos.

El accidente se debió al corte del eje del reductor de elevación lo cual provocó el deslizamiento de la carga en forma abrupta. Los resultados de la investigación se mantuvieron en total discreción, pero se especula que fue producto a un error en el bobinado del motor, a cargo de una empresa externa especializada.

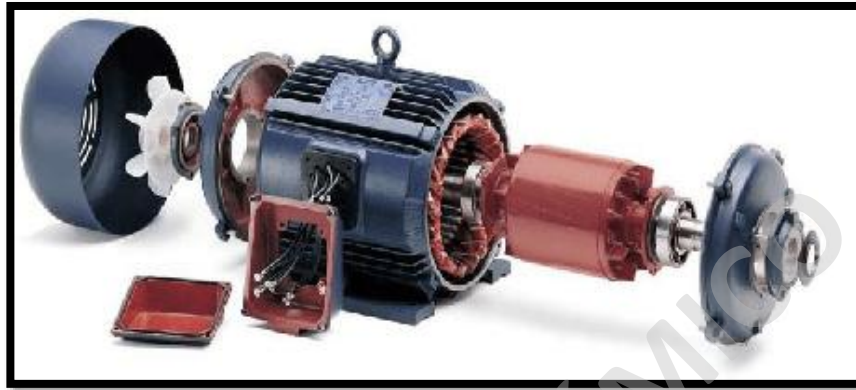
Cualquiera haya sido el caso, nuevamente se trató de un error humano que clasifica este punto como:

● Riesgo Muy grave

Existen también otro tipo de fallas que se ocasionan en el motor de elevación que no representan un riesgo para los trabajadores pero que sí afectan el avance de la obra, como lo que sería un desperfecto en el motor de elevación.

El motor de elevación es de funcionamiento eléctrico de corriente alterna denominado Asíncrono o de inducción, formado por un rotor que puede ser bobinado o tipo jaula de ardilla y por un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras trifásicas.

Imagen N°54: Motor Trifásico – Tipo Jaula de Ardilla



Fuente: Research Gate. Motor trifásico de inducción, recuperado de <https://bit.ly/3DtWDta>

En las grúas torre el motor de elevación suele ser asíncrono con rotor de jaula de ardilla, denominado también motor tipo jaula de ardilla. Se trata de un motor de inducción de corriente alterna compuesto por un cilindro que va montado en un eje y que se asemeja a una jaula de ardilla.

Este tipo de motores suele fallar producto de la rotura de las barras de la jaula de ardilla que pertenecen al rotor, por daños en los rodamientos, por transitorios o desequilibrios de tensión, por sobrecarga operativa, desequilibrio del eje, entre otros.

Cualquiera de estas fallas podría provocar la detención de la máquina para una reparación de emergencia, lo cual genera tiempos perdidos de producción y se traduce en una pérdida monetaria para quien construye.

Es por este motivo que lo clasificaremos como:

● **Riesgo Grave**

Debido a que no constituye un peligro inminente para las personas, pero si obstaculiza el proceso constructivo de la obra en la que se encuentra y debe ser reparado a la brevedad posible.

4.2.2. Motor de Orientación

El motor de orientación es aquel que permite el funcionamiento eléctrico de todos los dispositivos que componen el mecanismo de orientación. Se trata de un motor eléctrico de tipo asíncrono y alimentado por energía trifásica. Tiene la función de hacer girar la parte aérea de la grúa torre sobre su propio eje, en velocidades reguladas.

Sus principales fallas suelen no constituir un riesgo para el personal que trabaja en la obra, pero sí pueden generar detenciones importantes que requieran de una acción rápida en la reparación.

Estas son:

- **Limitador de giro:** la falla o ausencia de limitador de giro, que permitiría al operador poder girar la grúa torre, en un mismo sentido, más veces de las recomendadas, podría provocar el corte del cordón de alimentación eléctrica que recorre la torre por su parte exterior.
- **Componentes mecánicos:** pueden existir también fallas en los rodamientos del motor, grietas por fatiga, y algunas otras menos relevantes.
- **Fuga de lubricación:** por falta de lubricación podría provocarse un desgaste por fricción de los componentes de la grúa torre y por consecuencia, un mal funcionamiento de la máquina.
- **Sobrecalentamiento:** podría provocarse por falla eléctrica y puede llegar a derretir el esmalte de las bobinas del motor.

Podríamos decir en resumen que este tipo de fallas se clasificarían como:



Riesgo Grave

Por el hecho de no permitir el correcto funcionamiento de la máquina y provocar la detención de las tareas programadas con grúa torre. Adicionalmente, si tal suceso ocurre al momento del izaje de una carga, esta quedaría en suspensión hasta la atención de los profesionales de la empresa proveedora.

4.2.3. Sistema de Traslación de Carro

El sistema de traslación de carro es el elemento que menos falla en una grúa torre, pero cuando lo hace suele ser por un mantenimiento deficiente en sus polines, rodamientos y poleas, o bien, por un levante excesivo de peso, podría llegar a quemarse el motor de traslación de carro.

También existen problemas eléctricos, particularmente en los limitadores de proximidad que suele ser el elemento que mayormente se cambia durante los mantenimientos. Así como problemas eléctricos generales que puedan provocar una caída de voltaje, un corte inesperado de la energía o el término de vida de algún componente eléctrico.

El mayor problema que puede existir cuando hablamos de este tipo de falla, es la posibilidad de que el carro falle durante el traslado de una carga y esta quede suspendida, de todas formas, si el sistema de elevación continúa en funcionamiento, siempre se puede llevar al punto más cercano para poder bajarla de forma segura.

Es por este motivo que una falla en el sistema de traslación de carro solo se ubica en la categoría de:

● **Riesgo Moderado**

4.3.FALLA DE SISTEMA ELÉCTRICO

Quizás la mayor de las fallas que pueden provocarse y que no solo afecta el sistema eléctrico, es la inducción electromagnética.

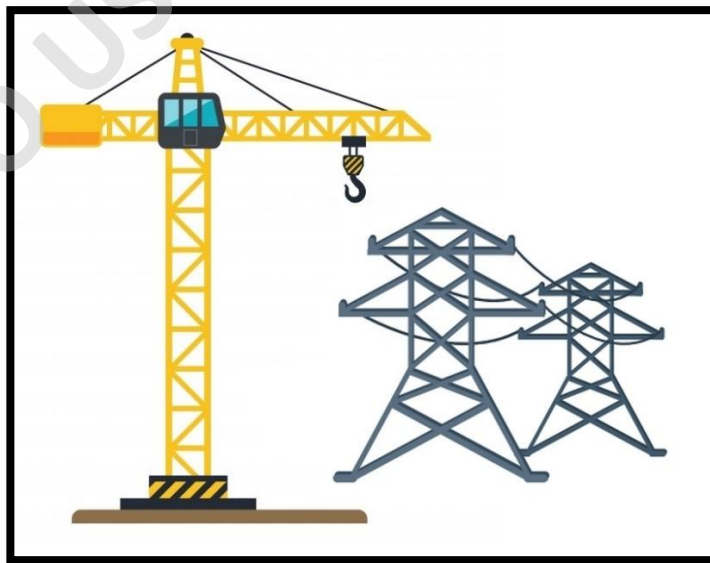
Debido al magnetismo que crean las corrientes eléctricas al atravesar un conductor, puede producirse lo que llamamos arco eléctrico, lo cual ocurre por el aire cuando se está en la zona de influencia del campo magnético, sin necesidad de que exista contacto directo.

Es debido a esto que se recomiendan distanciamientos mínimos de seguridad entre la grúa torre y el tendido eléctrico, cuando obligatoriamente se debe trabajar cerca de este.

Estas distancias van a depender de la tensión que exista en dichos cables que, según la normativa nacional de grúas torre, la cual indica:

- **Baja Tensión:** 3 metros de distancia.
- **Media Tensión:** 5 metros de distancia.
- **Alta tensión:** 7 metros de distancia.

Imagen N°55: Distanciamientos de Seguridad – Tendido Eléctrico.



Fuente: Elaboración propia.

En el mundo de las grúas torre suelen generarse este tipo de incidentes los cuales dañan tanto a la grúa torre como a la comunidad producto de que suelen cortar el suministro eléctrico de todo el sector a su alrededor. Pero resultan ser de extrema gravedad cuando la descarga eléctrica es tan fuerte que termina cortando el cable de elevación de la grúa, lo que provoca la caída de la carga generando consecuencias muchas veces fatales.

Por este motivo es que una falla de este tipo entraría en la categoría de:

Riesgo Extremadamente Grave

Otra de las fallas que suelen ser recurrentes son aquellas que afectan al sistema eléctrico de la grúa, o bien, a su alimentación.

El mayor número de fallas en una grúa torre se produce por daños en sus componentes debido a una incorrecta alimentación eléctrica. Ya sea por la utilización de cables de sección menor a la recomendada, por ausencia o error en la puesta a tierra o la derivación de los tableros. Esto es de conocimiento del mundo de la maquinaria para el transporte vertical, es por esto por lo que se han incorporado sistemas de predicción en fallas eléctricas sabiendo que de forma posterior derivaran en una de tipo mecánica.

Es por este motivo que se debe respetar en todo momento las especificaciones del fabricante en cuanto a la sección del cable según la distancia entre la grúa torre y el tablero de derivación eléctrico, se debe ejecutar una puesta a tierra correcta, contar con un disyuntor según el consumo de la máquina en cuestión, un selector que permita cortar la corriente en caso de contratiempos y una correcta alimentación ya sea por Red o bien, a través de generador eléctrico.

Se recomienda que el generador sea de uso exclusivo para la grúa torre cosa de evitar caídas de tensión que generen desperfectos en la máquina, por lo que no se pueden instalar herramientas, tampoco realizar conexiones para la instalación de faena y mucho menos compartirlo con otras máquinas.

Una falla en la alimentación eléctrica, especialmente cuando se trabaja con grupo generador, puede provocar que la grúa se detenga abruptamente con una carga en suspensión. Sin bien, existen métodos para llevar la carga al piso de forma manual, esto debe ser ejecutado por personal competente y autorizado por la empresa propietaria del equipo. Si consideramos que dentro de Santiago el tiempo promedio de reacción en caso de fallas, ofrecido por las empresas de grúas torre, es de 2 horas, estamos hablando de 120 minutos donde la carga se encontrará en el aire cosa que, muchas veces, ha ocurrido en medio de una calle o avenida con alto tránsito vehicular.

Han existido casos aún más críticos que el anteriormente expuesto, donde se ha cometido un error sumamente grave que ha traído enormes complicaciones a la empresa

constructora, como lo es, el izaje del propio generador de alimentación que se encuentra conectado a la grúa torre.

Cuando se realiza el izaje de un generador eléctrico jamás debe ser con este en funcionamiento, mucho menos si se encuentra alimentando a la propia máquina que lo desplaza. Las ocasiones que esto ha ocurrido significa que el proveedor del grupo electrógeno debe proporcionar un segundo equipo, de igual o mayor capacidad, para poder alimentar eléctricamente a la grúa nuevamente y que esta pueda finalizar con el movimiento inicialmente planificado.

Imagen N°56: Carga en Suspensión – Grúa Torre.



Fuente: Luisa Olvera. Partes de una grúa torre, recuperado de <https://luisaolvera.com/gr-a-torre/>.

Una falla en el sistema de alimentación eléctrica se clasifica en la categoría de:

● **Riesgo Grave**

Ya que no es común que se registren accidentes debidos a este tipo de fallas, pero sí representa un riesgo para la obra adicional al problema que generan, la detención de las faenas programadas y el costo que significa el solucionar este problema ya que, no solo se debe pagar el servicio del proveedor del generador eléctrico, sino que también la empresa propietaria de la grúa realizará un cobro por visita de emergencia debido a su ausencia de responsabilidad.

4.4.FALLA DE SISTEMAS DE SEGURIDAD

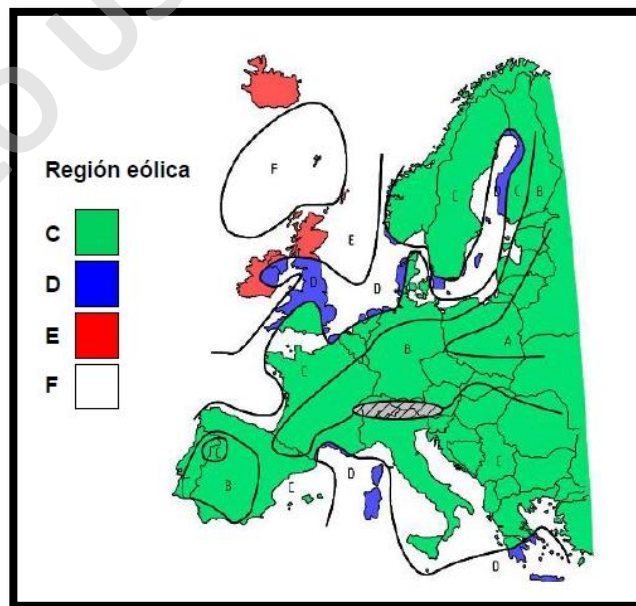
Las grúas torre son máquina fabricadas por empresas expertas que cuentan con un alto prestigio y están respaldadas por años de experiencia. En su gran mayoría el mercado principal es el de la venta, contando con sucursales o empresas representantes en todo el mundo, pero también existe un pequeño grupo de fabricantes que además de vendedores son grandes arrendadores como es el caso de Jaso Tower Cranes, quien es uno de los más grandes arrendadores de grúas torre a nivel mundial.

Producto de la alta demanda existente es que las empresas dedicadas a la fabricación de grúas torre se encuentran constantemente en la búsqueda de la innovación y la generación de elementos distintivos que permitan posicionar su marca en lo más alto posible.

Uno de los puntos fundamentales en los cuales centran sus esfuerzos tiene que ver precisamente con la seguridad que deben entregar sus máquinas. Como se vio en el Capítulo I, Ítem 1.5.8, Calibración y regulación de los limitadores de seguridad, las grúas torre cuentan con un alto número de dispositivos de seguridad que ayudan a mitigar los riesgos existentes para con las personas, así como también aseguran la durabilidad de sus componentes. Sin embargo, existen distintos tipos de grúas torre diseñadas para conseguir trabajar bajo condiciones climáticas adversas, las cuales deben cumplir con normas y especificaciones especiales según la zona donde sean instaladas.

Uno de los factores fundamentales a considerar, por ejemplo, es la influencia del viento, el cual está determinado por diferentes regiones eólicas europeas y que deben ser transmitidas a los distintos continentes de forma equivalente.

Imagen N°57: Regiones Eólicas Europeas de la NE 13001- Mapa Orientativo.



Fuente: Presentación Liebherr, recuperado de <https://bit.ly/3F8LBtX>.

Las distintas zonas eólicas determinan a su vez las características específicas con que debe contar una grúa torre para poder trabajar en un lugar determinado. Se deben considerar localidades expuestas como lo son: montañas, valles e inclusive gargantas en calles donde eventualmente se generen turbulencias. Cuya responsabilidad corre por cuenta del usuario final del equipo y debe ser informada al proveedor de forma previa para asegurar que la grúa a instalar es la correcta.

La fabricación de grúas de tonelaje tradicional suele generarse de forma constante debido al número de ventas que se realiza, sin embargo, las de alto tonelaje, pensadas para proyectos específicos, son fabricadas a pedido, como lo son, por ejemplo, las instaladas actualmente en la Construcción de Puente Chacao.

Se trata de grúas marca Jaso, modelo J360.25, cuyas principales características son:

- Capacidad de carga máxima: 24 Toneladas.
- Capacidad en punta: 5 Toneladas.
- Largo de pluma máximo: 55 metros.

Estas grúas fueron adquiridas por la empresa Hyundai, a través de Heavy Duty S.A., empresa representante de la marca Jaso en Chile y responsables, por ende, de la operación y mantenimiento de estas.

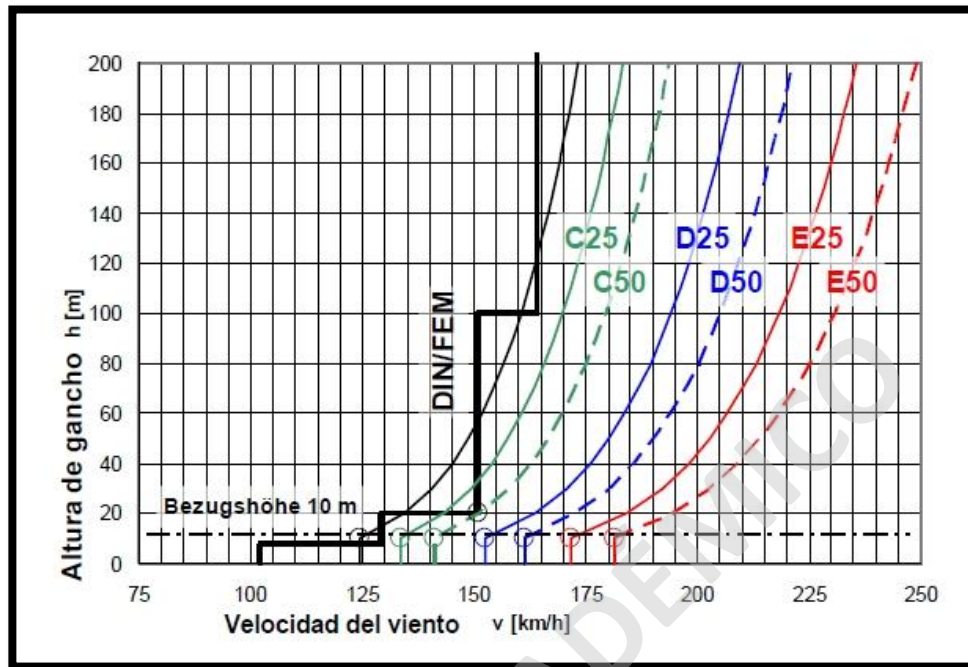
Están diseñadas para alcanzar alturas superiores a los 150 metros y soportar condiciones climáticas extremas.

Este último punto es sumamente importante para garantizar la seguridad de las personas que se encuentran trabajando en esta importante obra que conectará la Isla Grande de Chiloé con el territorio continental chileno, ubicado en la Región de los Lagos y que se convertirá el puente colgante más extenso de América Latina.

Las consideraciones específicas para la fabricación de estas máquinas tuvieron que ver principalmente con el viento, producto que existen 2 de ellas montadas sobre bases cruciformes especialmente diseñadas para este proyecto y que están instaladas sobre uno de los pilares que sustentarán la sepa central del puente, en medio del canal de Chacao, en el mar pacífico sur.

De acuerdo con las indicaciones de las normas DIN 15018 y NE 13001 las grúas deben ser fabricadas para resistir velocidades de viento directamente proporcional a la altura de montaje de la grúa torre, todo según la zona eólica en la cual se encuentren tal y como muestra la siguiente imagen:

Imagen N°58: Intervalo de Frecuencia del Viento – Din/Fem.



Fuente: Elaboración propia.

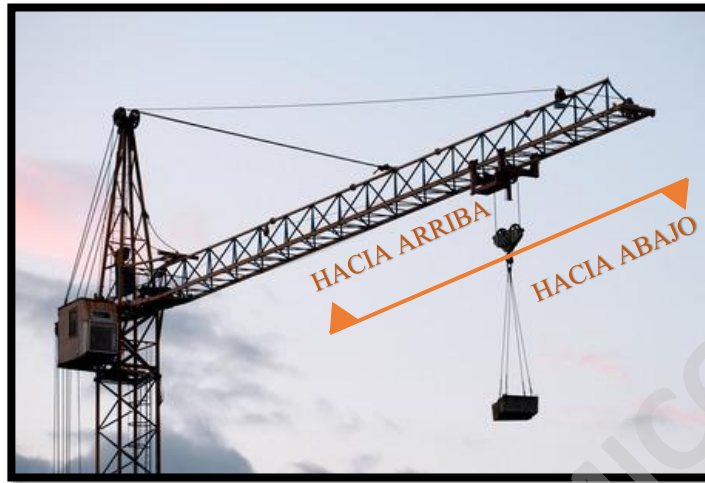
Las curvas C y E muestran las fuerzas de viento mínimas y máximas que pueden presentarse en las distintas zonas eólicas entre 25 y 50 años. Por lo tanto, el intervalo de frecuencia C25 es aquel que se determina como estándar mínimo para el cálculo de una estructura. Lo que significa que se debe investigar de forma previa la zona eólica en la que se ubica cada proyecto y determinar las velocidades máximas de viento que se presentarán durante un determinado tiempo. Esto permite considerar grúas torre que han sido fabricadas para resistir vientos superiores a los del emplazamiento en cuestión.

Debido a que un error en la elección de la grúa torre que se instalará en una zona con condiciones climáticas extremas representa la enorme posibilidad de desplome de esta, este tipo de falla entra en la categoría de:

● **Riesgo Extremadamente Grave**

Para poder diferenciar las responsabilidades existentes dentro del trabajo con grúa torre se debe entender que esta se divide en dos partes: desde el gancho hacia arriba y desde el gancho hacia abajo, entendiendo que hacia arriba el responsable siempre será el proveedor de la máquina y hacia abajo lo será el contratante del servicio.

Imagen N°59: Gancho Hacia Arriba y Hacia Abajo – Responsabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

4.4.1. Gancho Hacia Arriba

El servicio de grúa torre que entregan las empresas de maquinaria fijan como límite de responsabilidad el gancho de esta, incluyéndolo. Es debido a esto que la responsabilidad del correcto funcionamiento de la máquina y su operación recae en los operarios y el personal de montaje, mantenimiento y servicio de la empresa proveedora.

Dentro de las muchas medidas de seguridad que deben ser tomadas por el propietario de la grúa torre está, sin duda, el cumplimiento de dos puntos que resultan fundamentales y que fueron revisados en el primer capítulo de este documento, como lo son:

- **Ítem 1.5.8. Calibración y regulación de los limitadores de seguridad:** como se detalló en este apartado, los limitadores de seguridad de una grúa torre son fundamentales a la hora de operar. Una falla en uno de ellos se convierte automáticamente en un riesgo para todo el entorno que rodea a la máquina.

Por ejemplo, una falla en la calibración del limitador de momento de una grúa lo que hace es permitir que el operador pueda manipular elementos en la punta de la pluma, de peso superior al determinado por el fabricante, provocando el volcamiento de la grúa, motivo por el cual recibe ese nombre.

Lo que ubica este tipo de desperfecto, el cual se genera 100% por falla humana, en la categoría de:

● Riesgo Extremadamente Grave

De la misma forma ocurre con otro tipo de limitadores, como lo son los de recorrido de gancho y carro, los cuales, de encontrarse mal regulados, defectuosos

o, siendo más drástico, no encontrarse instalados en la máquina, convierte cada movimiento en un riesgo para el personal que se encuentra cercano a la grúa torre.

Si bien es poco probable que una grúa torre se desplome por la falla en uno de los limitadores recién nombrados, existe la posibilidad de que el operador no alcance a detener el movimiento de la grúa, esta se azote contra la pluma, la torre o el piso, y la carga que transporta se desprenda y caiga abruptamente al piso.

Lo que convierte este tipo de deficiencia en un:

Riesgo Muy Grave

- **Ítem 1.8. Mantenimiento y servicio:** por otra parte, también representa un riesgo una ausencia de mantenimiento, un mantenimiento no ejecutado en su totalidad o realizado por personal no apto para el cargo.

Cuando una grúa torre no es mantenida constantemente no existe la posibilidad de advertir problemas existentes más allá de la percepción del propio operario. El fabricante de cada equipo determina un plazo máximo entre mantenimientos de aproximadamente 200 horas de trabajo entre uno y otro o, como mínimo, una vez al mes, lo que primero ocurra. Pero en este punto en particular existe una culpa compartida cuando el mantenimiento no es realizado, debido a que las obras siempre buscan que el servicio se realice lo más rápido posible para poder continuar con las faenas. Si el equipo se encuentra en correcto estado, existe el riesgo de que la máquina presente desperfectos menores o no presente ninguno durante toda la obra, sin embargo, cuando este fue realizado de forma errónea puede provocar incidentes o accidentes graves como el ocurrido en el proyecto mencionado en el Ítem 4.2.1 de este mismo capítulo, debido a que se le atribuyó la responsabilidad del accidente al equipo que realizó el mantenimiento de la grúa torre días antes del accidente con consecuencia fatal en el proyecto Territoria Apoquindo.

Lo que ubica a este tipo de fallas en:

Riesgo Extremadamente Grave

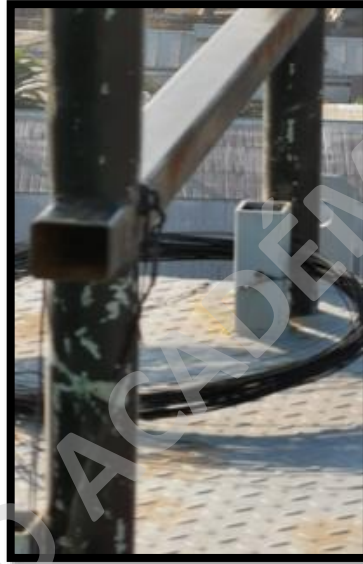
También forma parte de la responsabilidad del propietario de la máquina el cumplimiento tanto normativo como de seguridad de los elementos siguientes:

- **Barandas de seguridad:** para entregar seguridad al personal que normalmente transita por la grúa torre (operador, montajistas, etc.), esta cuenta con una serie de barandas en los distintos puntos de tránsito y ubicadas a medidas definidas normativamente, donde como mínimo deben existir 3 perfiles horizontales y contar con rodapié para evitar la caída de elementos.

Dichas barandas deben ser instaladas con los elementos que define el propietario de cada grúa torre siendo lo normalmente pernos, los cuales deben encontrarse en correcto estado.

Sin embargo, existe en el mercado una mala práctica que lleva a los montajistas a instalar elementos provisorios (por ausencia de los correctos), los cuales no siempre son reemplazados y se mantienen durante el transcurso de la obra. Siendo lo más común, el alambre.

Imagen N°60: Baranda Fijada con Alambre – Condición Insegura.



Fuente: Elaboración propia.

Si tomamos en cuenta que el personal que transita a través de la grúa torre debe permanecer enganchado en todo momento mediante su arnés de seguridad, un elemento en mal estado como el de la imagen anterior podría no resistir el peso de una persona en caso de caída.

Es por este motivo que lo ubicamos en la categoría de:

● **Riesgo Muy grave**

- **Escaleras y pasarelas de acceso:** ocurre algo similar con las escaleras y pasarelas de acceso para el tránsito del personal, estas deben encontrarse siempre en correcto estado y libres de grasa o elementos que posibiliten una caída. También deben ser instaladas con los elementos definidos por el fabricante y chequeados por el operador de forma constante.

Un problema en alguno de estos elementos también se ubica en la categoría de:

● **Riesgo Muy grave**

- **Letreros indicativos:** la norma chilena exige que cada grúa torre cuente con una serie de letreros indicativos en distintos puntos de ella, para el conocimiento tanto del operador como del personal usuario de la misma.

Debe existir un letrero en la base de la grúa torre el cual contenga la tabla de cargas de la máquina para que todo quien la use tenga conocimiento de su configuración, alcance y capacidad.

También debe existir una tabla de cargas en el interior de la cabina para conocimiento del operador.

Y, por último, y no menos importante, deben existir letreros indicativos de carga a lo largo de la pluma para que, tanto el operador como el usuario, conozcan la capacidad de la máquina.

Esta información debe estar siempre incorporada en cada grúa torre y aunque no representa un riesgo alto, es una condición expresa de la norma, por lo que se ubicaría en:



Riesgo Moderado

- **Balizas:** otro requisito de la norma es que cada grúa torre debe contar con balizas en los puntos más altos de grúa torre, las cuales deben encenderse durante la noche para ser advertidas por vehículos aéreos. Sin embargo, el mayor riesgo no es ese, sino más bien los soportes que son utilizados para sujetarlas en cada punto los cuales suelen no corresponder con las indicaciones de fábrica y se corre el riesgo de que alguna de ellas caiga desde lo más alto.

Lo cual también entraría en la categoría de:



Riesgo Moderado

- **Anemómetro:** las grúas deben contar con un anemómetro el cual pueda advertir al operador en caso de ráfagas de viento superiores a 64 Km/h, sin embargo, no la ubicamos en riesgo extremadamente grave ya que, independiente de lo que indique el artefacto, el operador tiene la facultad de detener cualquier maniobra o inclusive la propia grúa, si considera que no puede operar bajo ciertas condiciones climáticas.

De esta forma es que lo ubicamos en:



Riesgo Moderado

Por todo lo anteriormente señalado es que se requiere supervisión, procedimientos y protocolos de trabajo seguro antes y durante la operación de la grúa torre para conseguir

mitigar el número de fallas y profesionalizar aún más a cada uno de los proveedores del servicio.

4.1.2. Gancho Hacia Abajo

Por otra parte, cuando se habla del gancho hacia abajo, automáticamente la responsabilidad pasa a ser del usuario de la máquina.

Uno de los requisitos fundamentales para la operación de una grúa torre es que la empresa contratante de la máquina debe incorporar uno o más señaleros a su obra, dependiendo de la envergadura y complejidad de esta, y también de la cantidad de máquinas instaladas.

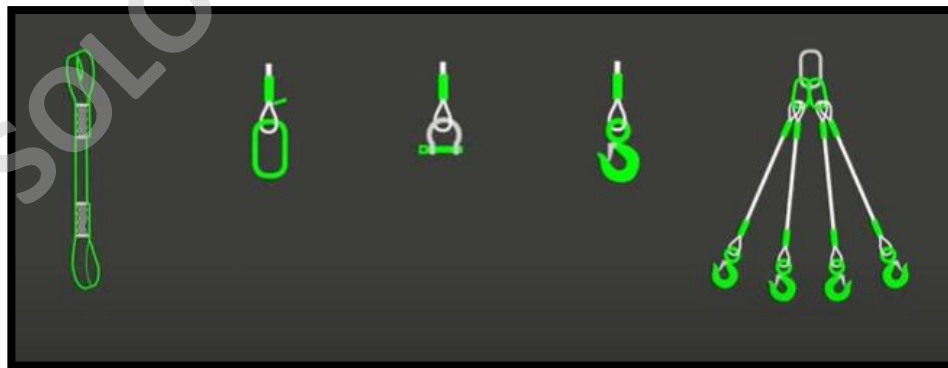
Dicho personal debe tratarse de profesionales calificados e instruidos en el izaje de cargas suspendidas y deben contar con conocimiento de la maquinaria que se utilizara ya que, por tratarse de una actividad de alto riesgo, todas las tareas vinculadas a esta labor deben ser rigurosamente planificadas.

Las empresas dedicadas a la construcción, infraestructura y minería principalmente deben contar además con procedimientos de trabajo seguro y protocolos muy bien definidos que permitan en todo momento extremar las condiciones de seguridad.

Pero lamentablemente y pese a todo lo anteriormente expuesto, los accidentes siguen siendo recurrentes por fallas netamente humanas que revisaremos a continuación:

- **Estiba de Cargas:** Entiéndase por estiba de carga a la colocación, fijación y distribución de dicha carga en algún vehículo o punto previamente acordado. Esta labor está a cargo en un 100% del señalero de la obra quien debe conocer cada uno de los posibles elementos a utilizar para determinada carga, como lo son, por ejemplo, cadenas, eslingas, cables y ganchos entre otros.

Imagen N°61: Elementos de Izaje – Estiba de carga.



Fuente: Elaboración propia.

Adicional a esto, debe conocer los protocolos de seguridad estándar definidos para la actividad particular que desempeña, así como los específicos determinados por

los profesionales competentes de la obra en cuestión, partiendo por el más básico y subestimado que es: “no permanecer nunca bajo una carga en suspensión”.

Cuando un elemento no es estibado correctamente, cuando los elementos utilizados no son los adecuados o bien, se encuentran en mal estado, supone un riesgo inminente para todo el personal que se encuentra trabajando en la faena. Si a esto le sumamos que normalmente las personas suelen hacer caso omiso a las advertencias de seguridad y generalmente se encuentra bajo la carga suspendida, el riesgo de fatalidad aumenta aún más.

Debido a que una falla de este tipo representa un riesgo inminente de caída, por deficiencia humana, entra en la categoría de:

● Riesgo Extremadamente Grave

- **Código de señales:** el código de señales es universal y es lo que permite la comunicación directa entre operador y señalero. En la actualidad, para mejorar aún más esta coordinación también se acompaña de radio transmisores los cuales deben estar programados con una frecuencia exclusiva entre operador y señalero.

Este es un punto de suma importancia ya que en la mayoría de las obras del gran Santiago nos encontramos con dificultades importantes al momento de su construcción y una de ellas es la pérdida de visual del operario a medida que el edificio crece en altura. Es por ello por lo que el señalero debe mantenerse concentrado durante cada maniobra y no obviar ninguna de las medidas de seguridad recomendadas para tal actividad.

Durante el mes de noviembre del presente año se registró la muerte de una persona por condición de aplastamiento en la comuna de Macul. Se trataba de un joven de tan solo 26 años, señalero de la empresa Cavi, compañía especializada en grúas de tipo hidráulicas. El accidente ocurrió durante el desmontaje de una grúa torre donde, al momento del carguío de los elementos a uno de los camiones, una maniobra mal ejecutada terminó con un tramo de torre de aproximadamente 3 toneladas sobre esta persona, arrebatándole su vida a solo horas del accidente.

Si bien cada uno de estos sucesos son confidenciales, se sabe que durante el proceso de peritaje se revisaron las cámaras de seguridad de la obra lo que arrojó que la mala maniobra realizada y que provocó el accidente, fue ocasionada por el propio señalero afectado.

Imagen N°62: Caída Tramo Grúa Torre – Accidente fatal.



Fuente: elaboración propia.

Esto nos lleva a preguntar ¿Realmente se extremaron las medidas de seguridad?

En la faena existían 4 empresas distintas: la constructora, la empresa de grúas hidráulicas, la empresa de grúas torre y adicionalmente esta última contaba con un subcontrato para el desmontaje. Pero ninguna de las 4 empresas tuvo presente a un prevencionista de riesgos que pudiese supervisar los trabajos y tal vez haber evitado este accidente fatal.

Es por este motivo que ubicamos esta falla humana en:

● **Riesgo Extremadamente Grave**

Como constructores no solo somos responsables de la obra y todo lo que eso conlleva, sino también de todas las personas que trabajan con nosotros y sus familias que esperan en casa. Es importante entender la criticidad de las faenas y del tema que se trata el presente estudio.

Es por este motivo que uno de los objetivos del presente documento es generar un Proceso de Auditoría que permita a las empresas constructoras, a través de profesionales expertos, primero entender que las grúas torre son un elemento tan delicado como indispensable, segundo concienciar al mundo de la construcción para aumentar aún más las medidas de seguridad en post de las personas que nos rodean, y tercero comenzar a tomar acciones concretas que nos permitan mejorar tanto en lo profesional como en lo personal.

CAPITULO V PROCESO DE AUDITORÍA INICIAL

Una auditoria habla de un proceso en el cual se valida y/o verifica el fiel cumplimiento de las actividades planificadas por la empresa, independiente del rubro en el cual se desempeñe, con el fin de que este garantice el cumplimiento, confiabilidad y suficiencia del control interno.

Estás suelen realizarse por entes externos o de carácter imparcial, quienes efectúan el levantamiento de la información relacionada a los distintos procesos que componen la actividad, detectan las desviaciones ocurridas en el transcurso de este y otorgan alternativas de mejora y mitigación.

Por este motivo es que, una vez demostrada la deficiencia existente en cuanto a la fiscalización y el control en el campo de las grúas torre en Chile, el presente capítulo tiene por objeto el conseguir estandarizar ciertos procesos críticos en materia de seguridad y ofrecer una nueva herramienta capaz de minimizar los riesgos asociados al trabajo con grúa torre.

Si bien, la solución a un gran número de los problemas señalados con antelación sería el aunar criterios entre los distintos organismos participantes del mundo de la construcción y realizar una actualización a la Norma Chilena de Grúas Torre adoptando las buenas prácticas que llevan a cabo país desarrollados, pero esto resulta sumamente complejo por el tiempo y el costo que supone tal trabajo.

Sin embargo, una alternativa desde el punto de vista privado es poder entregar dicho servicio directamente a las constructoras que se han visto afectadas por el desperfecto de una Grúa Torre, o bien, que no han sufrido accidentes, pero buscar continuar por esa línea, aumentando sus estándares de seguridad por medio de asesorías altamente personalizadas.

En base a ello, se propone el siguiente proceso de auditoría el cual consta de 3 ítems fundamentales que revisaremos a continuación:

5.1. REVISIÓN DOCUMENTAL

Este es quizá el punto más complejo de conseguir debido a que no todas las empresas de maquinaria cuentan con protocolos de trabajo bien definidos, pero resulta de suma importancia para dar a conocer procedimientos de trabajo seguro, respaldar los diseños ejecutados y validados por profesionales calificados y asegurar el cumplimiento en terreno de lo que se plasma en papel.

Los documentos que siempre deben existir, como requisito mínimo, se detallan a continuación:

- **Plano de Emplazamiento:** el plano de emplazamiento es un elemento fundamental que permite definir correctamente la posición de una máquina, determinar radios de acción, zonas de carga y descarga, advertir posibles interferencias y asegurar que la máquina es apta para el trabajo que se requiere.
- **Plano de Elevación:** sobre todo en la actualidad, contar con el plano de elevación es un privilegio que tenemos los constructores. De esta forma podemos determinar la altura que tendrá la máquina y sus futuros arriostamientos y telescopajes. También permite definir requerimientos especiales como, por ejemplo, el uso de grúas basculantes o con autonomías especiales producto de algún edificio construido.
- **Plano de Fundación:** en él se deben incorporar las acciones que tendrá la grúa torre, la armadura que requerirá, la cota de sello, el volumen de hormigón, la ubicación respecto a las fundaciones del edificio y, de ser necesario, también se debe indicar si se considerará solidaria a estas. Esta fundación debe estar validada por un profesional competente.
- **Memoria de Cálculo:** toda fundación debe venir acompañada de su respectiva memoria ejecutada por un profesional competente.
- **Validación del Empotramiento:** se debe solicitar un documento que certifique la procedencia del elemento o, en caso de ser de fabricación nacional, este debe contar con su respectiva memoria de cálculo y pruebas de ensayo del acero.
- **Manual del Fabricante:** El propietario de la grúa torre tiene la obligación de presentar a la obra el Manual del Fabricante o Manual de Montaje, en idioma español. La secuencia de montaje, la masa (peso) de los contrapesos y lastres, las cargas máximas a levantar, y los detalles operativos, deben corresponder a lo señalado en dicho manual.
- **Procedimiento de Montaje/Desmontaje:** este documento siempre debe existir y no solo ser revisado por prevención de riesgo de la obra, si no que asegurarse de su fiel cumplimiento. Siempre se debe realizar un procedimiento específico para el trabajo que se ejecutará, que incluya las condiciones actuales del terreno al día del trabajo. Este como mínimo debe contener lo siguiente:
 - Marca, tipo y modelo de grúa torre.
 - Altura inicial y final expresada en metros.
 - Longitud de pluma y contrapluma expresada en metros.

- Cantidad de elementos, posición, dimensiones, y masa del contrapeso aéreo necesario.
 - Característica de los lastres inicial y final.
 - Número de ramales del cable de elevación.
 - Tensión de alimentación y sección de los conductores.
 - Programa de arriostramiento. Si procede.
- **Conexión Eléctrica:** es obligación del propietario de la máquina entregar instrucciones escritas para una correcta instalación eléctrica, en ella se debe detallar, como mínimo:
 - Consumo eléctrico de la grúa con conexión a Empalme y a Grupo Generador.
 - Detalles de puesta a tierra.
 - Diseño de tablero de derivación.
 - Requerimiento de disyunto y selector.
 - Sección del cable de alimentación.
 - Diagrama de conexión.
 - Elementos adicionales.
 - **Calendario de Mantenimiento:** el propietario de la máquina, de común acuerdo con la obra, debe entregar un calendario indicando las fechas correspondientes a los mantenimientos preventivos de la grúa. Es de suma importancia cumplirlas para no exponernos a fallas del equipo.
 - **Certificado Estructural:** la grúa torre debe contar con un certificado emitido por el fabricante de la máquina, o en su defecto por el representante de la marca en el país, quien certificará con un máximo de 2 años, que la máquina se encuentra en perfectas condiciones estructurales.
 - **Certificado de Seguridad:** al igual que el certificado anterior, este debe ser emitido por el fabricante de la máquina, o en su defecto por el representante de la

marca en el país, quien certificará con un máximo de 6 meses, que los sistemas de seguridad se encuentran en perfectas condiciones.

- **Certificación de Competencias del Operador:** se deben presentar de forma previa al inicio de los trabajos, los documentos que acrediten a la persona que operará la grúa, como competente y apto para su función.
- **Certificación de Competencias del Señalero:** se deben presentar de forma previa al inicio de los trabajos, los documentos que acrediten a la persona que cuenta con su certificación al día, es competente y apto para su función.
- **Certificado de Anemómetro:** este elemento debe encontrarse en perfectas condiciones y poder advertir ráfagas de viento superiores a las permitidas para la operación de la máquina.
- **Certificado de Cables de Acero:** debe existir una comprobación de que los cables instalados en la grúa cumplen con las solicitudes del fabricante y no presentan riesgo de corte o deformación.
- **Certificado de Dinamómetro:** cuando las uniones de los elementos de la grúa torre se realizan mediante pernos, debe existir un documento que certifique que el dinamómetro utilizado se encuentra en perfectas condiciones.
- **ITET (Informe técnico de grúas torre):** Antes de cada nuevo trabajo se debe generar este informe el cual está a cargo de un profesional competente, que en este caso pasa a ser un representante SEREMI.
- **Instrucciones Escritas para la Puesta en Servicio:** Debe existir un acta de entrega por parte del propietario de la grúa que indique que todos los mecanismos de seguridad de la máquina se encuentran en perfectas condiciones.
- **Reporte Diario:** Debe existir en obra un documento que le permita al operario de la Grúa generar diariamente un reporte donde se detallen las observaciones en caso de existir. Esto debe ser revisado por el personal de mantenimiento y/o servicio cuando se deba atender una emergencia. También servirá para conocer el número de horas que trabajo la máquina y el operador, la primera para poder determinar el tipo de mantenimiento a realizar, el segundo para calcular sus horas extra de trabajo las cuales deben permanecer dentro de los márgenes legales permitidos por el Código del Trabajo. En este debe registrarse al menos lo siguiente:

A) De la grúa Torre

- Afianzamiento y alineación de lastres basales y contrapesos.

- Posible pérdida de aceite en cajas reductoras.
- Comprobar el funcionamiento de los mandos de la grúa mediante operación en vacío.
- Revisar limitadores de recorrido y gancho.
- Estado de los cables de acero.
- Cierre de seguridad del gancho.

B) Accesorios de la grúa Torre

- Componentes del gancho, capachos y/o cunas.
 - Revisar bridas para izamiento de cargas.
 - Inspeccionar estructura metálica por posibles dobladuras o deformaciones.
- **Instrucciones Escritas Prevención de Riesgo:** el propietario de la grúa torre debe hacer entrega de instrucciones escritas que permitan conocer los riesgos asociados al trabajo con grúa torre y poder hacer frente a:
 - Evitar la caída de objetos, sean estos transportados por la grúa o accidentalmente golpeados por la carga en el curso del desplazamiento;
 - hacer frente a fenómenos atmosféricos, tales como, viento, neblina, escarcha, hielo y nieve;
 - asegurar la protección del personal que trabaje en labores de inspección, engrase, limpieza, mantenimiento y reparación de la grúa torre.
 - **Instrucciones Escritas para Maniobras No Permitidas:** Existe una serie de maniobras que se encuentran prohibidas por el fabricante de la máquina, las cuales se detallan a continuación.
 - Está estrictamente prohibido introducir modificaciones a la grúa torre que alteren las especificaciones y/o el diseño original de fábrica
 - Izamiento de personas o que el personal de obra suba sobre la carga o se suspenda del gancho (o brida) durante las maniobras;
 - Levantar cargas adheridas al suelo o al edificio.

- Tirar cargas lateralmente girando o recogiendo el gancho.
 - Tratar de descargar o cargar más allá del plomo natural del gancho de la grúa torre.
 - Bascular la carga para depositarlas en puntos donde normalmente no llega el gancho en sus plomos naturales.
 - Apoyar el gancho, para evitar pérdida de tensión del cable.
 - Evolucionar con carga sobre lugares no autorizados (calles y propiedades vecinas).
 - Frenar con contramarchas.
 - Remolcar un vehículo con el gancho de elevación.
 - Intervenir voluntariamente algún sistema de seguridad de la grúa torre, con el objeto de subir más carga o aumentar la velocidad de levante.
- **Procedimiento de trabajo con Grúas Múltiples:** cuando se trabaje con más de una grúa torre dentro de la misma área de interferencia, sean estas de la misma obra o de otra adyacente, se debe generar un procedimiento de trabajo en conjunto cosa de evitar posibles incidentes por interferencia. Esto quedará a cargo de prevención de riesgo de la obra y participarán todas las partes involucradas (Operadores, Señaleros, Profesionales de Obra, entre otros).
 - **Procedimiento por proximidad a Tendido Eléctrico:** Se debe realizar procedimiento o instructivo de trabajo por parte de la obra, para evitar arco eléctrico debido a la proximidad del tendido en caso de existir. Los distanciamientos mínimos son:
 - 3 (m) para tendido de baja tensión.
 - 5 (m) para tendido de media tensión.
 - 7 (m) para tendido de alta tensión.
 - **Instrucciones de Trabajo para Señaleros:** se deben entregar las instrucciones de trabajo que señalen las medidas a adoptar por el señalero, para evitar riesgos durante las maniobras en el aire y una eventual caída de carga por error de estiba.

- **Certificado de Inspección Previa:** suele denominarse overhaul, se trata de un documento que acredite que la máquina fue revisada en su totalidad previo al montaje.
- **Certificado de Tasas:** es importante conocer la tasa de accidentes que maneja la empresa con la que trabajaremos, esto nos mostrará cuál ha sido su comportamiento a lo largo del tiempo en materia de seguridad.

5.2. VALIDACIÓN DE COMPETENCIAS

La validación de las competencias del personal que realizara las distintas labores entorno a la actividad con grúa torre es fundamental para conseguir un buen resultado.

Se trata de un proceso de confirmación por parte de un organismo competente que certifique que la persona en cuestión cuenta con los conocimientos y habilidades necesarias para la realización de su especialidad. Para esto se tienen en cuenta criterios predefinidos y que son compatibles con los requisitos de la norma de validación que es, por lo general, lo que conduce a la certificación, el cual consta de cuatro fases distintas:

- Identificación a través del diálogo de las experiencias particulares de un individuo;
- Documentación para hacer las experiencias del individuo visibles;
- Evaluación formal de estas experiencias;
- Certificación de los resultados de la evaluación que puede dar lugar a una calificación parcial o total.

El general de las personas no es consciente de la posibilidad cierta de poder validar sus competencias obtenidas, inclusive, en el aprendizaje no formal o informal. Esto suele ocurrir por distintos motivos como, por ejemplo: la falta de confianza en sí mismos; la validación es un proceso muy novedoso; la falta de promoción a nivel nacional para mejorar el conocimiento de las prácticas de validación entre el público en general; los procesos de validación están abiertos sólo a un grupo objetivo; hay una falta de cultura del aprendizaje permanente y el concepto de validación no es entendido por el público en general, entre otras muchas razones.

Pero ciertamente es un proceso fundamental sobre todo cuando se tratan temas críticos como el de este estudio donde los pequeños errores suelen costar caro y las segundas oportunidades no siempre son una realidad.

Es por este motivo que como constructores contamos con el derecho de exigir que las labores realizadas dentro de nuestra obra sean efectuadas por personal altamente calificado, principalmente los profesionales que se describen a continuación:

- **Gerente de Operaciones:** si la punta de lanza del equipo de trabajo no es una persona calificada, difícilmente el resto de su equipo contará con los procedimientos de acción claros frente al trabajo y a eventuales contratiempos. No solo debe tratarse de un profesional universitario, sino que debe ser de comprobada capacidad y con conocimiento en el rubro en el cual se desempeña. Esto no solo ayudará a tomar decisiones rápidas y acertadas, sino que también aumentará la confianza de su equipo de trabajo sabiendo que existe un respaldo importante tras de ellos.
- **Supervisor de Equipos de Montaje:** el supervisor es sumamente importante a la hora de la planificación de las distintas tareas. Debe tratarse de una persona con la experiencia suficiente para detectar posibles riesgos o desviaciones en los procesos normales de trabajo, sobre todo durante el montaje y desmontaje. A su vez debe tener la facultad de tomar decisiones cuando las cosas se salgan de control, que permitan enrielarlas nuevamente y sin necesidad de esperar ordenes de sus superiores.
- **Equipo de Montaje:** se define normalmente de esta forma al equipo a cargo de los trabajos de montaje, desmontaje y telescopaje. En ocasiones también cuentan con el conocimiento para realizar mantenimientos a las mismas máquinas. Está compuesto normalmente por 3 personas, Jefe de grupo, Electromecánico y ayudante de montaje:
 - **Jefe de Grupo:** El jefe de grupo no suele ser un profesional universitario, en muchas ocasiones son personas formadas por el propio oficio por lo que es importante entregarles de forma correcta las directrices del trabajo que desempeñarán, independiente de los muchos años de experiencia que carguen en su espalda.
Esta persona estará a cargo de la ejecución de cada uno de los movimientos durante el proceso de trabajo y determinará la secuencia a seguir para la correcta ejecución es estos.
 - **Electromecánico:** esta persona debe contar al menos con un título técnico que certifique sus competencias ya que es el encargado de hacer funcionar eléctricamente todos los componentes de la grúa torre. Por este motivo es de suma importancia contar con su certificación y validación de competencias.
 - **Ayudante de Montaje:** si bien, el ayudante no suele contar con un amplio conocimiento en grúas torre, debe al menos estar al tanto de los detalles mínimos de la máquina en la cual trabajará, las condiciones mínimas de seguridad, los protocolos de trabajo seguro, e idealmente, contar con experiencia comprobada.

- **Personal de Mantenimiento:** el personal que realiza las labores de mantenimiento suele ser distinto al equipo de montaje. Comúnmente se compone de 2 personas las cuales tienen la difícil tarea de revisar el equipo, en poco tiempo, pero de la manera más profesional posible.
Es importante contar con la validación de sus competencias, no solo en años de trabajo en el rubro, sino también en el conocimiento de la grúa torre que estará chequeando constantemente.
- **Personal de Servicio:** se denomina de esta forma a las personas encargadas de preparar las grúas en la planta del proveedor de forma previa a su salida. Pueden o no ser las mismas que realizan el mantenimiento preventivo, pero deben ser de comprobada capacidad ya que un error en el inicio del proceso dificulta el actuar de los distintos actores que le sucederán,
- **Personal de Emergencias:** podrían ser las mismas personas que se encargan del mantenimiento y, en eventualidades también de servicio, pero a ellos les toca tal vez la tarea más compleja de todas que es, detectar las fallas de los equipos en obra y solucionarlas de forma eficiente. Sin duda, es importante contar con la validación de las competencias de estas personas para asegurarnos que nuestra obra se encontrará en buenas manos.
- **Prevención de Riesgos:** poder contar con una operación segura de inicio a fin tiene que ver mucho con el personal de Prevención de Riesgos de la empresa de maquinaria. Por lo general suelen ser personas que desconocen el rubro de las grúas torre, lo que dificulta el entendimiento entre las distintas partes y también la organización de las faenas críticas del trabajo.
- **Operadores:** el operador debe ser una persona de experiencia comprobada, contar con sus exámenes pre-ocupacionales y su curso de operador al día. De acuerdo con la norma, esta es la única certificación que se solicita normalmente, de personal proveniente del propietario del equipo.
- **Señalero:** si bien este último depende directamente de usuario final del equipo, es de suma importancia contar con él para la correcta ejecución de los trabajos diarios. Según la norma chilena, debe tratarse de personal calificado e instruido en materia de grúas torre, construcción y prevención de riesgos.

5.3. INSPECCIÓN TÉCNICA INICIAL

La realización de una inspección técnica dice mucho de lo que busca la empresa usuaria de la máquina. Se trata de la constatación ocular o la comprobación de un determinado proceso, servicio o instalación, que tiene como objeto evaluar la conformidad de acuerdo con ciertos requisitos en un momento determinado.

Cuando se trata de las grúas torre, existen distintas instancias en las cuales se puede y debe realizar una inspección para asegurar el correcto funcionamiento de la máquina y disminuir los riesgos asociados al trabajo cotidiano pero, la inspección inicial es aquella que se realiza una vez que la grúa ha sido montada pero antes de la entrega formal al contratante del servicio.

La función de esta es comprobar que las distintas tareas realizadas se ejecutaron de buena forma y que el equipo se encuentra en correctas condiciones para ser operado, no presentando riesgos de ningún tipo.

La inspección es del tipo visual, donde no se intervienen ninguno de los mecanismos del equipo y se recomienda su realización en compañía de un ministro de fe designado por el propietario de la grúa en cuestión. Para tal efecto, se tomará en consideración la norma chilena e internacional, así como el manual del fabricante del equipo, donde los principales puntos a revisar son los siguientes:

- Durante la revisión de la grúa torre se deben chequear todos los componentes estructurales de esta, comprobando primeramente que cada uno de ellos sea original y corresponda según las indicaciones del fabricante.
- Se iniciará con el chequeo de los niveles de la base por medio de un nivel topográfico, señalando la tolerancia máxima permitida por el fabricante para poder operar. En caso de tratarse de una grúa sobre chasis, se debe comprobar que la cantidad de lastres instalados corresponde con su configuración y que estos se encuentren bien sujetos por medio de cables acerados que impidan su desplazamiento en caso de movimientos telúricos.
- Se revisará cada uno de los tramos de torre para comprobar que no existan abolladuras, grietas en las soldaduras u otros daños provocados por el traslado. Si las uniones son mediante Bulones, se revisará la correcta instalación de estos y la abertura adecuada de los pasadores de aleta.
- Se revisará que ninguno de los miembros de la estructura de la grúa se encuentre deforme, agrietado, o corroído. Así también los pernos y remaches sueltos, poleas y tambores agrietados, piezas gastadas, el torque de los pernos,
- Se comprobará el correcto engrase de la corona de giro, la configuración e instalación de los contrapesos aéreos, la instalación de cables de elevación, terminales, abrazaderas, barandas de seguridad, escaleras de acceso, pasarelas, configuración de pluma, sujeciones de pluma y contrapluma, punta de torre si aplica, cabina de mando, y todos aquellos elementos que recomiende el fabricante de la máquina.

- Se revisarán todos los mecanismos de control, mecanismos de funcionamiento, dispositivos de limitación de carga y movimiento, mangueras hidráulicas y neumáticas, aparatos eléctricos, ganchos y cerrojos.
- También se le solicitará al operador que realice pruebas de elevación, de giro y de traslación de carro para comprobar su correcto funcionamiento y que no existan ruidos anormales en la operación.
- La inspección debe incluir también un chequeo de la alimentación eléctrica, la cual será medida en el tablero general de la grúa para asegurar su correcto funcionamiento, así como el de todos sus mecanismos. Por su parte, también se hará lo propio con el tablero de derivación instalado por la obra para comprobar que cuenta con el disyuntor y selector correctos, que se encuentra bien ejecutada la puesta a tierra, que la sección del cable es la correcta y la alimentación cumple con lo requerido por la máquina.
- Se realizarán pruebas a sus limitadores para comprobar su correcto funcionamiento, sobre todo en los limitadores de carga, para lo cual se prepararán pesos específicos y se realizarán pruebas para comprobar que estén correctamente regulados.
- Se chequeará que la grúa cuente con todos los elementos de seguridad requeridos tales como: líneas de vida vertical y horizontal, letreros de pluma, cabina y base, balizas, cabina y controles, gancho pintado de color reflectante, entre otros. Siguiendo siempre las indicaciones del fabricante y apegándose a la normativa de grúas torre para poder dormir tranquilos sabiendo que se hizo un buen trabajo.

Para cada nueva obra busquemos en todo momento la perfección y contar con la grúa perfecta también es un plus adicional que nos permitirá ejecutar de mejor forma nuestras tareas diarias. Dependiendo del proyecto es vital seleccionar la grúa torre adecuada al tipo de carga que se debe trasladar y distribuir. La carga nominal, el alcance, la velocidad y el precio son los principales elementos que nos llevan a optar por un proveedor en desmedro de otros.

Lo importante de todo esto es entender que la grúa perfecta no es la más rápida, tampoco lo es la que mayor capacidad puede izar y mucho menos la que nos resulta menos costosa, la grúa torre perfecta es aquella que nos entrega el menor índice de fallas y nos permite terminar nuestra obra de la mejor forma posible y sin lamentar accidentes durante el proceso.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de este estudio era analizar la fiscalización y en control en el campo de las grúas torre en Chile y comprobar que el índice de accidentes es provocado en su mayoría por fallas humanas.

Durante el proceso pudimos mostrar la importancia que tiene este tipo de máquinas en la construcción actual y lo crítico que puede resultar omitir procesos operativos o realizarlos de manera deficiente, por lo que es importante no olvidar que la prioridad siempre debe de ser las personas, el equipo humano que nos acompaña y las familias que esperan que ellos y ellas lleguen a casa día tras día. Para conseguir esto estamos obligados a extremar las medidas de seguridad durante la operación y en cada una de las faenas puntuales, cumplir al pie de la letra los protocolos de seguridad y poner siempre la vida de las personas por sobre la tarea diaria.

Que es sumamente necesaria la actualización de la Norma Chilena de Grúas torre para poder acercarnos a los estándares mínimos que ofrecen países desarrollados como Estados Unidos, Alemania o Francia entre otros. Pero aún que esto no sea posible aún, tan solo cumpliendo con los requisitos básicos del documento actual ya podemos garantizar una importante mejora en los procesos de trabajo con este tipo de máquina.

Pudimos demostrar también que los organismos públicos destinados a realizar mejoras continuas en las normas y procesos que envuelven el mundo de las grúas torre, por más accidentes que hemos tenido, no han tomado acciones para mejorar la condición actual. Es por esto por lo que se ofrece como una alternativa válida la de contratar expertos en el campo que brinden servicios de forma privada y nos apoyen con su experiencia y conocimiento durante el transcurso de toda la obra.

Y que la manera correcta de disminuir los desperfectos más importantes relacionadas al mundo de las grúas torre tiene directa incidencia con el capacitar de forma constante a las personas que trabajan en este campo, instruirlos, brindarles el apoyo y las herramientas necesarias para su crecimiento y dejar de lado las malas prácticas por medio de auditorías y fiscalizaciones por parte de entes externos, expertos e imparciales.

De esta forma ampliaremos el conocimiento técnico de constructor, entregaremos seguridad y tranquilidad no solo al personal de obra, sino también a la comunidad, reduciremos el impacto económico que significa un accidente en una obra de construcción y los tiempos perdidos que conlleva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Maldonado, D. (2007) Suben las exigencias. *Soluciones constructivas*, 42 (52).
<https://extension.cchc.cl/datafiles/19657.pdf>.

Nch. (1997) *Grúas torre – Terminología y clasificación*. INN.

Nch. (1997) *Grúas torre – Características y requisitos de seguridad*. INN.

Nch. (1997) *Grúas torre – Condiciones de operación*. INN.

Nch. (1997) *Grúas torre – Requisitos de montaje*. INN.

Asme B30.3. (2006) *Grúas torre para construcción*. ASME.

Liebherr. (s/f) *Área de productos*. Liebherr. Consultado 15 de noviembre de 2021.
www.liebherr.com.

Jaso. (s/f) *Área de productos*. Jaso tower cranes. Consultado 20 de noviembre de 2021.
www.jaso.com.