

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA



**“OPTIMIZACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE UNA GRÚA
TORRE DE CAPACIDAD NOMINAL DE 40 TONELADAS MARCA
LIEBHERR PARA MONTAJE DE PLANTAS INDUSTRIALES”**

**INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

CÉSAR ANDRÉS MOREYRA CANTÚ

Callao, 2021

PERÚ


César Moreyra Cantú
DNI: 42810004


MSC. Ing. Gustavo Ordoñez Cárdenas
Reg. CIP 30887
ASESOR.

DEDICATORIA

A mi familia, mi Madre "Juana Cantú" por forjarme en la persona que soy con su paciencia y amor, a mi hermano "Edgar Moreyra" que a pesar de la distancia nos mantenemos unidos, a ustedes mil gracias por el apoyo constante.

A mi compañera de vida y mi amor "Vanessa Rivera" que me acompaña y creyó en mí para cumplir con este objetivo en este año, te amo mi vida.

De forma muy especial dedicado a mi Padre "Sebastián Moreyra" quien fue un gran ejemplo como Padre con su constante apoyo y que tuvo que partir, ahora me guía a lado de nuestro todopoderoso Dios.

Y muy pero muy especial dedicatoria a mi primer hijo que acaba de nacer "Kalet Bastián" y que por fin tengo en brazos para brindarle el mismo amor y apoyo, ahora en mi rol de Padre.

Con todo el cariño del mundo este trabajo les dedico a ustedes, mi gran familia...

AGRADECIMIENTO

*Mi agradecimiento eterno a mi universidad,
¡después de años de esfuerzo, sacrificios,
dedicación y grandes alegrías llegó el día en que
miraría hacia atrás el camino recorrido por tus
pasillos y aulas, y me detendría para
agradecerte mi Alma Mater! por los maestros y
catedráticos que dejaron huella en mi
aprendizaje!... Fue un gran honor ser parte de
esta extraordinaria casa de estudios.*

*A la empresa por su apoyo y formación como
trabajador. Por haberme ofrecido las
herramientas para lograr objetivos concretos y
llenarme de satisfacciones por las metas
logradas.*

*Hoy quiero agradecer la oportunidad que me
brinda por hacerme parte de su equipo de
trabajo. Espero aportar valor a sus proyectos y
metas, para seguir siendo una gran
organización.*

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
INDICE DE CONTENIDO	4
INDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE TABLAS	9
INTRODUCCIÓN	12
I. ASPECTOS GENERALES.	14
1.1 Objetivos.	14
1.1.1 Objetivo General.	14
1.1.2 Objetivos Específicos.	14
1.2 Organización de la empresa o institución.	18
1.2.1 Antecedentes Históricos.....	18
1.2.2 Filosofía empresarial.	23
1.2.3 Estructura Organizacional.	27
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.	31
2.1 Marco Teórico.....	31
2.1.1 Bases Teóricas.	31
2.1.2 Aspectos Normativos.	52
2.2 Descripción de las actividades desarrolladas.....	88
2.2.1 Etapas de las actividades.....	88
2.2.2 Diagrama de Flujo.	90
2.2.3 Cronograma de actividades.....	91
III. APORTES REALIZADOS.	98
3.1 Planificación, ejecución y control de etapas.....	98
3.1.1 Plan y ejecución de movilización de estructuras.....	98
3.1.2 Cálculo y desarrollo de bloques de fundación.	106
3.1.3 Plan y desarrollo de lastres y contrapesos.	143
3.1.4 Plan, armado y montaje de componentes.	153
3.1.5 Certificación y operatividad de grúa torre.	175
3.1.6 Plan de desmontaje y desarmado de componentes.	178
3.1.7 Plan y desmovilización de estructuras de grúa torre.....	184

3.2	Evaluación Técnica, Económica.	191
3.2.1	Movilización y transporte de estructuras.....	191
3.2.2	Desarrollo de bloques de fundación.	191
3.2.3	Desarrollo de lastres y contrapesos.	193
3.2.4	Montaje de componentes.	194
3.2.5	Calibración, certificación y operatividad de grúa torre.	195
3.2.6	Desmontaje de componentes.	196
3.2.7	Desmovilización y transporte de estructuras.	197
3.3	Análisis de resultados.	198
3.3.1	Análisis geotécnico.....	198
3.3.2	Selección de la grúa para el montaje.	198
3.3.3	Area de almacenamiento.	199
3.3.4	Equipos auxiliares.	199
3.3.5	Tiempo de Ejecución.....	200
IV.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.	203
4.1	Discusión.	203
4.2	Conclusiones.	206
V.	RECOMENDACIONES.....	208
VI.	BIBLIOGRAFIA.	211
	ANEXOS.....	213

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Vista de planta de la ubicación de la grúa torre.....	15
Figura 1.2 Vista lateral de la ubicación de la grúa torre.....	16
Figura 1.3 Vista isometrica de la ubicación de la grúa torre.	16
Figura 1.4 Grúa Torre modelo 1000 EC-H40 LITRONIC.....	17
Figura 1.5 Logo de la empresa.	18
Figura 1.6 Organigrama General de Cosapi ingeniería y Construcción.....	27
Figura 1.7 Organigrama Gerencia de Procura y Equipos (GPET).....	28
Figura 1.8 Actividades desarrolladas por Cosapi S.A.....	29
Figura 2.1 Grúa torre desmontable.	32
Figura 2.2 Grúa torre Liebherr 1000EC-H40.	33
Figura 2.3 Grúa torre montada Liebherr 1000EC-H40.	34
Figura 2.4 Longitudes de flecha para configuraciones.	37
Figura 2.5 Esquema de una grúa torre y sus partes.....	38
Figura 2.6 Vista global del carretón estacionario.....	39
Figura 2.7 Colocación del lastre central - Distribución.....	40
Figura 2.8 Vista general de la jaula de Telescopaje.	41
Figura 2.9 Unión de tramos de torre.	42
Figura 2.10 Plataforma giratoria.....	43
Figura 2.11 Cabina de operación.	44
Figura 2.12 Contraflecha.....	45
Figura 2.13 Tirantes de contraflecha.....	45
Figura 2.14 Contrapesos.....	46
Figura 2.15 Cabeza de torre.	47
Figura 2.16 Flecha de 80m.	49
Figura 2.17 Tirante de flecha de 80m.	49
Figura 2.18 Carritos de distribución.	50
Figura 2.19 Gancho de simple reenvió.....	51
Figura 2.20 Gancho de doble reenvió.	51
Figura 2.21 Esfuerzos Uniaxiales.....	62
Figura 2.22 Redistribución de esfuerzos.....	63
Figura 2.23 Zapatas aisladas centrada.	64
Figura 2.24 Zapatas con Excentricidad reducida.	64
Figura 2.25 Zapatas con excentricidad elevada.....	65
Figura 2.26 Zapatas con excentricidad biaxial.	66

Figura 2.27 Momento flector de zapatas.....	71
Figura 2.28 Corte de momento flector de zapatas.	71
Figura 2.29 Mecanismo de elevación.....	72
Figura 2.30 Mecanismo carrito de traslación.....	73
Figura 2.31 Mecanismo giro tornamesa.	74
Figura 2.32 Mecanismo giro tornamesa.	75
Figura 2.33 Señales de mano estándar para el control de grúas.	87
Figura 3.1 Registro fotográfico de la actividad de transporte.....	103
Figura 3.2 Ubicación de la carga(m) vs Carga máxima(ton).....	109
Figura 3.3 Detalle de cimentación.....	110
Figura 3.4 Detalle de cimentación.....	110
Figura 3.5 Dimensiones de Anclaje Típico en zapata.....	111
Figura 3.6 Grafica de punzonamiento.	114
Figura 3.7 Grafica de esfuerzo cortante.	116
Figura 3.8 Riesgo Sísmico anual vs Aceleración máxima.	118
Figura 3.9 Estructura como péndulo invertido.	119
Figura 3.10 Altura total bajo gancho.	120
Figura 3.11 Distribución grafica de zonas sísmicas.....	121
Figura 3.12 Distribución de fuerza y momento sísmico.	126
Figura 3.13 Esquema de zapata con esfuerzo axial y momento.	129
Figura 3.14 Esquema de zapata para cuantías.....	132
Figura 3.15 Cimentación grúa torre 4 apoyos.	136
Figura 3.16 Zapata Z1 – Vista de planta.	137
Figura 3.17 Sección A – Vista lateral.	138
Figura 3.18 Esquema de excavación inicial.	138
Figura 3.19 Ubicación base grúa torre vs tuberías enterradas.	139
Figura 3.20 Altura de sub-zapata 1200mm y ángulo de talud.	139
Figura 3.21 Sub-Zapata de 6200x3746mm.....	140
Figura 3.22 Vista de corte B-B.	140
Figura 3.23 Registro fotográfico de la actividad de transporte.....	140
Figura 3.24 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.....	143
Figura 3.25 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.....	144
Figura 3.26 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.....	144
Figura 3.27 Contrapeso o lastre de piso tipo A – 10t.....	146
Figura 3.28 Contrapeso o lastre de piso tipo B – 10t.....	147
Figura 3.29 Dimensiones lastre aéreo tipo A.....	151

Figura 3.30 Registro fotográfico de la construcción de lastres.	152
Figura 3.31 Grúa auxiliar de montaje/desmontaje Manitowoc 16000.	155
Figura 3.32 Configuración de grúa auxiliar Manitowoc 16000.	155
Figura 3.33 Grúa auxiliar de montaje/desmontaje Liebherr LTM1220.	157
Figura 3.34 Configuración de Grúa Telescópica Liebherr LTM1220.	158
Figura 3.35 Montaje de tramos de mástil.	159
Figura 3.36 Montaje de tornamesa completa- vista lateral.	160
Figura 3.37 Montaje de tornamesa completa- vista planta.	161
Figura 3.38 Montaje de contrapeso - vista planta.....	161
Figura 3.39 Montaje de contrapeso.....	162
Figura 3.40 Montaje de pluma sección I - vista de planta.....	163
Figura 3.41 Montaje de pluma sección I - vista lateral.....	163
Figura 3.42 Rigging plan montaje de flecha tramo II – vista lateral.	164
Figura 3.43 Rigging plan montaje de flecha tramo II – vista planta.	165
Figura 3.44 Volteo de tramo de torre grúa.	165
Figura 3.45 Volteo de jaula de telescopaje.	166
Figura 3.46 Montaje de base cruciforme.....	166
Figura 3.47 Mediciones topográficas.	167
Figura 3.48 Montaje de lastres de piso.	168
Figura 3.49 Montaje tramos de mástil.	168
Figura 3.50 Montaje de jaula de telescopaje.....	169
Figura 3.51 Montaje de tramo de telescopaje.	169
Figura 3.52 Montaje de tornamesa.	170
Figura 3.53 Montaje de contrapluma.....	170
Figura 3.54 Montaje de flecha tramo I.....	171
Figura 3.55 Montaje de plataformas y carritos.	171
Figura 3.56 Montaje de contrapeso aéreo.....	172
Figura 3.57 Montaje de flecha tramo II.....	172
Figura 3.58 Montaje de contrapesos.....	173
Figura 3.59 Montaje de lastres de piso.	173
Figura 3.60 Montaje de gancho doble.....	174
Figura 3.61 Telescopaje de tramos de mástil.....	174
Figura 3.62 Calibración de grúa torre.....	175
Figura 3.63 Pruebas de carga y limitadores.....	175
Figura 3.64 Registro fotográfico de desmontaje grúa torre.....	179
Figura 3.65 Registro fotográfico de la actividad de transporte.....	188

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ranking sector construcción 2021.	21
Tabla 2.1 Tabla de alcances y carga de simple reenvió.	35
Tabla 2.2 Tabla de alcances y carga de doble reenvió.	36
Tabla 2.3 Tabla de pesos y alturas para transporte de base.	39
Tabla 2.4 Tabla pesos y alturas para transporte de lastres.	40
Tabla 2.5. Tabla pesos y medidas transporte de Jaula de Telescopaje.	41
Tabla 2.6 Tabla pesos y medidas para transporte de módulos de mástil.	42
Tabla 2.7 Tabla pesos y medidas para transporte de plataforma de giro	43
Tabla 2.8 Tabla pesos y medidas para transporte de cabina de operación.	44
Tabla 2.9 Tabla pesos y medidas para transporte de Contraflecha.	46
Tabla 2.10 Tabla pesos y medidas para transporte de Contrapesos.	47
Table 2.11 Tabla de configuración de contrapesos de contraflecha.	47
Tabla 2.12 Tabla pesos y medidas para transporte de Cabeza de torre.	48
Tabla 2.13 Tabla pesos y medidas para transporte de Pluma Tramo I y II.	48
Tabla 2.14 Tabla pesos y medidas para transporte de Carritos 1 y 2.	50
Tabla 2.15 Tabla pesos y medidas para transporte de ganchos 1 y 2.	52
Tabla 2.16 Tabla de pesos máximos normativos por eje	53
Tabla 2.17 Medidas Vehiculares Normativas.	54
Tabla 2.18 Tabla de clasificación vehicular y estandarización.	54
Tabla 2.19 Tabla de conexiones eléctricas.	78
Tabla 2.20 Tabla de recomendaciones.	79
Tabla 2.21 Diagrama de Flujo de procesos involucrados.	90
Tabla 2.22 Cronograma unidades de transporte.	91
Tabla 2.23 Cronograma de Producción de Cimentación.	92
Tabla 2.24 Cronograma de Producción de lastres y contrapesos.	92
Tabla 2.25 Cronograma parte 1 del proceso de montaje.	93
Tabla 2.26 Cronograma parte 2 del proceso de montaje.	94
Tabla 2.27 Cronograma del proceso de puesta en marcha.	94
Tabla 2.28 Cronograma parte 1 del proceso de desmontaje.	95
Tabla 2.29 Cronograma parte 2 del proceso de desmontaje.	96
Tabla 2.30 Cronograma del proceso de desmovilización.	97
Tabla 2.31 Cuadro resumen de secuencia de actividades.	97
Tabla 3.1 Cronograma de carga por unidad de transporte.	98
Tabla 3.2 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.	107

Tabla 3.3 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.	108
Tabla 3.4 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.	108
Tabla 3.5 Longitud de desarrollo de barras en tracción.	111
Tabla 3.6 Tabla de longitud de desarrollo en tracción.	112
Tabla 3.7 Tabla de longitud de desarrollo en compresión 1.	112
Tabla 3.8 Tabla de longitud de desarrollo en compresión 2.	113
Tabla 3.9 Tabla de longitud de desarrollo final.	113
Tabla 3.10 Movimientos sísmicos de diseño.	117
Tabla 3.11 Cargas empleadas en el diseño.	120
Tabla 3.12 Factores de zona "Z".	122
Tabla 3.13 Factor de suelo "S".	122
Tabla 3.14 Periodos "T _P " y "T _L ".	122
Tabla 3.15 Pesos de estructuras.	123
Tabla 3.16 Parámetros para cálculo de riesgo sísmico.	123
Tabla 3.17 Pesos de estructuras.	124
Tabla 3.18 Combinaciones carga.	127
Tabla 3.19 Cuadro del área de la varilla a utilizar A _b	134
Tabla 3.20 Suministro de materiales para la cimentación.	134
Tabla 3.21 Listado de barras de fundación.	135
Tabla 3.22 Peso y cantidades de los tipos de lastre.	145
Tabla 3.23 Suministro para lastres de base.	145
Tabla 3.24 Listado de barras de Lastres de base tipo A.	148
Tabla 3.25 Listado de barras de Lastres de base tipo B.	149
Tabla 3.26 Peso y cantidades de los tipos de lastre.	150
Tabla 3.27 Peso y cantidades de los lastres aéreos.	150
Tabla 3.28 Suministro para lastres aéreos.	151
Tabla 3.29 Tabla de carga de grúa auxiliar Manitowoc 16000.	156
Tabla 3.30 Tabla de carga de grúa telescópica Liebherr LTM1220.	157
Tabla 3.31 Datos de Rigging plan.	159
Tabla 3.32 Datos de Rigging plan.	160
Tabla 3.33 Datos de Rigging plan.	161
Tabla 3.34 Datos de Rigging plan.	162
Tabla 3.35 Datos de Rigging plan.	164
Tabla 3.36 Cronograma de carga por unidad de transporte.	184
Tabla 3.37 Cuadro de costo por servicio de movilización.	191
Tabla 3.38 Cuadro de costos de H-H del proceso de excavación.	191

Tabla 3.39 Cuadro de costos de H-M del proceso de excavación.....	192
Tabla 3.40 Cuadro de costos total del proceso de excavación.....	192
Tabla 3.41 Cuadro de costos de suministro de cimentación.	192
Tabla 3.42 Cuadro de suministro para los lastres de base.....	193
Tabla 3.43 Cuadro de suministro para la construcción de lastres aéreos.....	194
Tabla 3.44 Cuadro de costos de H-H del proceso de montaje.	194
Tabla 3.45 Cuadro de costo H-M del proceso de montaje.....	195
Tabla 3.46 Cuadro de costo por servicio del proceso de montaje.	195
Tabla 3.47 Cuadro de costo total montaje.....	195
Tabla 3.48 Cuadro de costo por servicio de certificación.	196
Tabla 3.49 Cuadro de costo H-H desmontaje.	196
Tabla 3.50 Cuadro de costo H-M desmontaje.	197
Tabla 3.51 Cuadro de costo por servicio de desmontaje.....	197
Tabla 3.52 Cuadro de costo total de desmontaje.	197
Tabla 3.53 Cuadro de costo por servicio de desmovilización.	198
Tabla 3.54 Cuadro resumen de costo total por actividad.	198

INTRODUCCIÓN

El Perú es considerado uno de los países mineros líderes en el mundo, y dentro de la economía en el país, es uno de los sectores que más ha impulsado el crecimiento económico de los últimos años, y el que capta el mayor porcentaje de inversiones extranjeras.

De acuerdo con estas proyecciones en las expansiones mineras en el Perú, el presente trabajo describe el estudio de la puesta en marcha de una de las grúas más empleadas en el mundo de la construcción la “grúa torre”, al ser una maquinaria de origen industrial existen muchas normativas y especificaciones que rigen aspectos tales como su diseño, operatividad o mantenimiento.

El estudio de la grúa torre comprenderá la **“OPTIMIZACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE UNA GRÚA TORRE DE CAPACIDAD NOMINAL DE 40 TONELADAS MARCA LIEBHERR PARA MONTAJE DE PLANTAS INDUSTRIALES”**, esta grúa torre motivo de estudio del presente trabajo debido a su incorporación en el Perú en el año 2014, desde su presentación en la feria Bauma 2013 de Múnich, participa en importantes proyectos de todo el mundo. Actualmente se utiliza la 1000 EC-H en varios países como, por ejemplo, los Países Bajos, Gran Bretaña, México, Estados Unidos de América, Perú y Rusia.

La grúa torre 1000 EC-H 40 Litronic, la mayor grúa de serie de Liebherr ha sido diseñada para los trabajos más exigentes que requieran elevados momentos de carga. La capacidad máxima de carga de 40 o 50 toneladas se puede lograr con dos cabrestantes móviles y cuatro ramales de cable. Esta gran capacidad de adaptación hace que la 1000 EC-H sea ideal para los trabajos más exigentes en la construcción de presas, naves industriales, centrales eléctricas, puentes e incluso astilleros.

Actualmente la primera grúa torre 1000EC-H llegada al Perú e instalada en el proyecto de expansión de la unidad minera Cerro Verde, fue vendida a la

sucursal Cosapi-Chile para su puesta en operación en uno de los proyectos emblemáticos del país vecino.

Sin embargo, una grúa torre de alta capacidad similar fue puesta en operación como parte del proceso de desarrollo del “**Puerto General San Martín**”, cuya etapa culminó y que contemplo construir un almacén de concentrados de minerales, una planta para convertir agua de mar en agua potable y otra planta para tratar efluentes domésticos. La grúa torre de gran tonelaje con carretón auto propulsante sobre rieles a lo largo del muelle en el puerto, de esa manera pudo realizar el trabajo completo con una sola grúa torre optimizando su área de acción”, el proyecto consideró una **grúa Liebherr 630EC-H 40 Litronic** con una carga máxima de levante de 40 toneladas y de 5,8 toneladas a los 80 metros de radio, montada a una altura de 38,8 metros sobre carretón móvil con un radio de 48,4 metros levantando 11,8 toneladas en la punta.

Con el presente trabajo se deja constancia con los procedimientos realizados y etapas incurridas para su optimización y puesta en operación de esta magnífica grúa torre en cuanto a transporte, cimentación, montaje, puesta en operación, desmontaje y desmovilización que se detallan en el presente informe.

I. ASPECTOS GENERALES.

La grúa torre 1000EC-H40 de procedencia alemana ingreso al Perú en el año 2014 como la primera grúa torre de alta gama en cuanto a capacidad de carga para formar parte del proyecto de expansión minera en Cerro Verde, las expectativas para la puesta en operación del equipo fueron muy grandes debido a su alta necesidad para el proyecto, para lo cual se dispuso de un equipo de trabajo para elaborar las estrategias para gestionar y optimizar las diferentes etapas que involucran la puesta en operación de la grúa torre.

1.1 Objetivos.

El presente informe tiene por finalidad conseguir los siguientes objetivos:

1.1.1 Objetivo General.

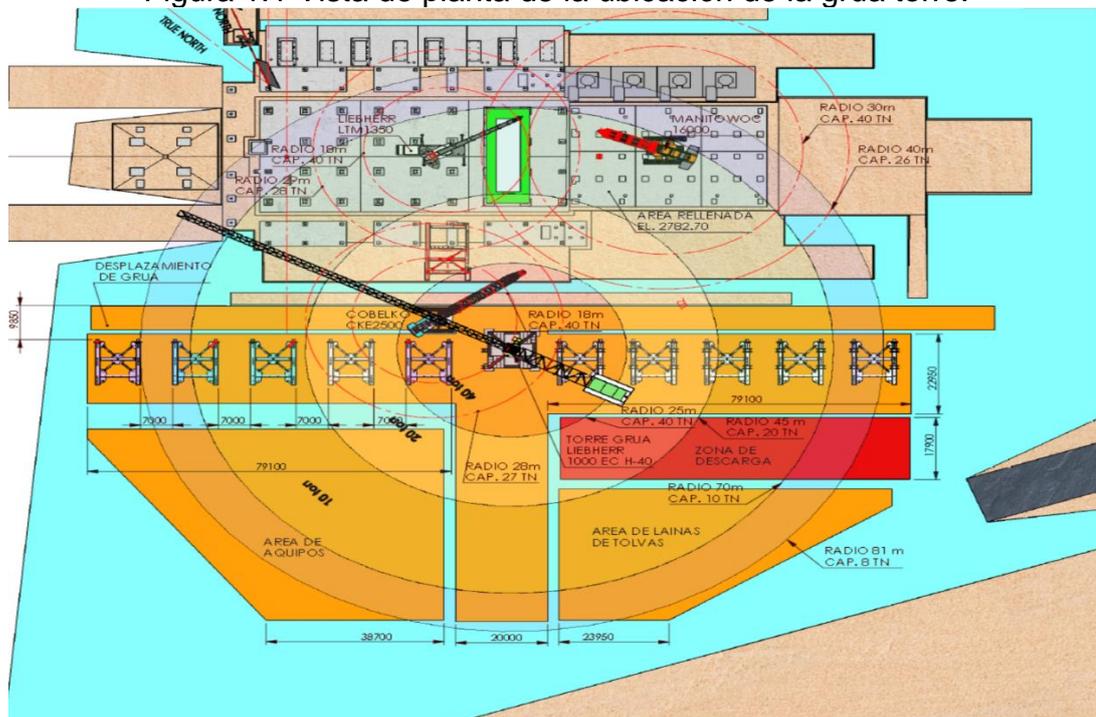
Optimizar todos los recursos utilizados en los procesos y actividades involucrados, teniendo en cuenta las normas establecidas para el desarrollo de la puesta en operación de la grúa torre de alto tonelaje 1000EC-H40 marca Liebherr, así también para la etapa de desarmado y/o desmovilización y poder completar un ciclo, de esta forma obtener los mejores resultados posibles en donde debe primar el costo y plazo, con lo cual se pretende mejorar el rendimiento de montaje, instalación y distribución de estructuras y materiales para le ejecución, construcción y montaje de plantas industriales con la performance de la grúa torre marca Liebherr 1000EC-H40 con alcance y dimensionamiento óptimo.

1.1.2 Objetivos Específicos.

- Planificar, ejecutar y optimizar el proceso de transporte de las estructuras de la grúa torre utilizando el dimensionamiento de los componentes que se conforman en cada unidad de transporte, teniendo en cuenta el factor plazo, costo y secuencia de armado/desarmado para minimizar el almacenamiento temporal y la utilización de recursos auxiliares y una mayor mano de obra.

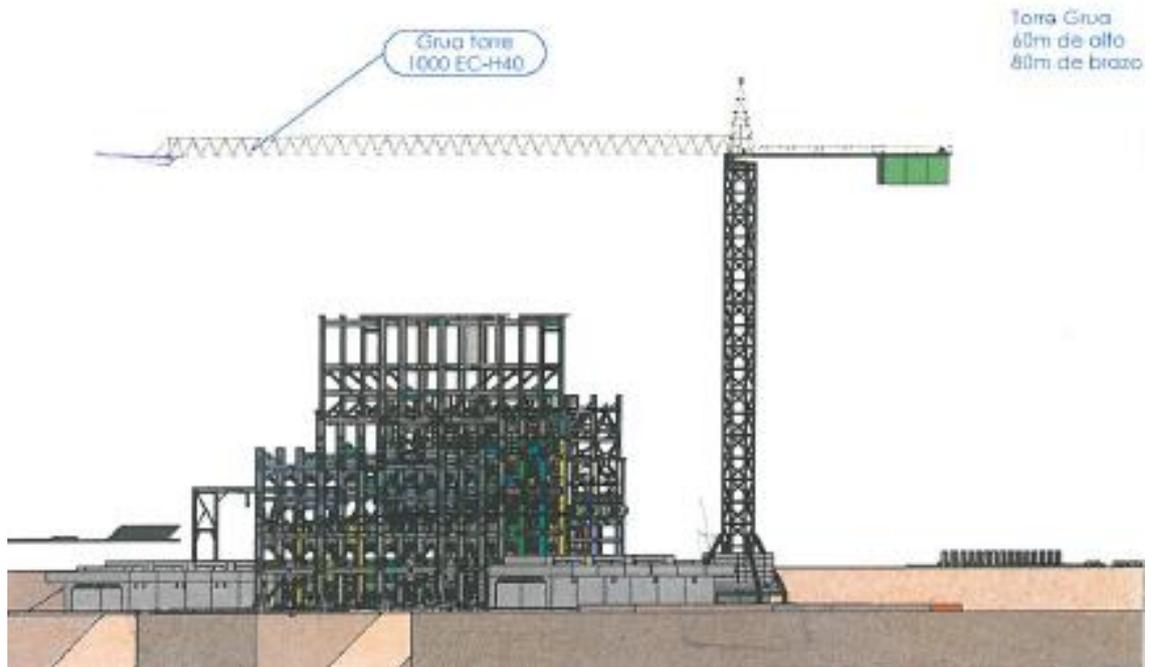
- Liderar en la optimización de la elaboración del diseño estructural de la cimentación bajo las normas técnicas preestablecidas y cuantificar de forma óptima el metrado de la cuantía de acero y dosificación de concreto teniendo en cuenta la configuración de operación de la grúa torre marca Liebherr 1000EC-H40.
- Liderar en la optimización de los recursos para la construcción de la cantidad correcta de los lastres de piso y contrapesos aéreos para la operatividad del equipo en base a la configuración de operación y/o utilización de la grúa torre de alto tonelaje.
- Optimizar mediante el análisis del rigging plan los recursos de mano de obra directa y horas máquina mediante la utilización de equipos auxiliares con capacidad de carga con un margen que permitan concluir los procesos de montaje y/o desmontaje de la grúa torre de alto tonelaje, manteniendo el costo, plazo y cumpliendo con la normativa de seguridad para no incurrir en impactos negativos.

Figura 1.1 Vista de planta de la ubicación de la grúa torre.



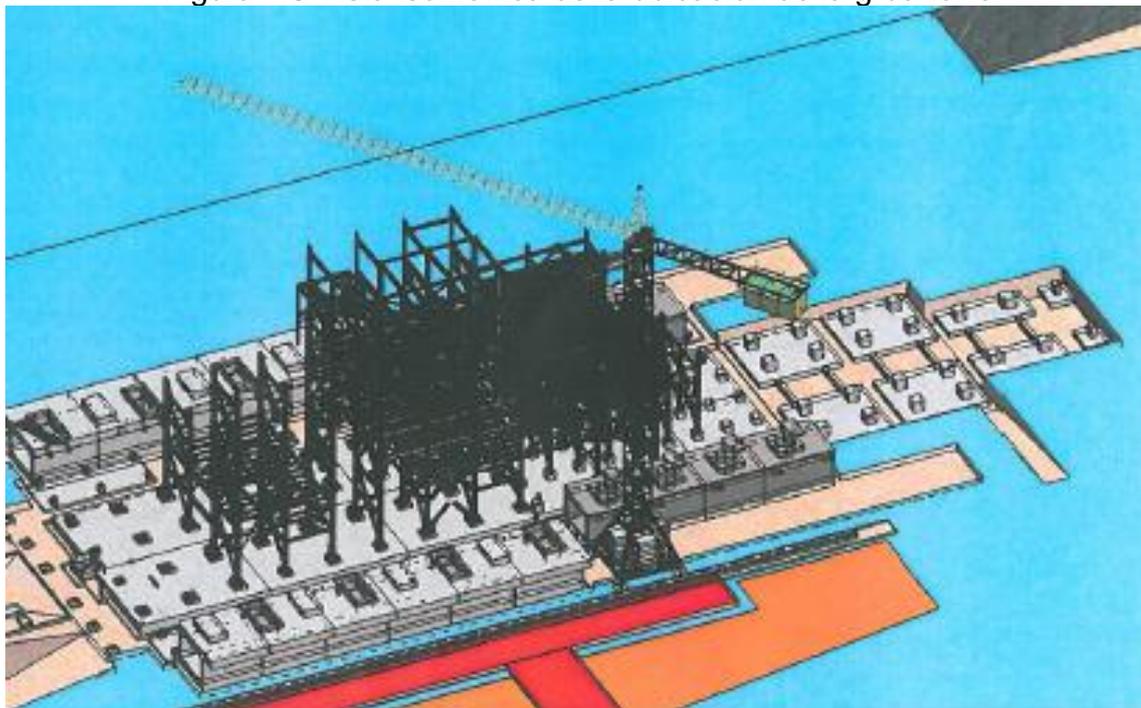
Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-A008.

Figura 1.2 Vista lateral de la ubicación de la grúa torre.



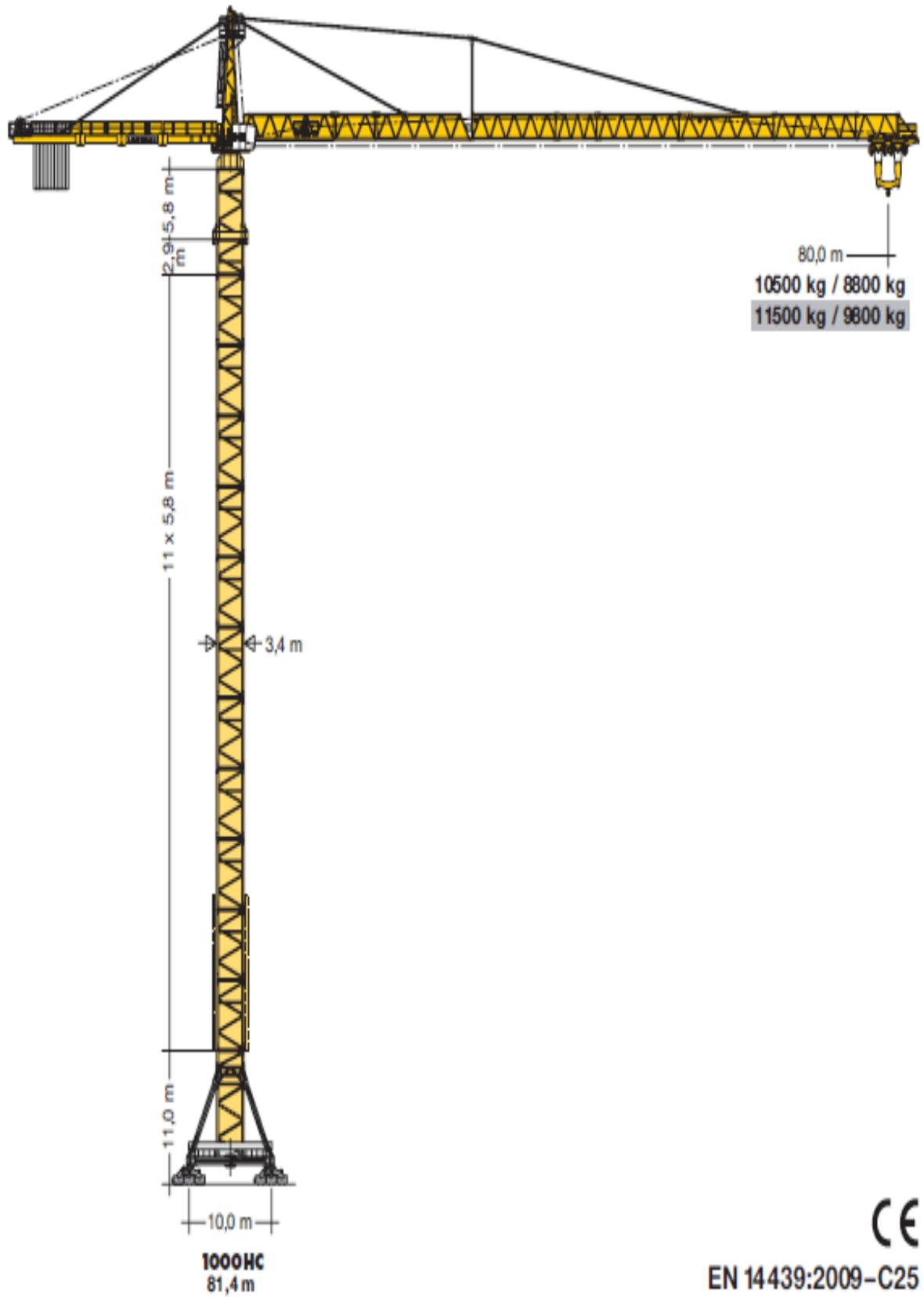
Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-A027

Figura 1.3 Vista isométrica de la ubicación de la grúa torre.



Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-A027

Figura 1.4 Grúa Torre modelo 1000 EC-H40 LITRONIC.



Fuente: Ficha Técnica Liebherr 1000EC-H40.

1.2 Organización de la empresa o institución.

1.2.1 Antecedentes Históricos.

1. Reseña histórica de la empresa.

COSAPI, con más de 50 años en el mercado, es la segunda empresa de ingeniería y construcción de capital nacional en el Perú, según el ranking de las “500 Mayores Empresas del Perú” publicado por América Economía. Ha completado de manera exitosa varios de los proyectos más importantes y emblemáticos del Perú, tanto en el sector privado como en el sector público. Entre estos proyectos se encuentran obras como el proyecto Antamina, uno de los proyectos mineros más importantes desarrollados en el Perú; la construcción y conservación de 1,187 y 1,975 km de carreteras respectivamente; la construcción del Jockey Plaza Shopping Center, el centro comercial más grande del país en ventas (según lo señalado por la Asociación de Centros Comerciales del Perú); la construcción de la sede del Banco Interbank; y la modernización del aeropuerto internacional de Lima. Asimismo, ha desarrollado proyectos en 13 países a nivel mundial.

Figura 1.5 Logo de la empresa.



Fuente: www.cosapi.com.pe

Cosapi, como toda gran empresa lo identifica y se sustenta en el tiempo a través de su historia, la cual se detalla a continuación:

- En 1960 Walter Piazza Tangüis y José Valdez Calle forman “Piazza y Valdez Ingenieros”, empresa de consultoría en ingeniería eléctrica y crean PIVASA Ingenieros S.A. empresa constructora encargada de montajes de plantas industriales.

- En 1963 PIVASA forma un consorcio con SADE de Argentina, empresa de propiedad de General Electric, para instalar la primera línea de transmisión de 220KV entre la Central Hidroeléctrica de Huinco y Lima.
- En 1967 el Consorcio SADE - PIVASA se convierte en **COSAPI**.
- En los años setenta, **COSAPI** participa en proyectos de gran complejidad como el Oleoducto Nor-peruano, el desarrollo petroquímico de Talara, el montaje de la central hidroeléctrica del Mantaro, la Refinería de Petróleo La Pampilla y la Refinería de Zinc de Cajamarquilla.
- En 1974 los socios fundadores adquieren de SADE el 50% de **COSAPI**.
- En los años ochenta, **COSAPI** adopta una política de internacionalización y diversificación. **COSAPI**, que ya había actuado juntamente con SADE en Argelia y Nigeria, inicia operaciones en Costa Rica, México, República Dominicana, Chile y Venezuela.
- En 1984 **COSAPI** funda COSAPI Data S.A. que se convierte en el primer distribuidor de computadoras personales de IBM.
- Asimismo, en los años ochenta, **COSAPI**, que solo brindaba servicios de montaje para plantas industriales, se diversifica hacia obras civiles y carreteras y participa en varios proyectos de irrigación como el Canal Miguel Checa en Piura, Chavimochic y Chinecas. En la parte industrial, **COSAPI** construye las plantas de Tintaya y Cementos Yura en Arequipa.
- En 1993, Bechtel, la empresa de ingeniería y construcción más grande de EEUU ingresa al mercado peruano y escoge a **COSAPI** como socio local firmando un contrato de exclusividad por diez años. Con Bechtel de socio, **COSAPI** ejecuta en 1994 el proyecto de lixiviación por solventes y electrodeposición en Toquepala por un valor de US\$100 millones, la primera gran inversión minera del Perú de esa década.
- En 1996 **COSAPI** recibe un aporte de capital, de parte de The Latin América Enterprise Construcción Holding Inc. (hoy Laech, Inc.), empresa holding constituida por The Latin América Enterprise Fund, L.P. El aumento de capital le permite a **COSAPI** acelerar su crecimiento, así como aprovechar las oportunidades que surgían de la nueva política de

apertura a las inversiones privadas y a la privatización de empresas públicas.

- En el 2000, en sociedad con Bechtel y Fraport, **COSAPI** fundó Lima Airport Partners (LAP), empresa que ganó la concesión del Aeropuerto Jorge Chávez. **COSAPI** tuvo una participación importante en la exitosa modernización de dicho aeropuerto.
- En el año 2003, principalmente como consecuencia de la falta de pago de ciertas obras y de la caída en ventas producida por la recesión del mercado peruano, **COSAPI** - al igual que otras constructoras peruanas- refinanció sus deudas exitosamente, por un monto de US\$40 millones, sin realizar ningún descuento por capital o intereses a los acreedores.
- A partir del 2005 **COSAPI** inicia un ciclo de vigoroso crecimiento, alcanzando una tasa de crecimiento en ventas entre dicho año y el 2010 de 23.9% anual compuesta, pasando de US\$65 millones a US\$189 millones.
- En el 2008, el consorcio compuesto por **COSAPI** y Cobra Infraestructura Hidráulicas S.A. obtuvieron la concesión para el desarrollo de irrigación Majes Siguan.
- Entre el 2010 y el 2013 la empresa continuó expandiéndose a una tasa de crecimiento en ventas de 30.5% anual compuesta, pasando de US\$189 millones a US\$419 millones. En el 2013 **COSAPI** vende Cosapi Data.
- El 28 de marzo de 2014 se otorgó la buena pro al Consorcio Nuevo Metro de Lima, integrado por Iridium Concesiones de Infraestructuras, S.A. (Iridium), Vialia Sociedad Gestora de Concesiones de Infraestructuras, S.L. (Vialia), Salini Impregilo S.p.A. (Impregilo), Ansaldo Breda S.p.A. (Ansaldo Breda), Ansaldo STS S.p.A. (Ansaldo STS), y **COSAPI**, para la ejecución de la Línea 2 del Metro de Lima y Callao.

2. Plan Estratégico de la empresa.

COSAPI hoy, como plan estratégico de la empresa no solo ofrecen al mercado servicios de Ingeniería y Construcción, si no también servicios mineros, negocios

en concesiones de infraestructura y desarrollos inmobiliarios, para lo cual ha cumplido todos sus objetivos manteniendo y gracias a una cultura empresarial de COSAPI, en donde considera a su gente como su principal activo organizacional. Posee con un equipo altamente competente y especializado. Asimismo, **COSAPI** se preocupa por todos sus grupos de interés, por ello desde el 2013 maneja una serie de compromisos enmarcados en su Política de Responsabilidad Social, Seguridad y Salud, Medio Ambiente y Patrimonio Cultural. Asimismo, ha implementado su Sistema de Gestión Antisoborno, certificado bajo la ISO 37001:2016.

3. Otras empresas del mismo rubro.

De acuerdo con el ranking de las empresas más importantes del Perú según los datos de finales del año 2019 sus ventas fueron en el sector construcción, tenemos:

Tabla 1.1 Ranking sector construcción 2021.

Ranking	Empresa	Cifra de ventas (US\$ mill)
1	GYM Ingeniería y construcción	837,2
2	COSAPI	500,8
3	Infraestructura Graña y Montero	474,4
4	San Martín Contratistas Generales	355,0
5	STRACON	307,2
6	Const. y Admin. Casa contratistas	254,3
7	Los Portales	238,0
8	Mota-Engil Perú	221,1
9	Inversiones Centenario	196,3
10	Ing. Civiles & Contratistas Generales - ICCGSA	195,5

Fuente: Blog Rankia.pe

a. Aenza – Energiminas, antes Graña y Montero.

El 22 de junio de 1933 tres ingenieros y un arquitecto peruanos formaron una sociedad técnica con el objeto de “aunar sus conocimientos para la realización de cualquier obra o trabajo”, tomando el nombre de Gramonvel a partir de los apellidos de los fundadores: Graña, Montero y Velarde. En 1949 cambió su nombre a Graña y Montero. Se inició como una constructora especializada en edificaciones, pero fue ampliando su oferta a obras de más envergadura, como ferrocarriles y carreteras, hasta entonces de patrimonio exclusivo de firmas extranjeras. En 1942, traspasó las fronteras peruanas con su primera obra en el exterior: la fábrica Nestlé en Venezuela.

b. San Martín Contratistas Generales.

La Historia de San Martín Contratistas Generales se remonta a los años noventa, cuando los fundadores decidieron apostar por el país y crearon una empresa especializada en servicios mineros. Con el paso de los años, San Martín se consolidó como una de las principales empresas del rubro brindando los servicios de operación y construcción minera. En 1990 se fusionan las empresas Transportes Caravana y Considex S.A., dedicadas al transporte de minerales y alquiler de maquinarias; dando origen a la Compañía Minera San Martín.

c. Mota Engil SGPS, S.A.

Mota-Engil es un conglomerado industrial portugués, sus principales actividades incluyen ingeniería civil y construcción de infraestructuras (incluyendo puentes, presas, edificios industriales, escuelas, chimeneas y carreteras) energía y trabajos de acero (incluyendo estructuras de acero, equipamiento para energía y electricidad), concesiones de transporte y servicios medio ambientales (gestión de residuos, tratamiento de aguas). También se ocupa de logística, comercio minorista y almacenamiento. La compañía tiene operaciones en Europa, África y América. En junio de 1946, Manuel António da Mota fundó Mota & Companhia en Amarante. Ese mismo mes y año abrió una sucursal en Angola. Hasta 1974 las actividades de Mota & Companhia se centraron en el territorio de Angola, en un principio en el área de la exploración y transformación

de la madera y después, a partir de 1948, también en el área de la construcción y obras públicas. En 1952, fue adjudicada a Mota & Companhia a ejecución del Aeropuerto Internacional de Luanda, la primera gran obra pública a ser ejecutada por la empresa en este territorio, entonces bajo administración colonial portuguesa.

1.2.2 Filosofía empresarial.

COSAPI tiene la filosofía de pasar eficientemente de los objetivos y estrategias a las acciones concretas, que posibiliten alcanzar logros y resultados. La gestión de dichas estrategias debe realizarse dentro del marco de valores que sustentan el accionar de la empresa.

1. Valores de la empresa.

- **Integridad:** Coherencia entre la palabra y la acción en un sentido de rectitud, probidad y respeto.
- **Liderazgo:** Capacidad de crear un clima que oriente el esfuerzo de los grupos humanos en una dirección deseada, promoviendo una visión compartida, estructurándolos, dirigiéndolos, generando oportunidades de crecimiento, inspirando valores de acción y anticipando escenarios de desarrollo.
- **Espíritu de equipo:** Colaborar, cooperar y conjugar esfuerzos con un grupo de personas a fin de alcanzar objetivos comunes, enriqueciendo la experiencia propia con la de otros miembros del grupo, y produciendo un resultado mayor que la suma de los esfuerzos individuales.
- **Innovación:** Disposición de modificar las formas existentes de hacer las cosas asumiendo con responsabilidad el riesgo de llevarlas a la práctica, buscando optimizar la eficiencia de los procesos y la eficacia de los resultados.

2. Visión de la empresa.

Ser la empresa de ingeniería y construcción, sólida, innovadora y de clase mundial, reconocida como la mejor en los proyectos, mercados y emprendimientos donde participemos.

3. Misión de la empresa.

Cosapi es una empresa de ingeniería, construcción, gerencia de proyectos, servicios mineros, concesiones de infraestructura y desarrollos inmobiliarios; certificada en ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e ISO 37001; fundada en el Perú en 1960; que, basada en personas con valores y conocimientos, tiene la misión de:

- Contribuir al éxito de sus clientes, desarrollando los proyectos con calidad, seguridad, y dentro del plazo y presupuesto previstos.
- Promover el desarrollo personal y profesional de su gente formando líderes cuyos logros trasciendan en la empresa y en la sociedad.
- Mantener un clima empresarial abierto y de confianza que fomente la innovación y la mejora continua.
- Integrar a socios y proveedores estratégicos para formar equipos de alto desempeño.
- Proveer un lugar de trabajo seguro y saludable, respetuoso del ambiente natural y de las comunidades que nos rodean.
- Generar utilidades para mantener la solidez financiera, impulsar el crecimiento y retribuir adecuadamente a nuestros accionistas.

4. Políticas de la empresa.

COSAPI está visiblemente comprometido con promover y mantener una cultura de integridad y cumplimiento en la organización y en la forma de hacer todas las actividades, se exige tanto a los trabajadores como a los socios que cumplan con sus obligaciones manteniendo, en todo momento, un comportamiento íntegro acorde a la cultura de la organización resaltando el estricto cumplimiento de la ley y la tolerancia cero con la corrupción. Las políticas y gestiones sostenibles de la empresa comprenden los siguiente sistemas y políticas:

a. El sistema de prevención de delitos y prácticas corruptas.

La política de prevención de delitos y prácticas corruptas tiene como propósito informar el compromiso de todos los miembros de COSAPI, así como los socios de negocio que se relacionen, a combatir la comisión de delitos y prácticas corruptas en todos sus procesos. Esta política forma parte del modelo de cumplimiento de COSAPI, y su aprobación por parte del directorio acreditan la supervisión permanente y la aplicación de sanciones.

b. Política de donaciones y patrocinios.

Esta política se alinea con el compromiso de COSAPI en hacer negocios éticamente y en contribuir a mejorar las comunidades y los entornos en los que trabaja, practicando los valores de COSAPI recogidos en su código de ética y en cumplimiento de los lineamientos establecidos en el modelo de cumplimiento, con especial incidencia en el sistema de prevención de delitos y prácticas corruptas.

c. Lineamiento de interacción con funcionarios públicos.

Establecer los lineamientos y directrices internas de COSAPI con respecto a las consideraciones y prácticas organizacionales que deberá realizar todo trabajador al momento de mantener una reunión o interacción con un funcionario público, para actividades de interés de COSAPI.

d. Política de seguridad y salud ocupacional.

Como reflejo de nuestro compromiso con la seguridad y la salud de nuestros trabajadores hemos alineado nuestros procedimientos a los estándares DuPont para la construcción y los hemos certificado bajo la norma OHSAS 18001.

Se han propuesto la meta de CERO ACCIDENTES y la puesta en marcha de una serie de programas para conseguirlo y que nos han ayudado a disminuir la frecuencia de accidentes, llegando a superar el millón de horas hombre sin ATP en distintos proyectos.

e. Comunidades.

Se labora en locaciones remotas, manteniendo relaciones armoniosas con las comunidades ubicadas alrededor de los proyectos que se desarrollan. Se

respetan sus creencias y costumbres y se busca que la presencia de la compañía contribuya con el desarrollo local.

f. Respeto por el medio ambiente.

Comprometidos con la preservación del medio ambiente en todas las operaciones, se han certificado los planes y procedimientos de gestión ambiental bajo la norma ISO 14001 – 2015. Uno de los objetivos es promover una gestión sostenible, generando el bienestar a los diferentes grupos de interés garantizando la conservación y permanencia de las fuentes de recursos naturales.

g. Desarrollo personal y profesional.

En COSAPI se considera que el recurso más importante es su gente. Por eso el esfuerzo en brindar oportunidades de desarrollo, ofreciendo un crecimiento profesional y personal a nuestros colaboradores.

h. Universidad Corporativa Cosapi (UCC).

La Universidad Corporativa Cosapi (UCC), creada el 2011, es la primera universidad corporativa de la industria de la construcción en el Perú. Se ha creado con el propósito de acelerar el proceso de desarrollo de los propios profesionales de la compañía para así alcanzar los objetivos estratégicos de la organización. La UCC ofrece cursos de formación general, diplomados y programas que permiten formar hasta la especialización.

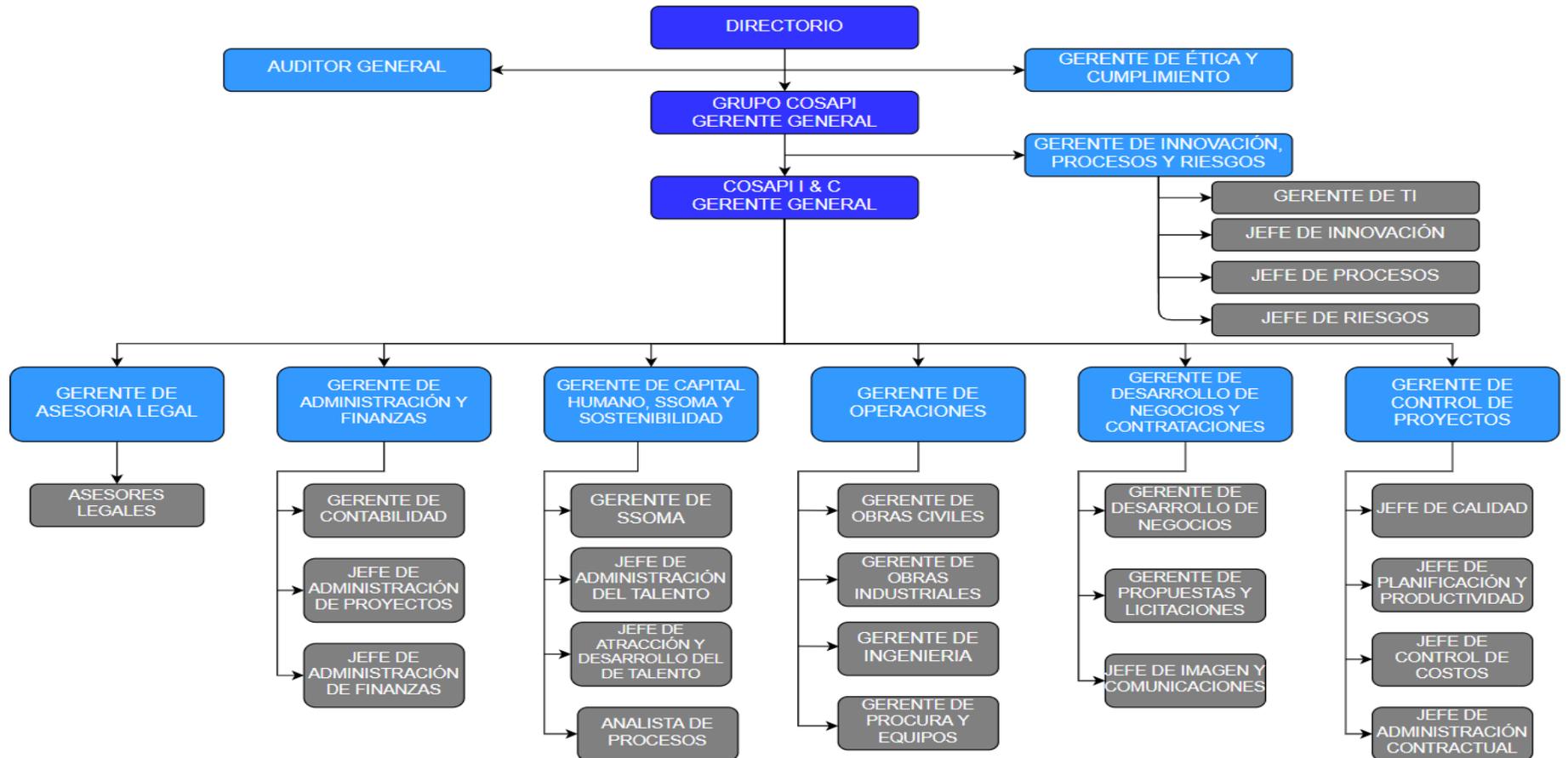
i. Política de gestión de calidad.

En COSAPI el enfoque de la Política de la Calidad es brindar a sus clientes servicios de ingeniería, procura y construcción de manera de cumplir compromisos legales y contractuales para satisfacer sus requisitos en cuanto a costo, plazo, seguridad y medio ambiente.

1.2.3 Estructura Organizacional.

1. Organigrama General de Cosapi Ingeniería y Construcción.

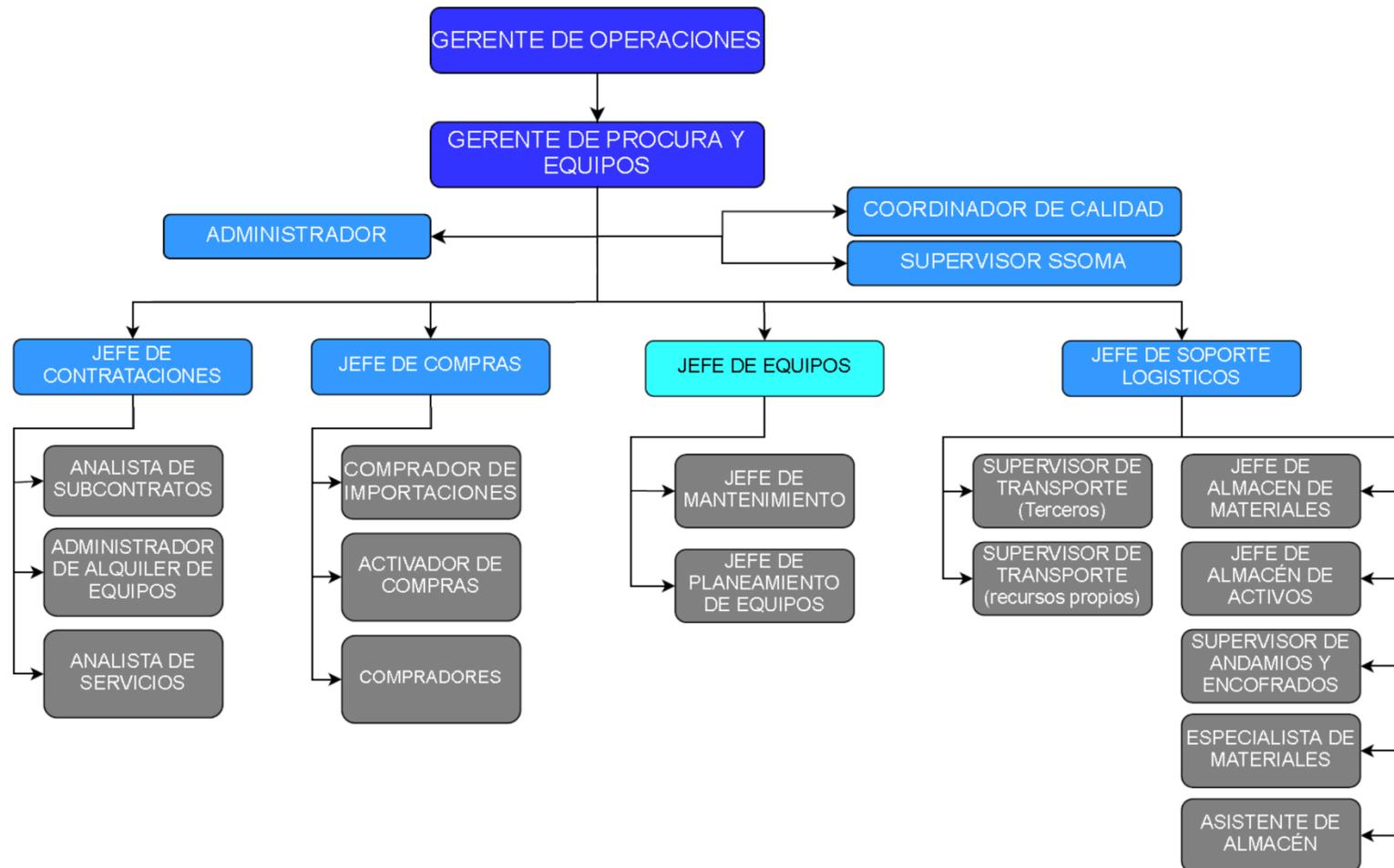
Figura 1.6 Organigrama General de Cosapi ingeniería y Construcción.



Fuente: www.cosapi.com.pe

2. Organigrama Gerencia de Procura y Equipos (GPET).

Figura 1.7 Organigrama Gerencia de Procura y Equipos (GPET).

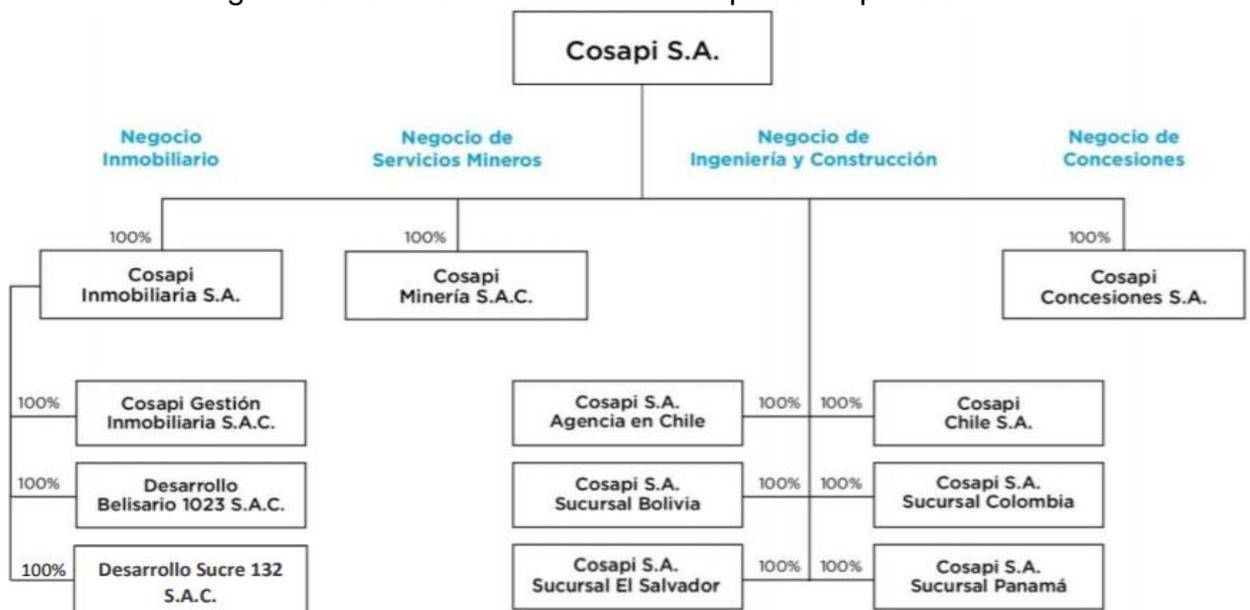


Fuente: www.cosapi.com.pe

3. Actividades desarrolladas de la empresa.

Cosapi está compuesta por 07 subsidiarias, en donde se cuenta con la participación mayoritaria, 05 negocios conjuntos y 05 sucursales en el exterior. De estas, **Cosapi S.A.**, con operaciones en el Perú, destaca como Compañía principal. Es así como el Reporte de Sostenibilidad aborda la gestión de las operaciones de **Cosapi S.A.** y subsidiarias que se desarrollan en el territorio peruano; a las cuales nos referiremos como Cosapi o Compañía.

Figura 1.8 Actividades desarrolladas por Cosapi S.A.



Fuente: www.cosapi.com.pe

4. Principales Clientes de la empresa.

- **Proyecto:** Limpieza y Preparación del Sitio (WP1) del Proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.
Cliente: Lima Airport Partners (LAP).
- **Proyecto:** Construcción del puente Nanay y viaductos de acceso.
Cliente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provias Nacional.
- **Proyecto:** Ampliación del Área Comercial y Nuevas Oficinas Adm. del Aeropuerto Internacional de El Salvador "Monseñor Óscar Arnulfo Romero y Galdámez".
Cliente: Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma - CEPA de El Salvador.

- **Proyecto:** Recuperación de los servicios culturales religiosos y de tradición religiosa del Santuario del Señor de Luren, en el distrito de Ica
Cliente: Shougang Hierro Perú S.A.A.
- **Proyecto:** Trabajos de Obra Civil e Instalación de Acero Estructural de Chancado y Clasificación Secundaria y Terciaria y el Edificio de Finos.
Cliente: Southern Perú Cooper Corporación.
- **Proyecto:** Modernización de Refinería de Talara de Petroperú - Obra Civil Área 1: Unidades HTD y HTN - RCA, TGL - RG2.
Cliente: Técnicas Reunidas Talara SAC.
- **Proyecto:** Centro Ambulatorio Clínica Internacional Sede Surco.
Cliente: Rímac Seguros y Reaseguros SAC.
- **Proyecto:** Edificio Torre del Parque
Cliente: Urbanova Inmobiliaria SAC.
- **Proyecto:** Construcción de los Edificios Área Administrativa de la Refinería de Talara y Saneamiento de la Planta de Talara.
Cliente: PETROPERÚ.
- **Proyecto:** Nueva Sede del Banco de la Nación
Cliente: Banco de la Nación
- **Proyecto:** Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado para el macroproyecto Pachacútec
Cliente: SEDAPAL
- **Proyecto:** Servicio de Gestión y Conservación Vial del Corredor Vial Ayacucho – Tambillo – Ocros – Palpa.
Cliente: MTC.
- **Proyecto:** Servicio de Gestión y Conservación Vial del Corredor Vial Huancavelica - Lircay - Huallapampa – Acobamba – Pte. Alcomachay
Cliente: MTC – Provías Nacional.

II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.

2.1 Marco Teórico.

2.1.1 Bases Teóricas.

1. Antecedentes históricos de grúa torre.

Las grúas torre aparecieron en la alta edad media según diferentes manuscritos, las primeras grúas formadas por una columna y una viga superior en voladizo con travesaños de refuerzo eran construidas con sistemas de gancho, cables, poleas y tambor. Las grúas torre empezaron a producirse en Europa durante la primera mitad del siglo XX (décadas de los 50). Las calles en las ciudades europeas eran estrechas por lo que las altas grúas con brazos y con el operador encima demostraron ser más ventajosas. Como resultado, algunos de los primeros fabricantes se originaron dentro de Europa.

En 1908, Maschinenfabrik Julius Wolf & Co. introdujo la primera serie de grúas torre diseñadas específicamente para la industria de la construcción. La primera generación de las grúas torre llamo la atención primordialmente de constructores de barcos quienes las compraron y las instalaron en sus astilleros y muelles.

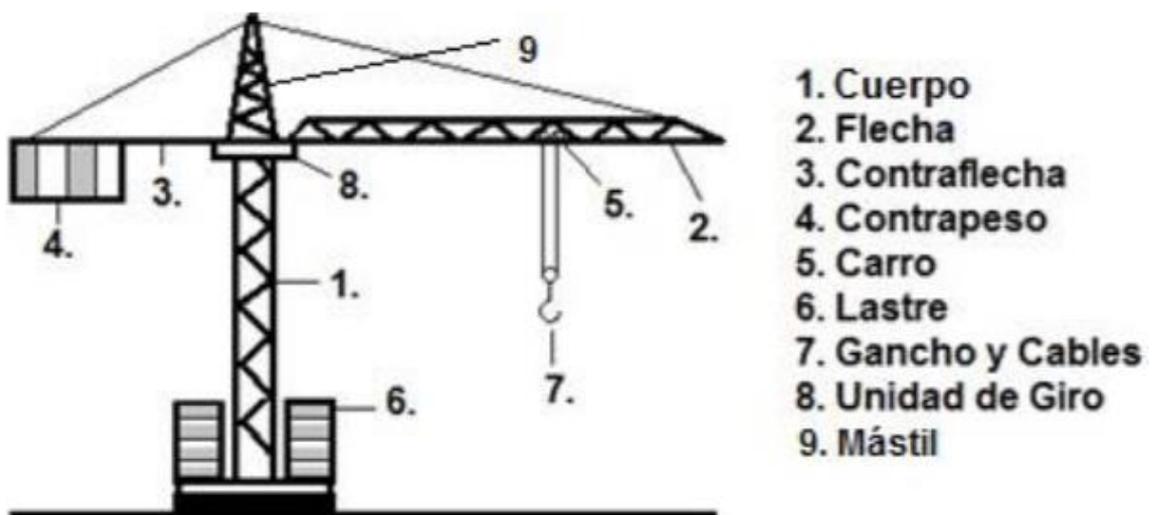
A principios de los años 60 se comenzaron a construir grúas torre con rotación, más de 10.000 unidades fueron construidas y el diseño básico de estas grúas torre permaneció en producción hasta finales de los años 60.

El mercado también se estaba llenando de múltiples fabricantes los cuales producían un rango de modelos, por ejemplo, grúas más pequeñas que podían ser montadas "in situ" en sólo pocas horas. Mientras que los rascacielos eran construidos en alturas récord, la necesidad por grúas de mayor altitud se volvió evidente.

En 1975 La empresa JASO se consolida, y deciden abordar la expansión en otro sector. Inician su andadura en la industria de grúas torre en Idiazabal España.

Las grúas torre han evolucionado constantemente desde entonces, ya que el propósito fundamental ha sido crear diseños cada vez más versátiles, de mayor rendimiento y de mayor fiabilidad, resolviendo específicamente problemas concretos de aplicación. Este hecho ha llevado a la creación de distintos tipos de grúas torre acordes a las condiciones y exigencias del lugar mismo donde trabajará la grúa torre (accesibilidad, tipo de terreno, espacio, tiempo, etc.). Por otro lado, las constantes exigencias de tamaño y capacidad han demandado también la creación de avanzados sistemas de seguridad, control y manejo. Un gran avance en las grúas torre, ha sido el diseño independiente de conjuntos o módulos, reemplazando la concepción de una grúa como unidad. Esto permite combinar los distintos elementos de la grúa, de acuerdo con las condiciones de trabajo brindando, además, la posibilidad de modificar características iniciales, de forma sencilla, en cualquier momento y con una mínima inversión. En Perú, al igual que en el resto del mundo existe una demanda creciente en el uso de estas grúas. Esto debido sin duda a la necesidad constante de aprovechar al máximo los espacios, construyendo edificaciones más altas y a la utilización de zonas de condiciones extremas para construir.

Figura 2.1 Grúa torre desmontable.



Fuente: Tesis-Metodología de evaluación para definir el modelo de grúa torre telescópica óptima para una edificación multifamiliar en Lima.

2. Definición de grúa torre.

Una grúa torre, es un equipo o máquina de funcionamiento electromecánico o hidráulico con un eje vertical giratorio y un brazo con varias poleas, que sirve para levantar pesos y llevarlos de un punto a otro, dentro del radio de giro que describe en todos los niveles y en todas direcciones. Está constituida esencialmente por una torre metálica, un brazo horizontal giratorio, y los motores de orientación, elevación y distribución o traslación de la carga.

3. Grúa Torre Liebherr 1000EC-H40.

Las grúas High-Top EC-H soportan cargas muy elevadas y se distinguen por su inconfundible silueta. Las distintas clases de tamaño han demostrado su eficacia en los proyectos de construcción de mediana y gran envergadura.

- Capacidad de carga máxima en punta: 11.500 kg.
- Alcance máximo: 80,00 m.
- Construido con Norma: EN 14439.
- Configuración de ramales: 2/4
- Capacidad de carga máxima: 40.000 kg
- Altura bajo gancho máximo: 88,40 m
- Mecanismo de elevación: 110 kW FU
- Mecanismo de giro: 3 x 11,0 kW FU
- Mecanismo de traslación de carrito: 11,0 kW FU

Figura 2.2 Grúa torre Liebherr 1000EC-H40.



Fuente: www.cranemarket.com

4. Configuración de operación.

Entre las dimensiones que definen una grúa torre una de las más importantes es la altura de trabajo, es decir, la altura máxima en la que será capaz de trabajar

la grúa torre. La altura puede variar según el diseño, pero lo que realmente marcará el diseño será la distancia a la que se pretenda dar alcance, las grúas torre al estar fabricadas por módulos pueden variar su altura y longitud añadiendo o quitando módulos.

La grúa torre del presente trabajo, pretende dar servicio a una altura máxima de 65.8 metros, la cual se podrá ver modificada según la composición por módulos que esta adquiera. Los módulos de los tramos de mástil son partes de 5.8 metros, compuesta por 12 módulos en total, sin embargo, para los 60.5 metros se requieren 8 módulos de tramos de mástil + 1 módulo de tramo basal para una altura de 60.5 metros de altura, teniendo en cuenta que se deberá dejar como mínimo una distancia de 3 metros entre gancho y carga y que la misma carga ocupará un volumen esta altitud se verá reducida hasta alrededor de los 55 metros (ver tabla 2.1 y 2.2). Otra dimensión muy importante en la capacidad de trabajo es la longitud de la flecha que se define como la distancia máxima a la que la grúa torre podrá llegar a trabajar, según el trabajo que se quiera realizar podría tener una longitud mayor o menor de la configuración total, la flecha también está compuesta por módulos.

En el presente trabajo se pretende dar servicio a la grúa torre Liebherr 1000EC-H40 con una longitud máxima de trabajo de 80m a una altura de 60.5m.

Figura 2.3 Grúa torre montada Liebherr 1000EC-H40.



Fuente: Aporte propio – UM Cerro Verde.

Tabla 2.1 Tabla de alcances y carga de simple reenvío.

 m r		m/kg	1000 EC-H 40											
			m/kg											
			25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	81,4
81,4	(r=83,7)	6,0-45,1 20000	20000	20000	20000	20000	20000	17990	16260	14810	13560	12480	11540	10500
76,4	(r=78,7)	6,0-47,7 20000	20000	20000	20000	20000	20000	19030	17210	15680	14380	13240	76,4 m 12000	
71,4	(r=73,7)	6,0-50,2 20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	18170	16560	15190	71,4 m 13700		
66,4	(r=68,7)	6,0-52,2 20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	18950	17290	66,4 m 15500			
61,4	(r=63,7)	6,0-54,1 20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	19660	61,4 m 17500				
56,4	(r=58,7)	6,0-55,1 20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	56,4 m 19500					
51,4	(r=53,7)	6,0-51,4 20000	20000	20000	20000	20000	20000	51,4 m 20000						
46,4	(r=48,7)	6,0-46,4 20000	20000	20000	20000	20000	46,4 m 20000							
40,9	(r=43,2)	6,0-40,9 20000	20000	20000	20000	40,9 m 20000								
35,9	(r=38,2)	6,0-35,9 20000	20000	20000	35,9 m 20000									

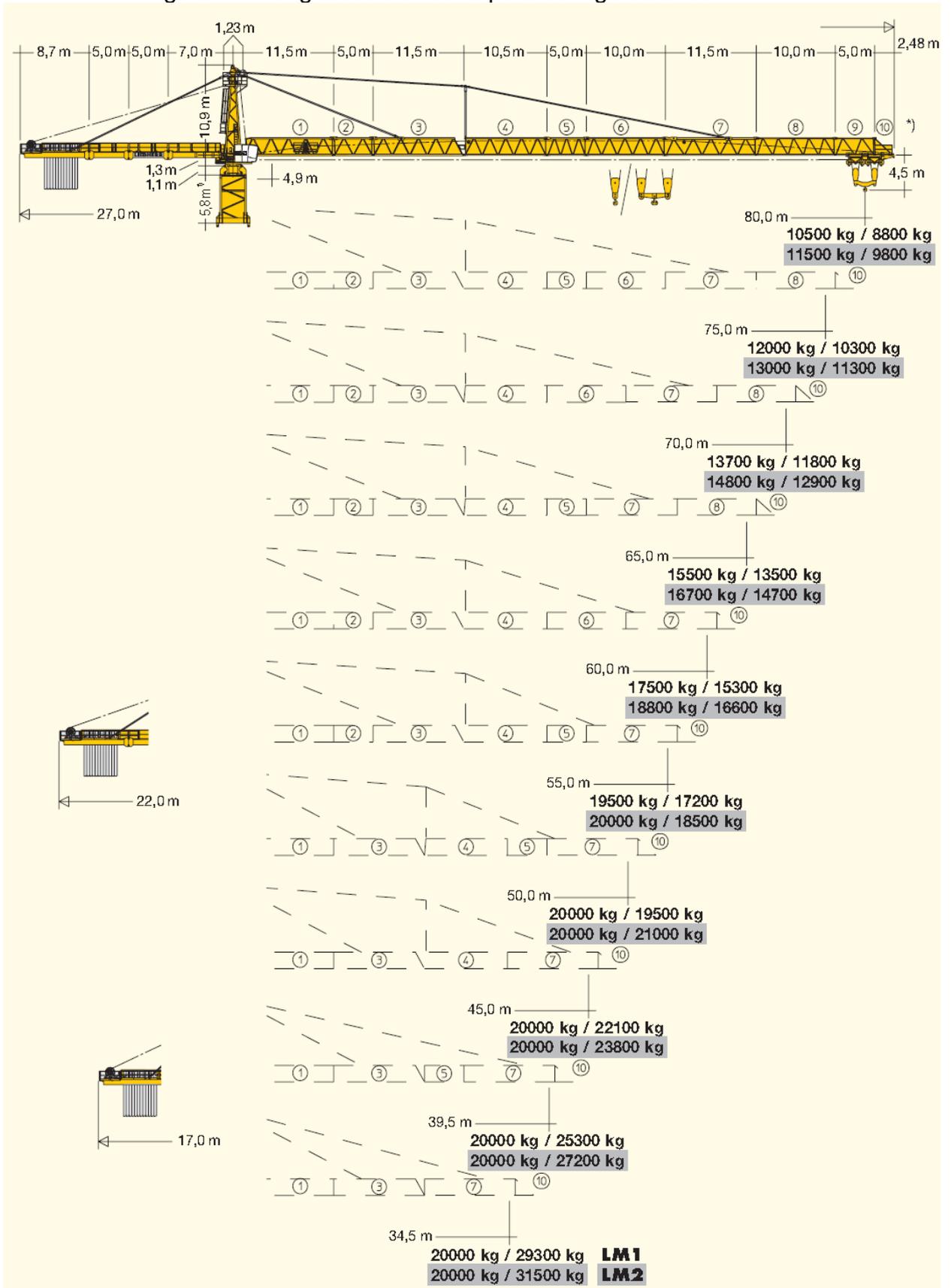
Fuente: Ficha Técnica Liebherr 1000EC-H40.

Tabla 2.2 Tabla de alcances y carga de doble reenvío.

 m r	m/kg	1000 EC-H 40											
		25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0
80,0 (r=83,7)	4,9-22,6 40000	35690	29020	24600	21210	18530	16350	14550	13030	11740	10630	9660	8800
75,0 (r=78,7)	4,9-23,6 40000	37520	30550	25930	22380	19580	17300	15420	13830	12480	11320	10300	
70,0 (r=73,7)	4,9-24,3 40000	38800	31620	26860	23200	20310	17970	16030	14390	13000	11800		
65,0 (r=68,7)	4,9-25,0 40000	40000	32650	27750	23990	21020	18610	16610	14930	13500			
60,0 (r=63,7)	4,9-25,5 40000	40000	33360	28360	24530	21500	19040	17010	15300				
55,0 (r=58,7)	4,9-25,7 40000	40000	33690	28650	24790	21730	19250	17200					
50,0 (r=53,7)	4,9-25,5 40000	40000	33940	28910	25050	21990	19500						
45,0 (r=48,7)	4,9-25,6 40000	40000	34100	29060	25180	22100							
39,5 (r=43,2)	4,9-25,2 40000	40000	33670	28750	39,5 m 25300								
34,5 (r=38,2)	4,9-25,2 40000	40000	33760	34,5 m 29300									

Fuente: Ficha Técnica Liebherr 1000EC-H40.

Figura 2.4 Longitudes de flecha para configuraciones.

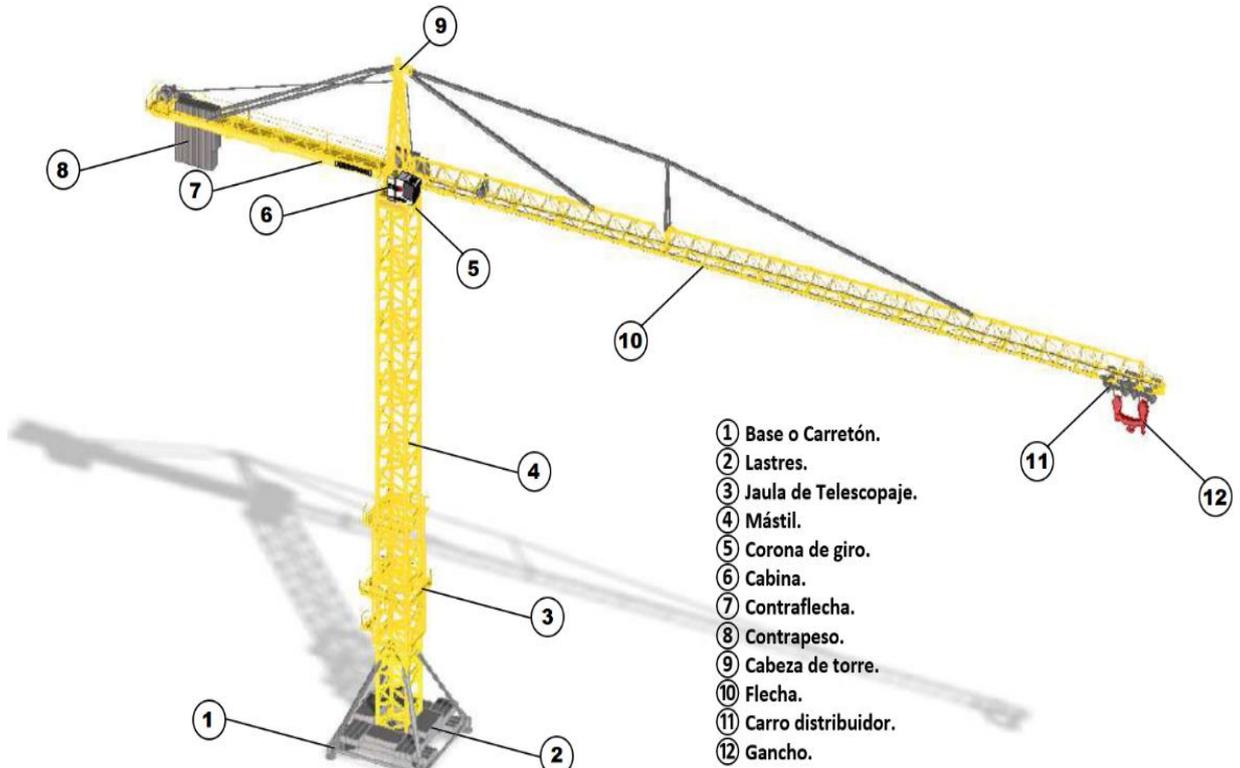


Fuente: Ficha Técnica Liebherr 1000EC-H40.

5. Partes, pesos y medidas de los componentes de la Grúa Torre.

En el siguiente apartado se pasará a explicar las distintas partes de una grúa torre. En la figura 13 podemos ver indicadas sus distintas partes:

Figura 2.5 Esquema de una grúa torre y sus partes.



Fuente: Elaboración propia.

Las partes más destacadas de una grúa torre como se observa en la figura 2.5 son las siguientes:

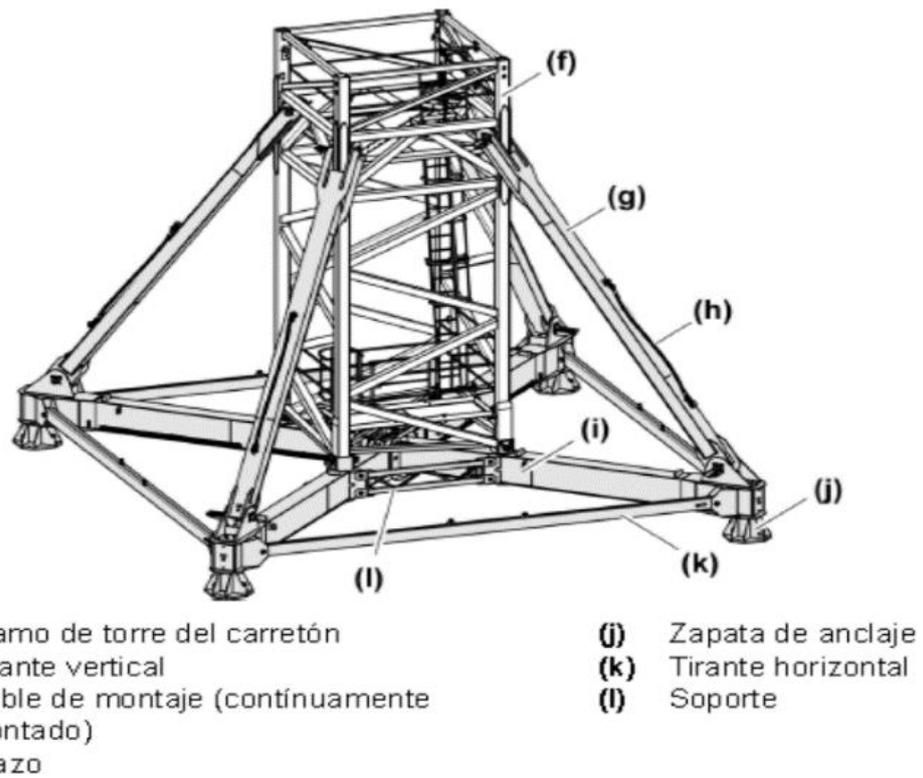
- | | |
|--------------------------|------------------------|
| a. Base o Carretón. | g. Contraflecha. |
| b. Lastres. | h. Contrapeso. |
| c. Jaula de Telescopaje. | i. Cabeza de torre. |
| d. Mástil. | j. Flecha. |
| e. Corona de giro. | k. Carro distribuidor. |
| f. Cabina. | l. Gancho. |

A continuación, se describirán las partes de la grúa, que son parte fundamental de su estructura y esenciales para su funcionamiento, así también los pesos y medidas para las consideraciones del proceso de transporte.

a. Base o Carretón.

Elemento que soporta la torre de la grúa y que sostiene los lastres de piso para la estabilidad de la grúa torre en las condiciones de servicio y fuera de servicio especificadas, cumple la función de brindar la verticalidad y horizontalidad de la grúa torre por lo que requiere para la continuación del proceso de armado realizar pruebas de nivelación topográfica.

Figura 2.6 Vista global del carretón estacionario.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Tabla 2.3 Tabla de pesos y alturas para transporte de base.

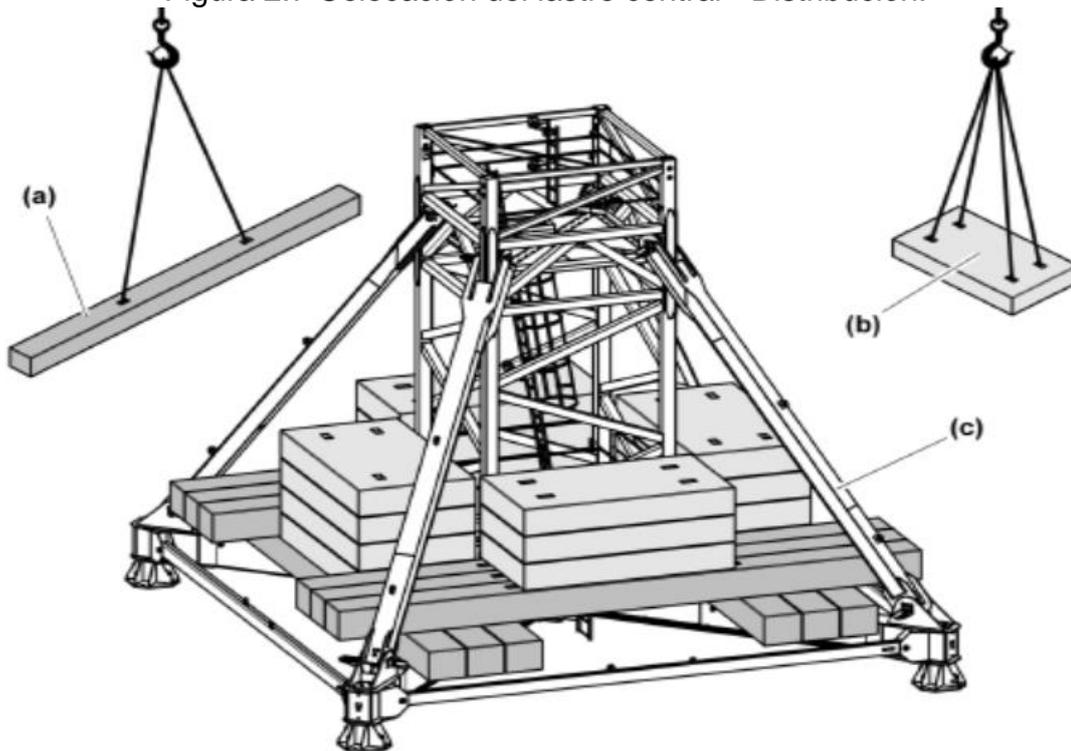
Parte inferior de la grúa				Estructura de la torre		
				con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)
(b)	Carretón (estacionario)	Zapatas de anclaje	4x 0,45 t	21.0	20.0	-
		Base cruciforme del carretón	15,50 t			
		Tirante vertical	4x 1,90 t			
(c)	Tramo de torre del carretón (C 075.001-312.000 / 9003 4020)		16,0 t			

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

b. Lastres Basal.

El lastre tiene la función clave de mantener estable la grúa frente a su propio peso, al peso de la carga en servicio y el de la acción del viento en su estructura. El lastre puede estar formado por una zapata enterrada o bien por varios bloques de hormigón colocados en su base, estos bloques deben ser tratados con el mismo cuidado que los de contrapeso, con su peso visible en todo momento y sin deterioro.

Figura 2.7 Colocación del lastre central - Distribución.



- (a) Bloque de lastre central "A"
- (b) Bloque de lastre central "B"
- (c) Carretón

Ref. B1-Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Tabla 2.4 Tabla pesos y alturas para transporte de lastres.

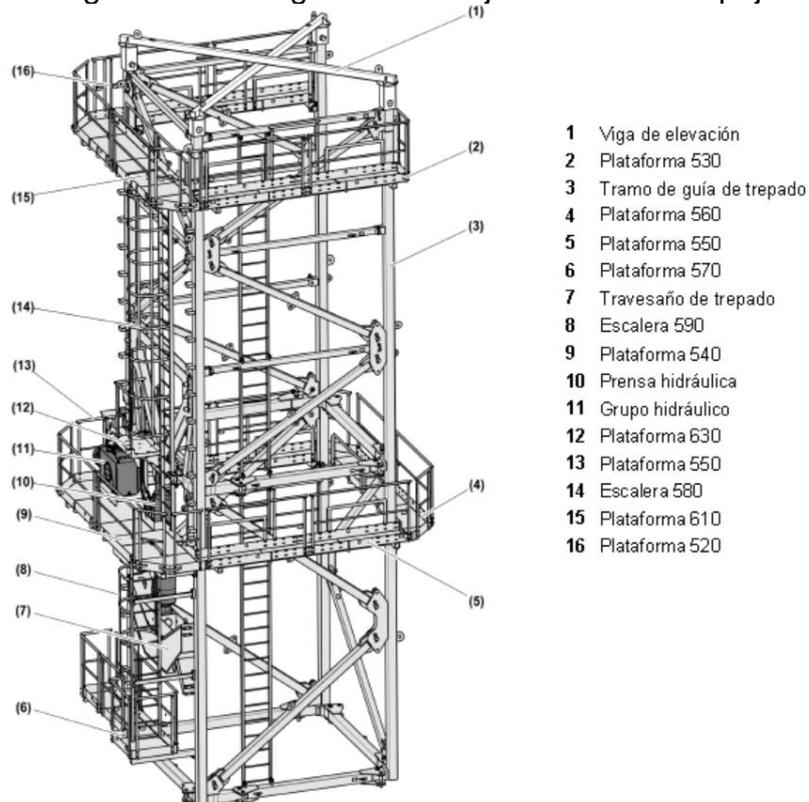
Parte inferior de la grúa				Estructura de la torre		
				con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)
(d)	Bloque de lastre central	A	10,00 t	21.0	20.0	-
		B	10,00 t			

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

c. Jaula de Telescopaje.

Es el elemento que permite la separación de la parte superior de la grúa torre, desde el tramo de trepado con el mástil de la grúa torre con la finalidad de ingresar módulos de tramos de mástil para el incremento de la altura bajo gancho, así como también se emplea para realizar el proceso de desmontaje.

Figura 2.8 Vista general de la jaula de Telescopaje.



Fuente: Manual de sistema telescopaje Liebherr 1000ECH v2

Tabla 2.5. Tabla pesos y medidas transporte de Jaula de Telescopaje.

Parte inferior de la grúa		Estructura de la torre			
		con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)	
Torre 1000 HC					
(g)	Torre de montaje estándar completo con sistema hidráulico, cilindro, travesaño, plataformas	23,50 t	52,0 m	51,0 m	41,0 m

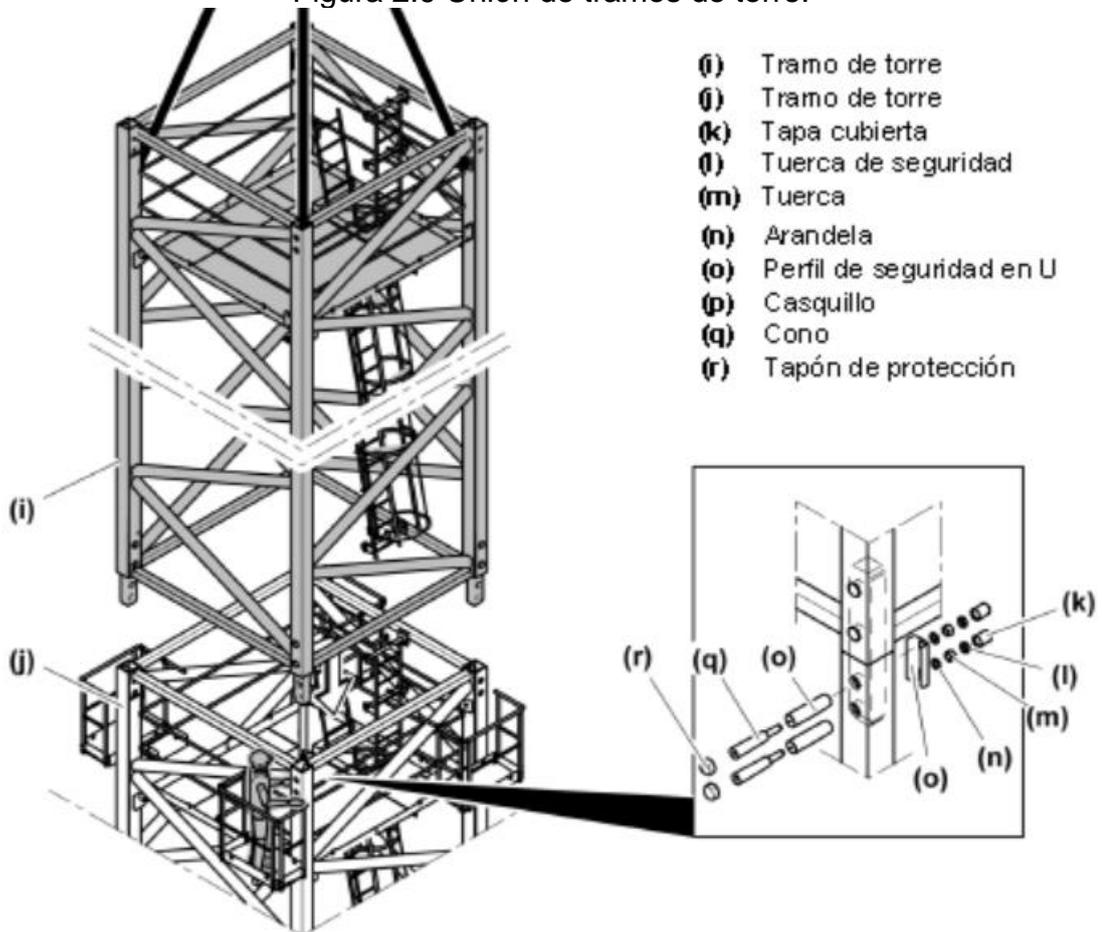
Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

d. Mástil.

Es una estructura de celosía metálica de sección regularmente cuadrada, cuya principal misión es brindar a la grúa de altura suficiente. Regularmente está

conformada por módulos de celosía que facilitan el transporte de la grúa. Para el montaje se unirán estos módulos, mediante bulones, llegando todos unidos a la altura proyectada, durante el montaje de los módulos de tramos de mástil se controla la verticalidad de la estructura.

Figura 2.9 Unión de tramos de torre.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014

Tabla 2.6 Tabla pesos y medidas para transporte de módulos de mástil.

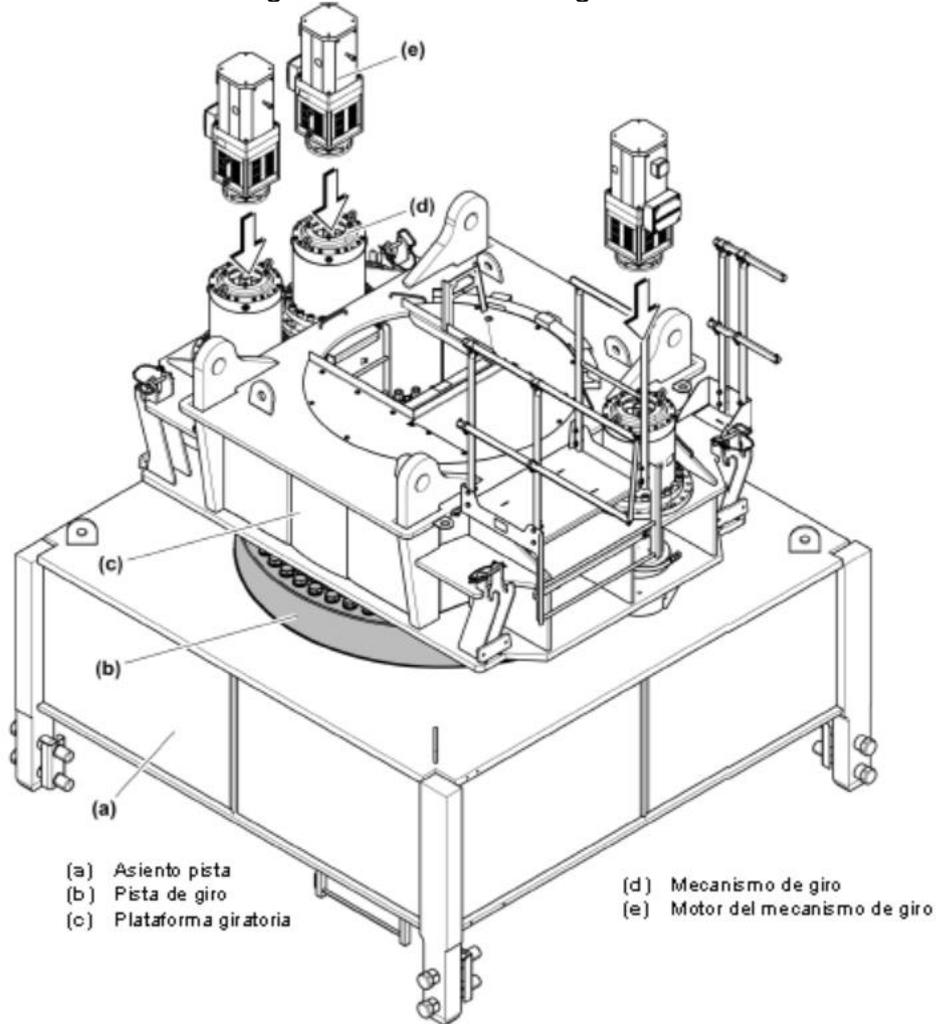
Parte inferior de la grúa		Estructura de la torre			
		con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)	
Torre 1000 HC					
(f)	1r. tramo de torre 1000 HC estándar (C035.081-332.000) – 5,8 m	7,50 t	27,0 m	26,0 m	18,0 m
	2º tramo de torre 1000 HC estándar (C 035.081-332.000) – 5,8 m	7,50 t	33,0 m	32,0 m	22,0 m
	3r. tramo de torre 1000 HC estándar (C 035.081-332.000) – 5,8 m	7,50 t	39,0 m	38,0 m	28,0 m
(h)	Tramo de torre de trepado (C 035.081– 335.000)	14,00 t	45,5 m	44,5 m	34,5 m

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

e. Plataforma de giro o tornamesa.

En la parte superior del mástil en donde se sitúa la zona giratoria que aporta a la Grúa un movimiento de 360° horizontales. Es el que permite girar la pluma y está constituido por un freno hidráulico, un acoplamiento hidráulico, reductores, motores eléctricos, una corona y piñón de giro.

Figura 2.10 Plataforma giratoria.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Tabla 2.7 Tabla pesos y medidas para transporte de plataforma de giro

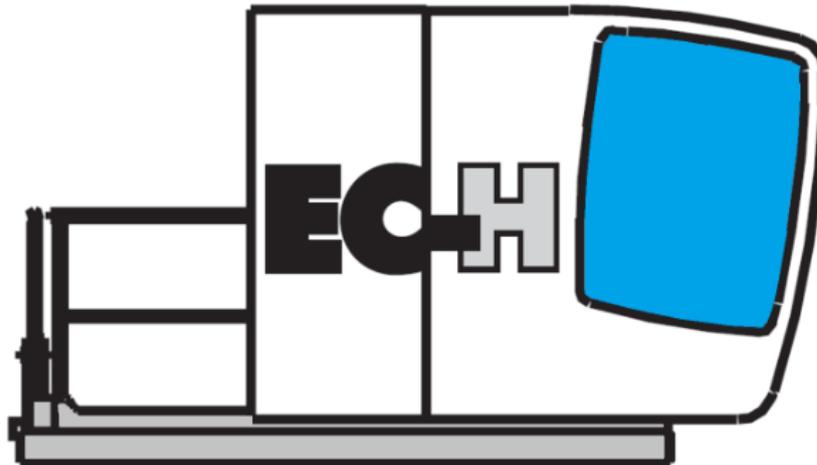
Parte inferior de la grúa		Estructura de la torre			
		con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)	
(i)	Plataforma giratoria (con mecanismos de giro), pista de giro y asiento pista (con piezas de conexión)	22,00 t	50,0 m	49,0 m	39,0 m
(j)	Plataforma con armarios eléctricos	2,00 t	50,0 m	49,0 m	39,0 m

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

f. Cabina.

La cabina se encuentra afianzada solidariamente a la estructura vertical giratoria de la grúa, desde esta ubicación el operador puede controlar todas las maniobras desde su puesto de trabajo sin riesgo. Las ventanas están construidas con vidrios de seguridad.

Figura 2.11 Cabina de operación.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Tabla 2.8 Tabla pesos y medidas para transporte de cabina de operación.

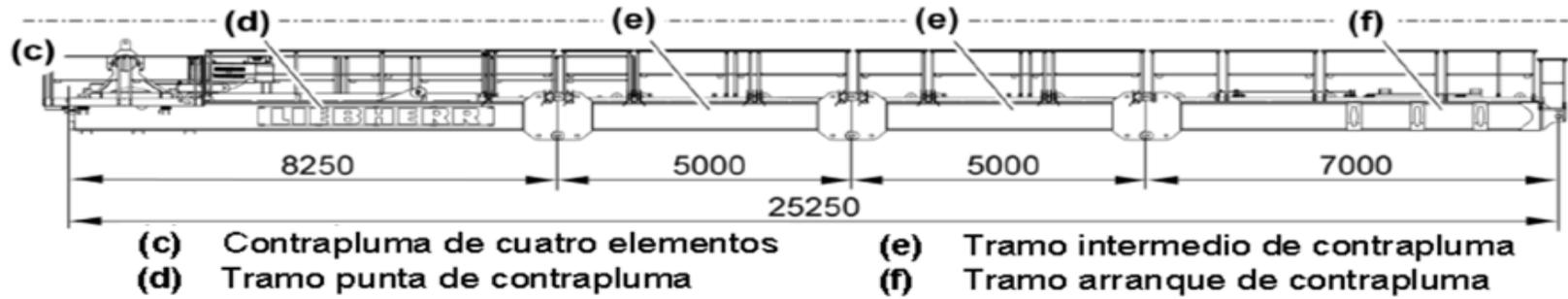
Parte inferior de la grúa			Estructura de la torre		
			con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)
(k)	Plataforma con cabina	1,20 t	50,0 m	49,0 m	39,0 m

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

g. Contraflecha.

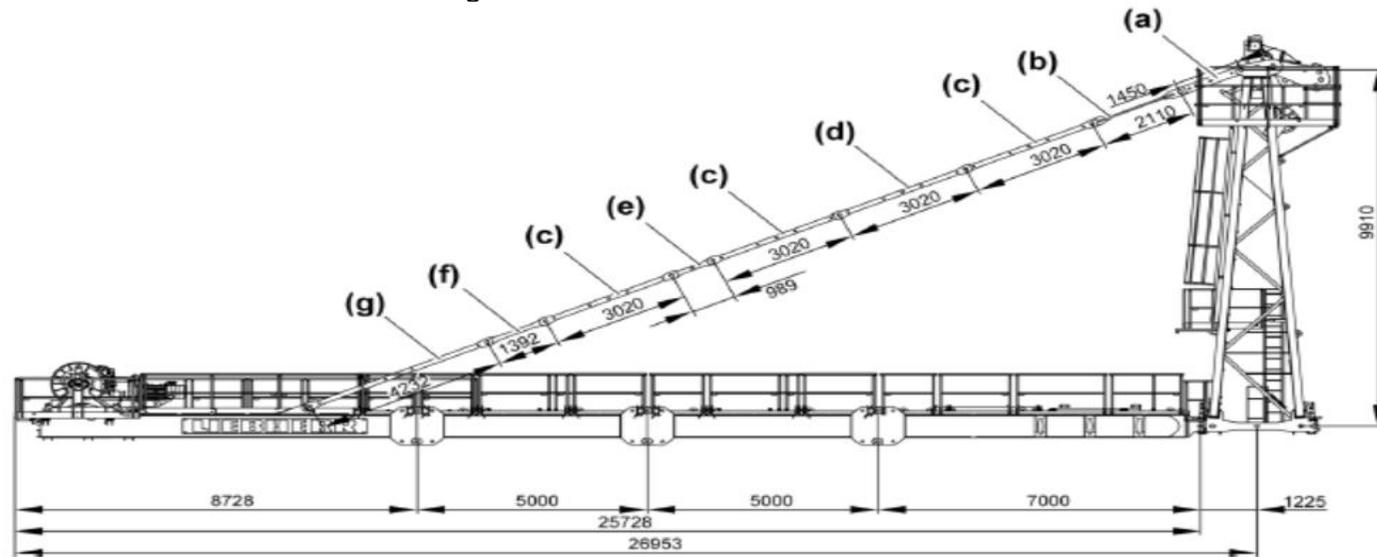
La contraflecha es el elemento que sirve para equilibrar la torre, su longitud oscila entre el 30 y el 35 % de la longitud de la pluma. Al final de la contrapluma se colocan los contrapesos. Las secciones de los perfiles dependerán de los contrapesos que se van a colocar.

Figura 2.12 Contraflecha.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Figura 2.13 Tirantes de contraflecha.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Tabla 2.9 Tabla pesos y medidas para transporte de Contraflecha.

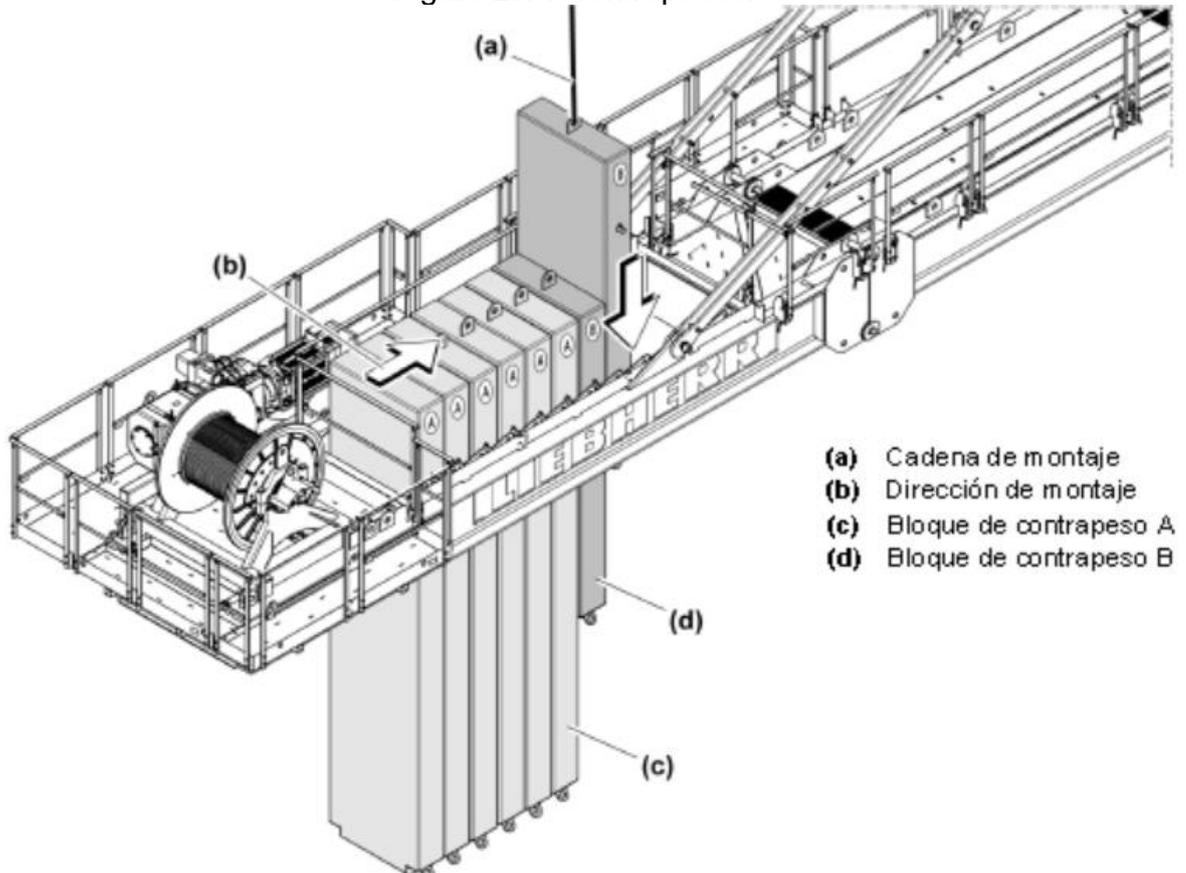
Parte superior de la grúa		Estructura de la torre			
		con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)	
(m)	Contraflecha completa con dos tramos intermedios con	25,00 t	50,0 m	49,0 m	39,0 m
	Tramos intermedios de contraflecha	6,40 t			
	Tramo punta de contraflecha	5,50 t			
	Tramo arranque de contraflecha	4,50 t			
	Tirantes de sostén	1,90 t			
	Unidad mecanismo de elevación (mecanismo de elevación con bastidor, sin cable de elevación)	5,00 t			
	Cable de elevación Ø25mm mm y 460 m de largo	1,50 t			

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

h. Contrapeso.

Estructuras de hormigón prefabricado que se colocan para estabilizar el peso y la inercia que se produce en la flecha de la grúa. Deben estabilizar la grúa tanto en reposo como en funcionamiento.

Figura 2.14 Contrapesos.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Tabla 2.10 Tabla pesos y medidas para transporte de Contrapesos.

Parte superior de la grúa				Estructura de la torre		
				con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)
(n)	Bloque de contrapeso	A	5,60 t	55,5 m	54,5 m	44,5 m
		B	3,70 t	54,0 m	53,0 m	43,0 m

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Table 2.11 Tabla de configuración de contrapesos de contraflecha.

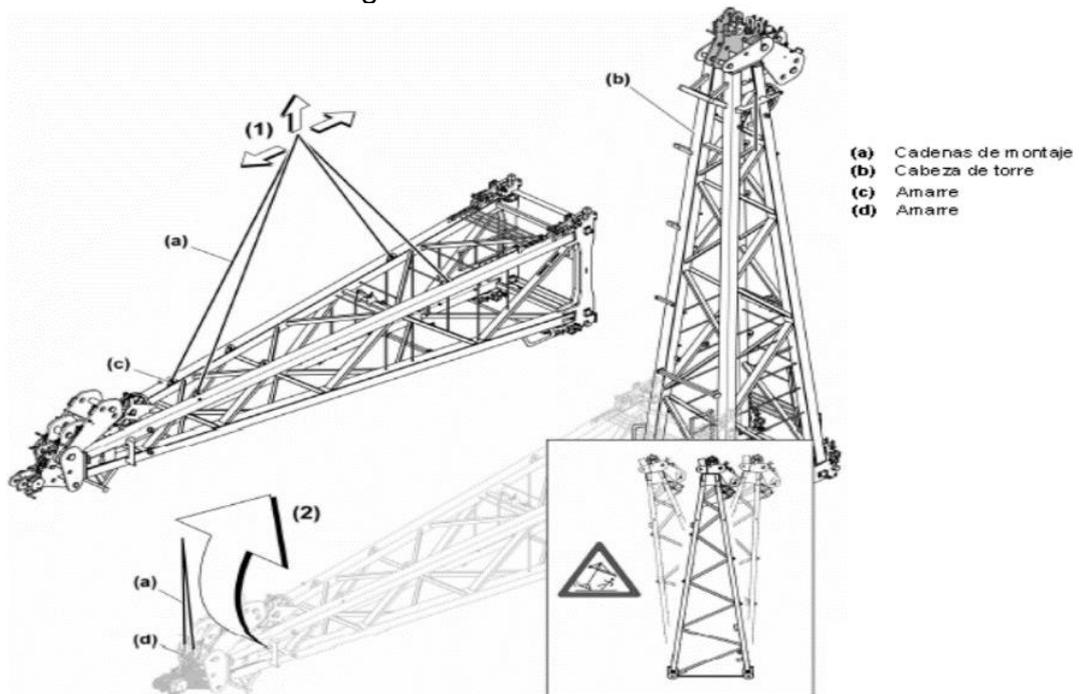
Flecha (m)	Contraflecha	Cantidad de bloques de contrapeso	Peso total (t)	Disposición de los bloques de contraflecha									
				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
80.0	De cuatro elementos (C 075.001-711.000/900327 22 + 2xC 075.001-712.000 / 9003 2602)	10xA	56.00	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
75.0		9xA + 1xB	54.10	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
70.0		8xA + 1xB	45.50	A	A	A	A	A	A	A	A	B	
65.0		8xA	44.80	A	A	A	A	A	A	A	A		
60.0		6xA + 2xB	41.00	A	A	A	A	A	A	A	B	B	

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

i. Cabeza de torre.

Cabeza de torre o portaflecha, es el elemento que permite la unión de la contraflecha y flecha hacia el cuerpo de mástil o torre, así como también conecta con los tirantes de ambos componentes para su estabilidad.

Figura 2.15 Cabeza de torre.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Tabla 2.12 Tabla pesos y medidas para transporte de Cabeza de torre.

Parte superior de la grúa				Estructura de la torre		
				con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)
(l)	Cabeza de torre completa (con tirantes de sostén)	11,00 t	61,5 m	60,5 m	50,5 m	

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

j. Flecha.

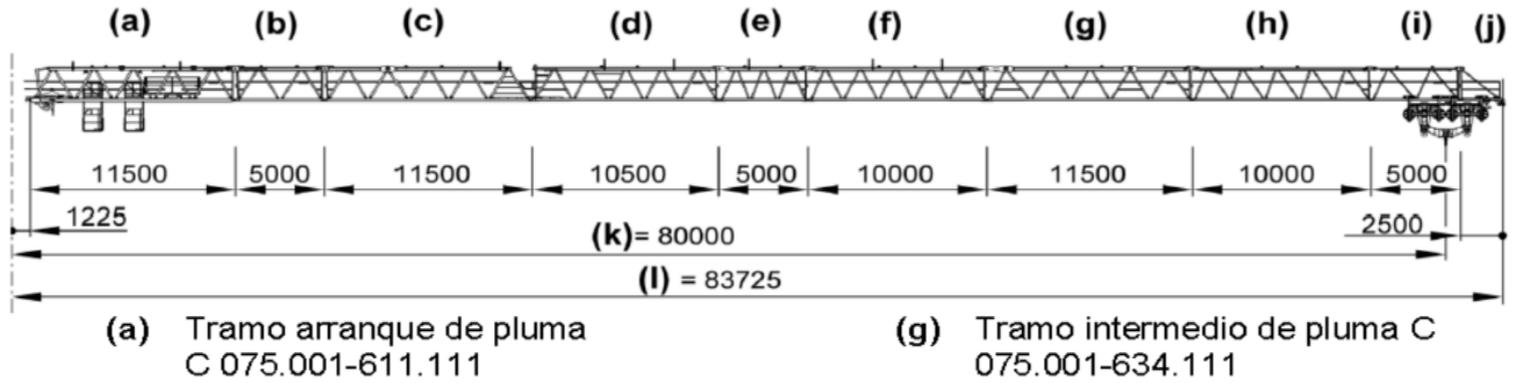
Es una estructura de celosía metálica de sección regularmente triangular, cuya principal misión es dotar a la grúa de alcance necesario; también suele tomar el nombre de pluma. Al igual que el mástil suele tener una estructura modular para facilitar su transporte, para nuestra grúa torre el alcance máximo es de 80 metros.

Tabla 2.13 Tabla pesos y medidas para transporte de Pluma Tramo I y II.

Parte superior de la grúa				Estructura de la torre		
				con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)
(o)	Flecha Sección I con Tramo arranque de flecha Tramo intermedio de flecha Tirantes de sostén Mecanismo de traslación carrito con cables de traslación carrito	80m	17,00 t	50,0 m	49,0 m	39,0 m
(p)	Flecha Sección II con Tramo punta de flecha Tramos intermedios de flecha Tirantes de sostén Caballete sostén	80m	18,00 t	50,0 m	49,0 m	39,0 m

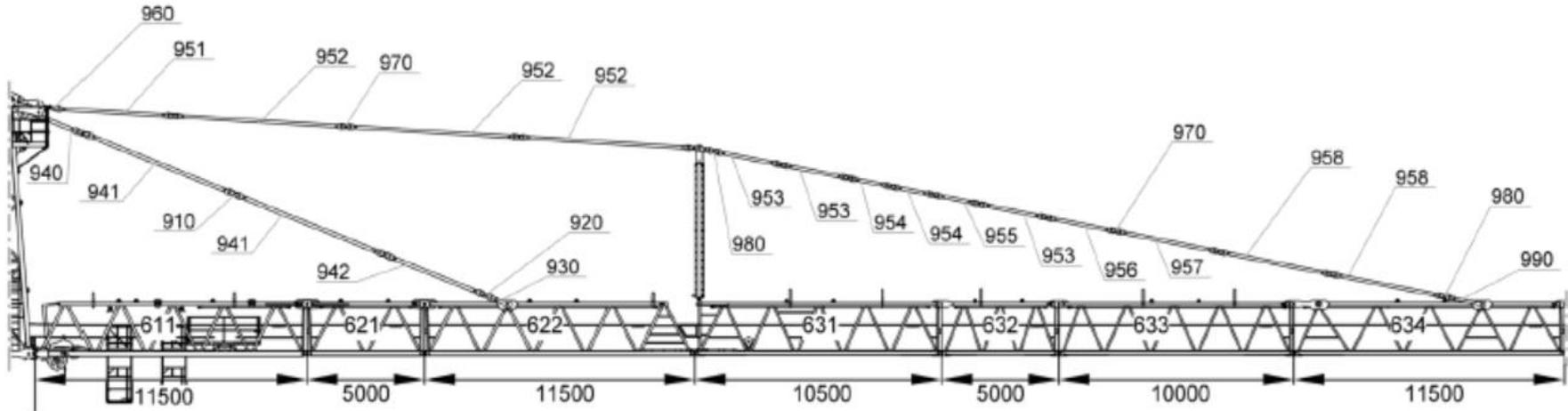
Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Figura 2.16 Flecha de 80m.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014

Figura 2.17 Tirante de flecha de 80m.

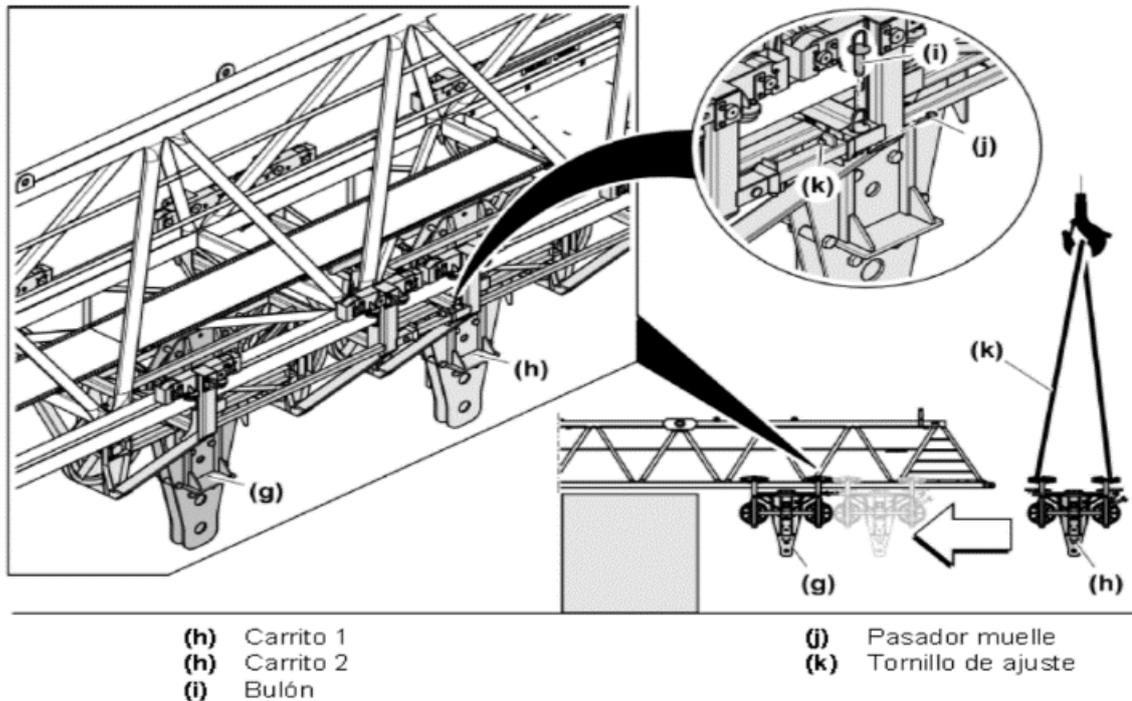


Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014

k. Carro distribuidor.

Consiste en un carro que se mueve a lo largo de la flecha a través de carriles para la distribución de la carga que se debe trasladar dentro de su radio de giro y alcance, para nuestro caso tenemos dos carros bajo configuración.

Figura 2.18 Carritos de distribución.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Tabla 2.14 Tabla pesos y medidas para transporte de Carritos 1 y 2.

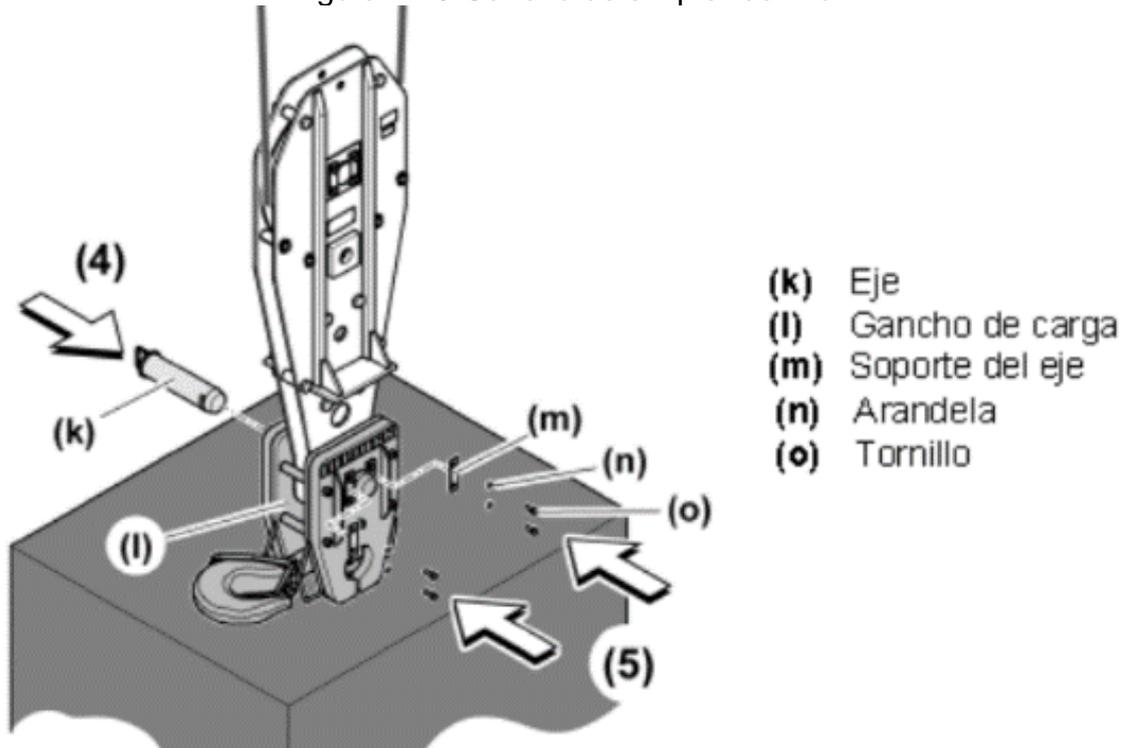
Parte superior de la grúa			Estructura de la torre		
			con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)
(p)	Carrito 1	0,80 t	75,5 m	63,5 m	51,5 m
	Carrito 2	0,90 t			

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

I. Gancho.

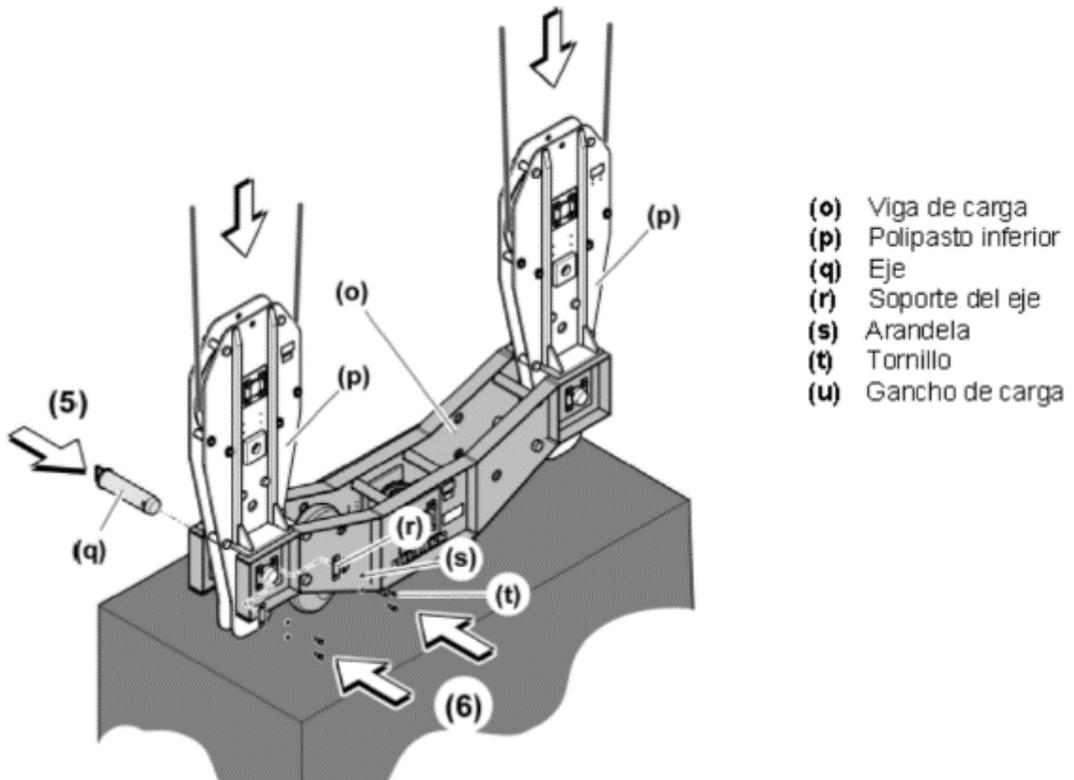
El equipo cuenta con gancho simple y gancho doble, va provisto de un dispositivo que permite la entrada libre de los cables de las eslingas y/o estrobos, y de forma automática los retenga impidiendo su salida.

Figura 2.19 Gancho de simple reenvió.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Figura 2.20 Gancho de doble reenvió.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

Tabla 2.15 Tabla pesos y medidas para transporte de ganchos 1 y 2.

Parte superior de la grúa			Estructura de la torre		
			con carretón (1)	con zapatas de anclaje (2)	con pie de anclaje (3)
(q)	Polipasto inferior para servicio de 4 ramales	2,50 t	50,0 m	49,0 m	39,0 m
	Polipasto inferior para servicio de 2 ramales	1,00 t			

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

m. Sistema Litronic.

El sistema de control Litronic monitoriza, controla y coordina todas las funciones importantes de las grúas torre de Liebherr. El sistema de control de grúa Litronic se compone, por lo general, de varios componentes funcionales electrónicos e interfaces. También incluye el sistema de limitación del momento de carga, el sistema de limitación del área de trabajo, la evaluación de datos de la máquina, así como la interfaz para el sistema anticolidión.

2.1.2 Aspectos Normativos.

I. Norma para el transporte de materiales y mercancías.

a. Decreto supremo N° 058-2003-MTC.

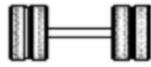
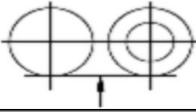
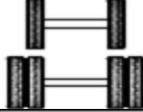
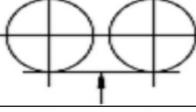
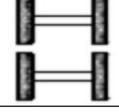
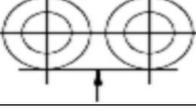
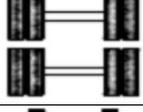
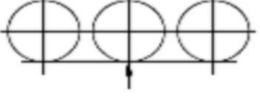
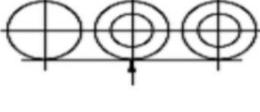
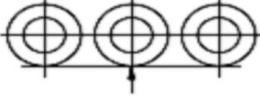
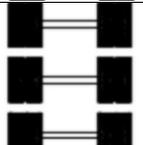
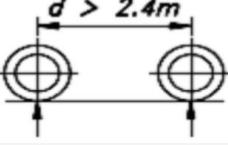
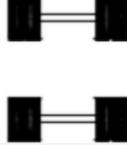
De acuerdo con la Ley N.º 29380 se creó la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías- Sutran, para normar, supervisar, fiscalizar y sancionar los servicios de transporte terrestre de personas, carga y mercancías en los ámbitos nacional e internacional, así como para supervisar y fiscalizar el cumplimiento de las normas relacionadas con el tránsito y las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos.

Con estas normas legales inscritas en el decreto supremo N°058-2003-MTC es que se ha determinado seleccionar las cargas de cada unidad de transporte para limitar las dimensiones y pesos para evitar sobrecostos en multas, ploteos y/o sobre estadías, de esta forma lograr un mejor performance no solo en el transporte sino también en la división correcta y correlativa de las partes estructurales que permiten realizar el armado y montaje de la Grúa Torre Liebherr 1000EC-H40, para ellos se han considerado lo descrito en el anexo IV de pesos y Medidas.

b. Peso máximo por ejes y/o conjunto de ejes.

El peso máximo por eje simple o conjunto de ejes permitido de los vehículos, se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 2.16 Tabla de pesos máximos normativos por eje

Conjunto de eje(s)	Nomenclatura	Simbología	Nº de Neumáticos	GRAFICO	Peso máximo por eje(s) (t)
Simple	1RS		02		7
Simple	1RD		04		11
Doble	1RS+1RD		06		16
Doble	2RS		04		12
Doble	2RD		08		18
Triple	3RS		06		16
Triple	1RS+2RD		10		23
Triple	3RD		12		25
Doble Separado	1RD+1RD		08		11+11

RS: Rodada simple
RD: Rodada doble

Fuente: Decreto Supremo N°058-2003-MTC

c. Medida estándar vehicular.

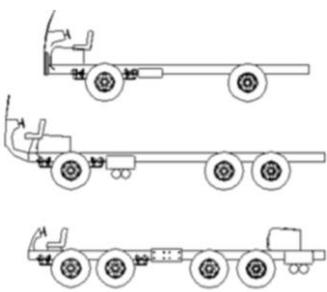
De acuerdo con la normativa, se tiene las siguientes dimensiones permitidas para el transporte de materiales, las cuales emplearemos para optimizar el transporte, además esto nos permitirá emplear un cronograma de despacho correspondiente a la etapa de montaje y armado de la grúa torre Liebherr 1000EC-H40.

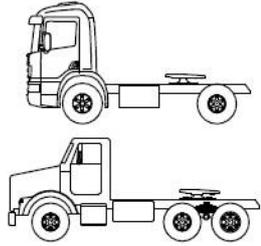
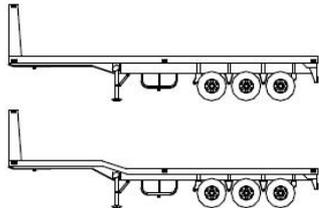
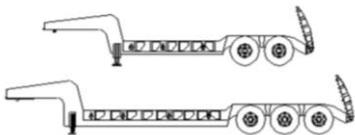
Tabla 2.17 Medidas Vehiculares Normativas.

Item	Medición	Denominación	Medida
1	Ancho máximo	Ancho máximo (sin espejos) para todo tipo de vehículo (incluida la mercancía o bienes transportados)	2.60 m
2	Altura máxima	Vehículos de la categoría N en general	4.10m
		Vehículos de categoría M con carrocería convencional	3.60m
		Vehículos de categoría M con carrocería integral	4.30m
		Vehículos de categoría O en general (incorporado por el artículo 3º del DS 005-2004-MTC / 18.FEB.2004)	4.10m
		Vehículos de categoría O de compartimento cerrado tipo Semirremolque	4.30m
		Vehículos de categoría O diseñados para el transporte de Contenedores	4.30m
		Vehículos de categoría O diseñados para el transporte de Contenedores de gran volumen (High Cube)	4.60 m
3	Longitudes máximas	Adicionalmente, las longitudes máximas de los vehículos de categoría O entre parachoques:	
		Remolque (no incluye punta de lanza)	10.00 m
		Remolque balanceado (no incluye punta de lanza)	8.50 m
		Semirremolque	14.68 m
4	Voladizo posterior	Las longitudes máximas de los vehículos de las categorías M y N, y la combinación de los vehículos de las categorías N y O, se encuentran en las Tablas de Pesos y Medidas del numeral 1 del DS N°058-2003.	
		Categoría M :	
		Con motor posterior, distancia entre ejes hasta:	60%
		Con motor central, distancia entre ejes hasta:	65%
		Con motor delantero, distancia entre ejes hasta:	70%
		Categoría N :	
Hasta 60% de la distancia entre ejes, no pudiendo exceder los:	3.50 m		

Fuente: Decreto Supremo N°058-2003-MTC

Tabla 2.18 Tabla de clasificación vehicular y estandarización.

CODIGO	CARROCERÍA	CATEGORIA	DEFINICIÓN	GRÁFICOS REFERENCIALES
CHM	CHASIS MOTORIZADO	M2 M3	Vehículo incompleto al que se le debe montar una carrocería de acuerdo con el uso que se le va a dar. El chasis viene generalmente con el tablero de mandos y sistema de dirección instalado, incluyendo el panel frontal. Este tipo de vehículo no es registrable.	

REM	REMOICADOR	N1 N2 N3	Vehículo diseñado exclusivamente para jalar semiremolques y soportar parte de la carga total que le trasmite éste a través de la quinta rueda. También llamado tracto camión, tracto remolcador o tractor de carretera para semiremolques.	
PLA	PLATAFORMA	N1 N2 N3 O1 O2 O3 O4	Vehículo con carrocería plana en uno o más niveles, sin barandas, para el transporte de mercancías en general. Puede tener elementos auxiliares para la fijación de la mercancía transportada.	
CBA	CAMABAJA	O3 O4	Vehículo diseñado para el transporte de mercancías pesadas e indivisibles. Puede tener mayor cantidad de ejes o neumáticos en cada eje que los semirremolques convencionales. La altura máxima de la plataforma de carga es de 1.1m	

Fuente: DIRECTIVA N° 002-2006- MTC/15

II. Normas técnicas de edificación para cimentación.

Las Normas Técnicas de Edificaciones (NTE) son en el Perú, los documentos legales por los cuales se asegura el nivel de confianza mínimo en que las estructuras así diseñadas y construidas sean durables y tengan la resistencia suficiente para soportar los embates de la naturaleza.

Las NTE se encuentran agrupadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones cuya última versión data del año 2006 y es de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional. A continuación, citamos las referidas para el presente trabajo:

a. Condiciones de estabilidad.

Con respecto a las condiciones de estabilidad, antes de iniciar el montaje de una grúa torre se debe realizar:

- Un estudio de la mecánica del suelo de fundación.

- La construcción de los lastres basales y contrapesos aéreos de acuerdo con las especificaciones técnicas del manual del fabricante.

Los lastres y contrapesos pueden ser metálicos, de hormigón o de materiales a granel, en cuyo caso deben estar contenidos en una caja metálica cerrada y estanca. Los contrapesos y lastres formados por bloques deben llevar una marca impresa en caracteres fácilmente legibles e indelebles, en que se indique la masa de este.

Cada vez que se monte la grúa, se debe verificar la masa del contrapeso a emplear, además estos deben estar siempre afianzados a la estructura de la grúa torre.

- La correcta construcción de los anclajes y su afianzamiento.
- La construcción de fundaciones que transmitan adecuadamente las cargas máximas al terreno.
- Los rieles y demás elementos que forman parte de la vía deben ser instalados de acuerdo a lo dispuesto por el fabricante, la sujeción de los rieles debe ser la adecuada a los materiales de la estructura que los soporta.

Las tolerancias admitidas en la instalación inicial de las vías rectas y horizontales serán las siguientes:

- a. La superficie de traslación de una misma línea de rieles no debe presentar irregularidades de nivel superiores a $1/1.000$ del ancho de la vía.
- b. La diferencia de la altura entre las dos líneas de rieles de una misma vía no debe ser superior a $1/1.000$ del ancho de la vía.
- c. La trocha y las tolerancias deben corresponder a las especificadas en los manuales del fabricante de la grúa.
- d. Desnivel entre juntas de rieles debe ser de 2 mm como máximo.
- e. Separación de juntas de rieles determinado de acuerdo con el cálculo de dilatación del riel.

- f. Nivelación transversal del pie de cada riel debe ser de 3/1.000 como máximo, respecto a un plano horizontal.
- g. La superficie plana de la cabeza del riel debe estar centrada respecto al plano de simetría de este.

Las grúas torre rodantes deben contar con medios adecuados de inmovilización para evitar todo desplazamiento cuando estén expuestas a la acción del viento.

Estos medios se deben establecer de acuerdo con las especificaciones contenidas en los manuales del fabricante.

b. Norma técnica E.020 “cargas”.

Esta norma establece las cargas mínimas en condiciones de servicio por lo cual las cargas empleadas en el diseño no serán menores que los valores mínimos establecidos en la norma E.020, las edificaciones deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Las cargas mínimas establecidas en esta norma están dadas en condiciones de servicio. Esta norma se complementa con la NTE E.030 Diseño Sismorresistente y con las Normas propias de diseño de los diversos materiales estructurales.

c. Norma técnica E.030 “diseño sismorresistente”.

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en numeral **1.3. Filosofía y principios del diseño sismorresistente** que consiste en:

- Evitar pérdida de vidas humanas.
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en la presente norma los siguientes principios:

- La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.

d. Norma técnica E.050 “suelos y cimentaciones”.

La norma técnica es aplicable a los EMS para la cimentación de edificaciones y otras obras indicadas en su norma y su ámbito de aplicación comprende todo el territorio nacional.

Les exigencias de esta norma se consideran mínimas, así también no toma en cuenta los fenómenos de geodinámica externa o en los casos que haya presunción de la existencia de ruinas arqueológicas; galerías u oquedades subterráneas de origen natural o artificial.

e. Norma técnica E.060 “concreto armado”.

El objeto de esta norma es establecer los requisitos mínimos para la ejecución de estudios de mecánica de suelos, con fines de cimentación de edificaciones y otras obras indicadas en esta Norma. Los estudios de mecánica de suelos se ejecutan con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras y para promover la utilización racional de los recursos.

f. Norma ASCE 7-16 cargas de diseño mínimas para edificaciones.

La norma ASCE 7 es una de las normas de diseño más completas, abarca estructuras convencionales y las no convencionales. Una de las mejores características es que te brinda los parámetros y criterios para el diseño, fabricación y el montaje de edificios de acero estructural y otras estructuras.

g. Norma AISC 360-10 especificación para construcciones de acero.

La especificación para edificios de Acero (ANSI/AISC 360), aplica al diseño de sistemas estructurales en acero o sistemas con acero estructural actuando en estructuras compuestas con concreto armado, en los cuales los componentes de acero se definen en el AISC Code of Standard Practice for Steel Buildings and

Bridges. Esta Especificación establece criterios para el diseño, fabricación y el montaje de edificios de acero estructural y otras estructuras, donde otras estructuras se definen como aquellas estructuras diseñadas, fabricadas y montadas de manera similar al de edificios, indicando de esta manera que sus elementos resistentes a cargas verticales y laterales son similares a los sistemas resistentes de los edificios. En caso de que esta Especificación haga referencia al código de construcción aplicable, y dicho código no existiera, las cargas, combinaciones de carga, limitaciones de sistema, y requerimientos de diseño en general serán los establecidos en ASCE/SEI 7.

h. Norma ACI 318-19 requisitos de reglamento de construcción para concreto estructural.

El ACI 318 es una de las normas más esenciales y valiosas con respecto al diseño de estructuras de concreto. Los Estados Unidos y los países de todo el mundo basan sus reglamentos nacionales de construcción en la totalidad o en parte a la norma **ACI 318**.

El ACI 318-19 incluye cambios técnicos importantes en resistencias a la fluencia más altas del acero de refuerzo; la adición del concreto lanzado y disposiciones de cimentaciones profundas; requisitos sísmicos para cimientos profundos y otras aplicaciones; movimientos sísmicos verticales; análisis no lineal para diseño sísmico; modificación a ecuaciones de longitud de desarrollo; y disposiciones y ecuaciones de diseño de cortante actualizadas. Una variedad de otras necesidades de la industria se aborda ahora en ACI 318-19, incluyendo actualizaciones a requisitos sobre postensado, concreto prefabricado, durabilidad del concreto, concreto liviano y mucho más.

Las versiones están actualmente disponibles en inglés con unidades de pulgadas-libras y en español con unidades SI. El ACI 318-19 también está disponible inmediatamente para los suscriptores de la Colección de Códigos, Especificaciones y Prácticas de Concreto del ACI en línea. ACI 318 Plus - un nuevo producto actualmente en desarrollo y cuyo lanzamiento está previsto para

mediados de 2020 - proporcionará a los suscriptores acceso digital/interactivo a ACI 318-19 junto con acceso a recursos relacionados.

i. Peligro sísmico.

El peligro sísmico es la probabilidad de que se produzca un seísmo en un determinado lugar. El riesgo sísmico calibra la probabilidad de que se produzca un sismo, el número de víctimas que ocasionaría y cómo afectaría al tipo de construcciones existentes en la zona.

j. Distribución de Poisson.

La distribución de Poisson fue propuesta por primera vez por Simeón Poisson en libro publicado en 1837. A medida que pasaron los años, el número de aplicaciones comenzó a aumentar, sobre todo el siglo XX y con la aparición de las computadoras en el siglo XXI permitió incrementarlas aún más. La distribución de Poisson es una distribución de probabilidad discreta, que describe el número de veces que ocurre un evento durante un intervalo específico; el cual puede ser de tiempo, distancia, área, volumen, entre otros.

Actualmente el modelo más utilizado para determinar el riesgo sísmico es la distribución de Poisson (es decir, un modelo en que la probabilidad de ocurrencia es constante en el tiempo). Bajo el modelo de Poisson, el riesgo sísmico, expresado en términos de la probabilidad P_T de que un determinado nivel de peligro sísmico sea superado en un determinado tiempo de exposición t en años., se puede estimar por la siguiente ecuación:

$$P_{TMAX}(A > a) = 1 - e^{-\frac{t}{TR}} \quad \dots \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

- TR: Es el período de retorno (es decir el intervalo de recurrencia en años).

k. Factor de amplificación sísmica.

De acuerdo con las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$T < T_P$	$C = 2.5$	
$T_P < T < T_L$	$C = 2.5 \times \frac{T_P}{T}$	... Ecuación (2)
$T > T_L$	$C = 2.5 \times \frac{T_P \times T_L}{T^2}$	... Ecuación (3)

Donde: T es el período

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

I. Fuerza cortante en la base.

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$F = P \times \frac{ZUCS}{R} \quad \dots \text{Ecuación (4)}$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que: $CR \geq 0,125$

m. Análisis y diseño de una zapata.

Normalmente en el diseño de zapatas rectangulares se utilizan algunos criterios de diseño que no reflejan el comportamiento en flexión biaxial, por lo cual se suele asumir lo siguiente:

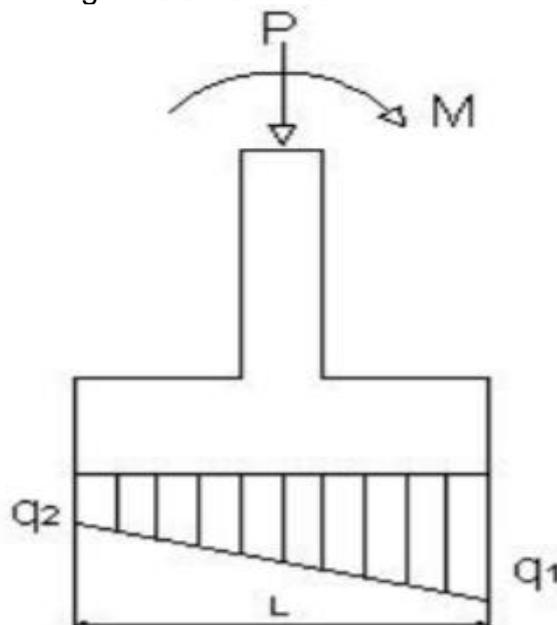
- Diseñar la zapata uniaxialmente para la peor condición, es decir en el lado de la zapata con mayores esfuerzos, y luego correr los momentos y aceros hallados en ambas direcciones.
- Siempre con el criterio de diseño uniaxial, si la excentricidad sale del núcleo central, los esfuerzos se redistribuyen. Esto mismo se repite en la otra dirección de la zapata.

En primer lugar, se realiza un pre-dimensionamiento con la finalidad de obtener las dimensiones de la zapata y comprobar que con estas dimensiones los esfuerzos actuantes son menores que la capacidad portante del suelo. Se asume distribución lineal de esfuerzos.

A continuación, se amplifican las cargas según la Norma Técnica E060 – Concreto Armado, se realizan estos cálculos “sin carga de sismo” y “con carga de sismo”, y se obtienen una carga y un momento de diseño. Luego se obtiene la excentricidad, que sería resultado de la división entre el momento y la carga.

Obtenido este resultado se revisa si la excentricidad es menor que la sexta parte de la longitud mayor de la zapata. De ser así se utilizarán las siguientes expresiones de mecánica de materiales:

Figura 2.21 Esfuerzos Uniaxiales.



Fuente: Diseño y cálculo de estructuras de cimentación y contención – U. Politécnica Madrid.

$$\sigma_{1,2} = \frac{Ps}{L \times B} \pm \frac{6 \times Ms}{B \times L^2} \quad \dots \text{Ecuación (5)}$$

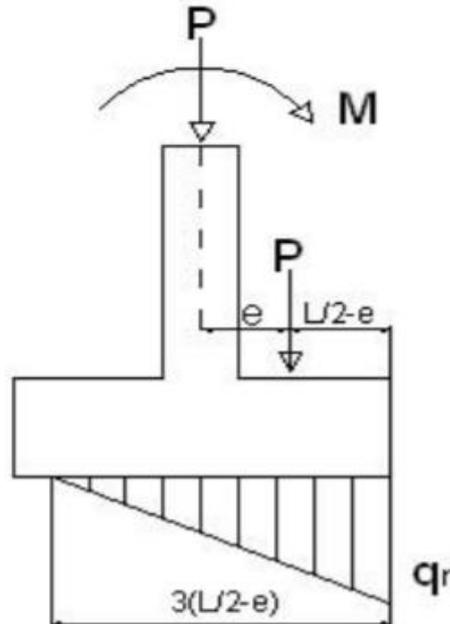
Donde:

L = Longitud en la dirección del momento.

B = La otra dimensión de la zapata.

Si la excentricidad “e” es mayor que la sexta parte de la longitud mayor de la zapata se realiza una redistribución de esfuerzos mediante la siguiente expresión:

Figura 2.22 Redistribución de esfuerzos.



Fuente: Diseño y cálculo de estructuras de cimentación y contención – U. Politécnica Madrid.

$$\sigma_r = \frac{2xPs}{3x\left(\frac{L}{2}-e\right)x_B} \quad \dots \text{Ecuación (6)}$$

Una vez obtenidos los esfuerzos de diseño en la zapata se procede a obtener los momentos actuantes M_u con carga de sismo y sin carga de sismo, y se elige el mayor de ambos. Con este momento se procede a obtener el refuerzo requerido, así como su respectivo espaciamiento.

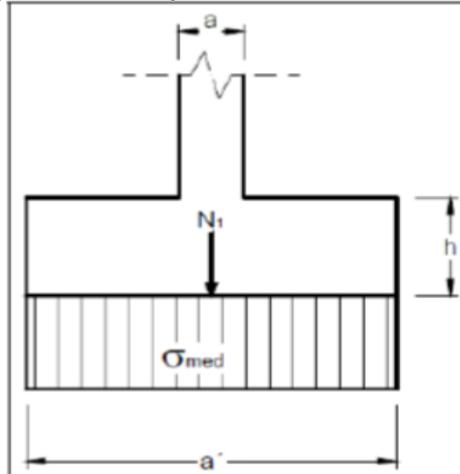
n. Determinación de las acciones en la cimentación.

Es preciso definir el axil y el momento en el plano de cimentación, a partir de los cuales se obtendrá la distribución de tensiones en el terreno, así como los coeficientes de seguridad a vuelco y a deslizamiento.

➤ Zapatas aisladas centradas.

Se supone que la distribución de las presiones en el terreno es plana, tanto si la zapata es rígida como si es flexible.

Figura 2.23 Zapatas aisladas centrada.



Fuente: Diseño y cálculo de estructuras de cimentación y contención – U. Politécnica Madrid.

$$\sigma = \sigma_{med} = \frac{N_1}{a' \times b'} \leq \sigma_{adm} \quad \dots \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

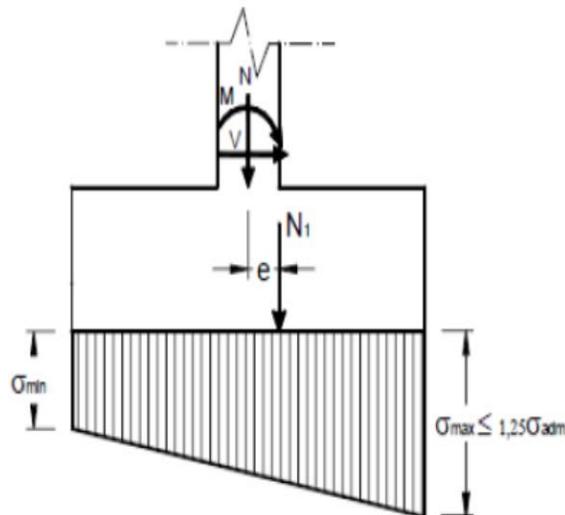
- N1: Axil en el plano de la cimentación.
- a', b': dimensiones en planta de la zapata.
- σ_{med} : presión media en la base de la zapata.
- σ_{adm} : presión admisible del suelo.

➤ **Zapatas aisladas excéntricas en una dirección.**

Se distinguen dos distribuciones de presiones en función de la excentricidad:

- Excentricidad reducida $\rightarrow e \leq \frac{a'}{6}$ (resultante dentro del núcleo central).

Figura 2.24 Zapatas con Excentricidad reducida.



Fuente: Diseño y cálculo de estructuras de cimentación y contención – U. Politécnica Madrid.

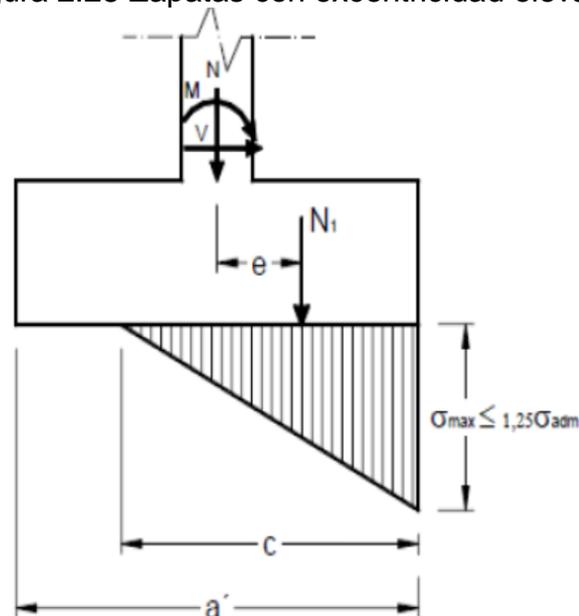
$$\sigma_{m\acute{a}x/min} = \frac{N_1}{a'xb'} \left(1 \pm \frac{6xe}{a'}\right) \quad \dots \text{Ecuaci3n (8)}$$

$$\sigma_{med} = \frac{N_1}{a'xb'} \quad \dots \text{Ecuaci3n (7)}$$

$$e = \frac{M_1}{N_1} \quad \dots \text{Ecuaci3n (9)}$$

- Excentricidad elevada $\rightarrow e > \frac{a'}{6}$ (resultante fuera del n3cleo central).

Figura 2.25 Zapatas con excentricidad elevada.



Fuente: Dise2o y c3lculo de estructuras de cimentaci3n y contenci3n – U. Polit3cnica Madrid.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{4}{3} \times \frac{N_1}{(a' - 2e)xb'} \quad \dots \text{Ecuaci3n (10)}$$

$$c = 1.5x(a' - 2e) \quad \dots \text{Ecuaci3n (11)}$$

Nota: Es recomendable limitar las excentricidades a $e < \frac{a'}{3}$, ya que sino σ_{max} , crecería mucho con peque2os aumentos de excentricidad.

En ambos casos debe comprobarse que:

$$\sigma_{m\acute{a}x} \leq 1.25x\sigma_{adm} \quad \dots \text{Ecuaci3n (12)}$$

$$\sigma_{med} \leq \sigma_{adm} \quad \dots \text{Ecuaci3n (13)}$$

Nota: Se admite en los bordes un aumento en la presi3n admisible, siempre que la presi3n en el centro de gravedad no exceda la presi3n admisible.

➤ **Zapatas aisladas excéntricas en ambas direcciones.**

Al igual que en el caso anterior, tenemos dos casos en función de la excentricidad:

- Excentricidad reducida $\rightarrow \frac{e_a}{a'} + \frac{e_b}{b'} \leq \frac{1}{6}$ (resultante dentro del núcleo central).

$$\sigma_{med} = \frac{N_1}{a'x b'} \quad \dots \text{Ecuación (7)}$$

$$\sigma_{(m\acute{a}x/min)} = \frac{N_1}{a'x b'} \left(1 \pm \frac{6xe_a}{a'} \pm \frac{6xe_b}{b'} \right) \quad \dots \text{Ecuación (14)}$$

$$e_a = \frac{M_a}{N_1}; e_b = \frac{M_b}{N_1} \quad \dots \text{Ecuación (9)}$$

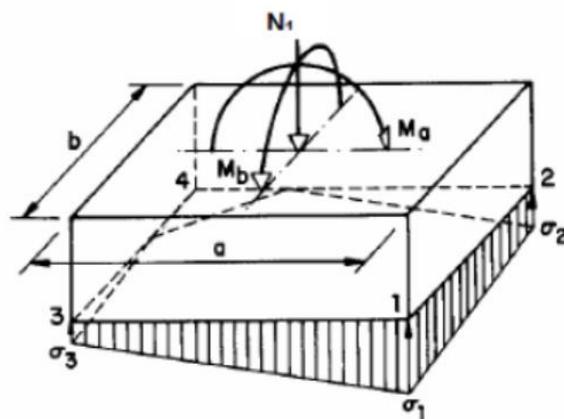
Se comprobará que:

$$\sigma_{1(m\acute{a}x)} \leq 1.25x\sigma_{adm} \quad \dots \text{Ecuación (12)}$$

- Excentricidad elevada $\rightarrow e_a x a' + e_b x b' > 16$ (resultante fuera del núcleo central).

En este caso se produce un despegue parcial de la zapata respecto al terreno, anulándose la presión en una zona que puede ser triangular, trapezoidal o pentagonal dependiendo de si el despegue se produce en una, dos o tres esquinas respectivamente.

Figura 2.26 Zapatas con excentricidad biaxial.



Fuente: Diseño y cálculo de estructuras de cimentación y contención – U. Politécnica Madrid.

Nota: Es recomendable limitar las excentricidades a $\frac{e_a}{a'} + \frac{e_b}{b'} > \frac{1}{3}$, ya que sino σ_{max} , crecería mucho con pequeños aumentos de excentricidad.

Las presiones en las esquinas pueden obtenerse con unas tablas con los valores de las excentricidades ($100e_1$ y $100e_2$). Siendo la mayor de ellas la e_1 y la menor la e_2 .

Calculándose los coeficientes adimensionales α_1 , α_2 y α_3 . Y a partir de éstos los valores de las presiones en los diferentes puntos. El punto 4 no tiene valor por entenderse que siempre estará desprendido del suelo.

Los valores que nos den negativos significan que también están desprendidos. Los valores vienen ordenados de mayor a menor tal como indica las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_1 = \frac{100}{\alpha_1} \times \sigma_{med} \quad \dots \text{Ecuación (15)}$$

$$\sigma_2 = \frac{\alpha_2}{100} \times \sigma_1 \quad \dots \text{Ecuación (16)}$$

$$\sigma_3 = \frac{\alpha_3}{100} \times \sigma_1 \quad \dots \text{Ecuación (17)}$$

Siendo:

$$\sigma_{med} = \frac{N_1}{a' \times b'} \quad \dots \text{Ecuación (7)}$$

Y deberá cumplirse la condición de:

$$\sigma_{1(max)} \leq 1.25 \times \sigma_{adm} \quad \dots \text{Ecuación (12)}$$

o. Comprobación de la seguridad al deslizamiento.

Se realiza cuando las zapatas se encuentran sometidas a acciones horizontales. Como fuerza estabilizante se tiene en cuenta el rozamiento entre la base de la zapata y el terreno, y en el caso de terrenos cohesivos la fuerza de adherencia terreno-zapata. Y como fuerza desestabilizante solo tenemos normalmente el esfuerzo cortante del pilar.

Se realiza como el cociente entre las fuerzas estabilizadoras y las desestabilizadoras, y debe dar un cierto factor de seguridad (normalmente 1.5).

$$\frac{F_{estab}}{F_{desest}} = \frac{(N_1 \times \tan \varphi_d) + (a' \times b' \times c_d)}{V} \geq FS \quad \dots \text{Ecuación (18)}$$

Donde:

- φ_d : ángulo de rozamiento zapata-terreno.
A falta de datos específicos se puede tomar como 2/3 del ángulo de rozamiento interno.
- c_d : adherencia zapata-terreno, para el caso de suelos cohesivos.
A falta de datos específicos se puede tomar como 1/2 de la cohesión del terreno.

p. Resistencia requerida.

La resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo:

$$U = 1.4CM + 1.7CV \quad \dots \text{Ecuación (19)}$$

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de viento (CVi), además de lo indicado en párrafo anterior, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1.25(CM + CV \pm CVi) \quad \dots \text{Ecuación (20)}$$

$$U = 0.9CM \pm 1.25CVi \quad \dots \text{Ecuación (21)}$$

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo (CS), además de lo indicado en párrafo inicial, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1.25(CM + CV) \pm CS \quad \dots \text{Ecuación (22)}$$

$$U = 0.9CM \pm CS \quad \dots \text{Ecuación (23)}$$

Nota: No será necesario considerar acciones de sismo y de viento simultáneamente.

q. Estructura de acero.

El primer paso es plantear la distribución de tensiones obteniendo sus resultantes a partir de su distribución. Si asumimos un reparto elástico de

tensiones bajo la zapata, podemos, a partir de Navier obtener la distribución de tensiones, que será:

- **Rectangular**, cuando tengamos únicamente un axil centrado (caso infrecuente en la práctica).
- **Trapezoidal**, cuando tengamos axiles grandes y momentos “pequeños”, es decir, excentricidades pequeñas.
- **Triangular**, cuando tengamos axiles “pequeños” en relación con los momentos, es decir, excentricidades grandes que nos provoquen despegues en alguna zona de la zapata.

El segundo paso, es obtener la posición de la sección de referencia con la que calculamos la zapata a flexión.

Para verificar el anclaje, se establecen dos criterios, tomando el más restrictivo:

a) Anclaje desde la sección de referencia eje secundario S2 situada a un canto útil, respecto de la sección de referencia eje primario S1.

En este caso, la armadura se ha de anclar con la longitud de anclaje neta, teniendo en cuenta la reducción por exceso de área de acero respecto al teórico:

$$L_{b,neto} = L_b \times \frac{A_{s,calculo}}{A_{s,real}} \quad \dots \text{Ecuación (25)}$$

- Si la longitud calculada resulta menor al espacio que queda entre el eje secundario S2 y el final de la zapata (respetando recubrimientos laterales), el anclaje se podrá resolver en prolongación recta, sin patilla.

- Si no es así, pero el espacio que queda para el anclaje se encuentra entre la longitud neta de anclaje y un 70% de esta, sí será necesaria la terminación en patilla o bien barra transversal soldada.

Finalmente, si el espacio que queda para el anclaje es inferior al 70% de la longitud neta de anclaje habrá que hacer la patilla más larga, añadiendo una prolongación recta, cuyo valor es la diferencia entre el 70% de la longitud básica de anclaje y el espacio disponible para el anclaje.

b) Anclaje desde la sección de referencia S3 situada a $0,5 \cdot h$, respecto al final de la zapata.

En este caso, la armadura se ha de anclar con la longitud de anclaje neta, para una tracción T_d , obtenida a partir de la resultante de reacciones R_d correspondiente a la distribución tensional en el espacio entre S3 y el final de la zapata:

$$L_{b,neto} = L_b \times \frac{T_d}{A_{s,real} \times f_{yd}} \quad \dots \text{Ecuación (26)}$$

$$T_d = R_d \times \frac{v+x-0.25 \times h}{0.85 \times h} \quad \dots \text{Ecuación (27)}$$

(en la fórmula anterior, v es el vuelo de la zapata respecto a la cara del pilar).

- Si la longitud calculada resulta menor al espacio que queda entre un eje S3 y el final de la zapata (respetando recubrimientos laterales), el anclaje se podrá resolver en prolongación recta, sin patilla.
- Si no es así, pero el espacio que queda para el anclaje se encuentra entre la longitud neta de anclaje y un 70% de esta, sí será necesaria la terminación en patilla o bien barra transversal soldada.

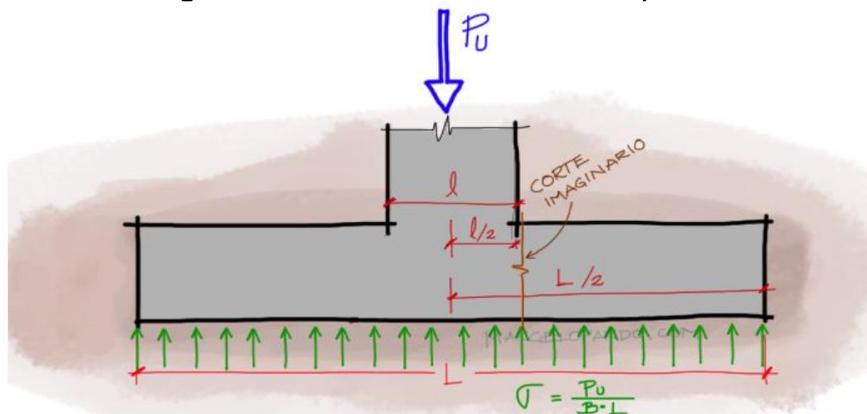
Finalmente, si el espacio que queda para el anclaje es inferior al 70% de la longitud neta de anclaje habrá que hacer la patilla más larga, añadiendo una

prolongación recta, cuyo valor es la diferencia entre el 70% de la longitud básica de anclaje y el espacio disponible para el anclaje.

➤ **Momento último solicitante.**

Cuando se diseñan zapatas, se debe calcular la sollicitación de flexión producida entre la columna y el suelo hacia la zapata. Se deben tener en cuenta la carga de la columna hacia abajo, y hacia arriba el esfuerzo del suelo reaccionando contra la carga.

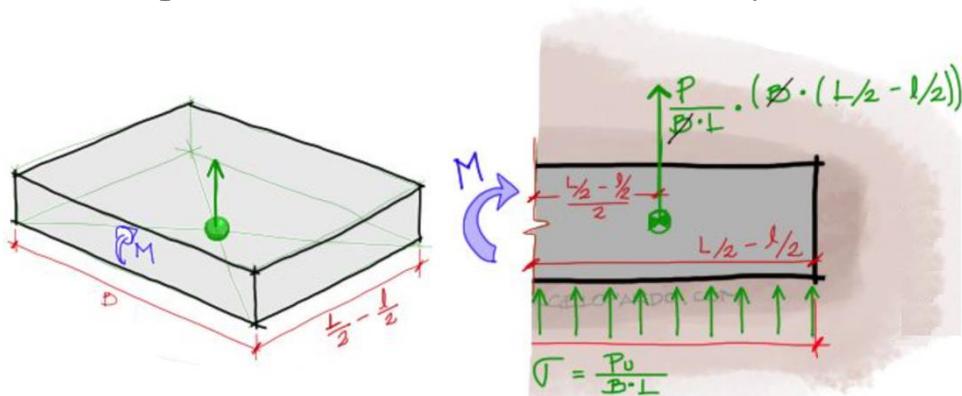
Figura 2.27 Momento flector de zapatas.



Fuente: Blog diseño completo de zapata de hormigón armado – Marcelo Pardo Ingeniería.

Como se ve en la figura 36, se debe realizar un corte imaginario justo en la cara de la columna para conocer el momento flector en este sector. Para obtener este momento flector, se debe equilibrar cualquiera de los dos lados del corte imaginario. Es más sencillo equilibrar el corte derecho, como se muestra en la figura 2.27.

Figura 2.28 Corte de momento flector de zapatas.



Fuente: Blog diseño completo de zapata de hormigón armado – Marcelo Pardo Ingeniería.

De acuerdo con la figura 2.28, tenemos:

$$M = \text{Brazo} \times \text{Fuerza}$$

El esfuerzo que se genera desde el suelo hacia arriba de la zapata tiene por valor:

$$\sigma = \frac{P_u}{b \times L} \quad \dots \text{Ecuación (27)}$$

Este esfuerzo puede volverse una fuerza concentrada en el centro del corte derecho, que multiplicada por el brazo $(L/2 - l/2)$, como se muestra:

$$M = \left(\frac{L/2 - l/2}{2} \right) \times \frac{P}{L} (L/2 - l/2)$$

Nota: la diferencia para calcular la base de la zapata, en este caso para conocer M_u necesitamos trabajar con las cargas mayoradas que llegan a la zapata P_u .

$$M = \frac{P}{2L} \times (L/2 - l/2)^2 \quad \dots \text{Ecuación (28)}$$

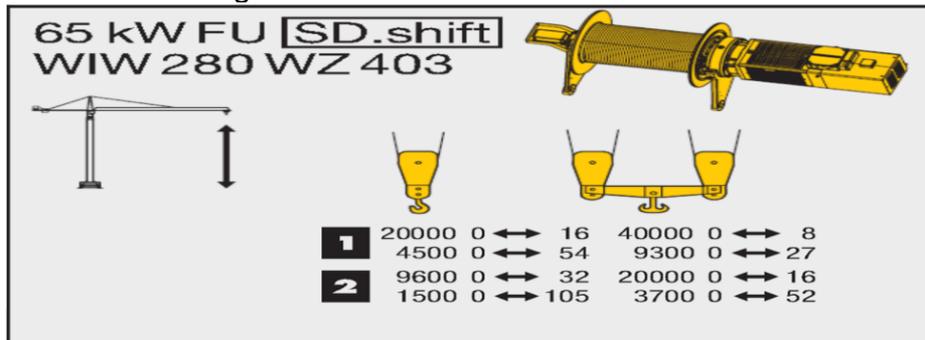
III. Operación y capacidad de movimiento de una grúa torre.

Una grúa torre puede efectuar cuatro tipos de movimiento debido a mecanismos alimentados eléctricamente por una corriente trifásica, las cuales son:

a. Movimiento en plano vertical – Mecanismo de elevación.

El mecanismo de elevación permite una elevación y descenso de la carga sin tirones ni golpeteos. Los valores teóricos permiten introducir micromovimientos de elevación que colocan la carga en una posición exacta:

Figura 2.29 Mecanismo de elevación.



Fuente: Ficha Técnica Liebherr 1000EC-H40.

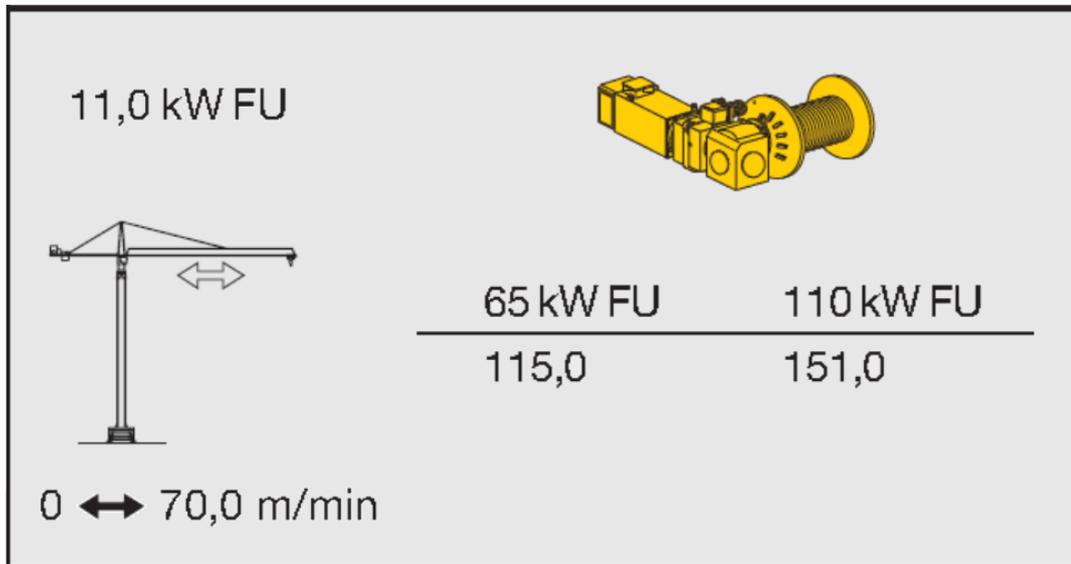
El sistema de elevación está a su vez constituido por:

- Un motor de elevación eléctrico.
- Un reductor de elevación.
- Un tambor de enrollamiento.
- Un cable de elevación.

b. Movimiento en plano horizontal.

El mecanismo de traslación carrito FU permite un movimiento del carrito sin tirones ni golpeteos. Los valores teóricos permiten introducir micromovimientos de traslación que colocan la carga en una posición exacta.

Figura 2.30 Mecanismo carrito de traslación.



Fuente: Ficha Técnica Liebherr 1000EC-H40.

El sistema está constituido por:

- Un motor eléctrico.
- Un tambor de enrollamiento de doble entrada.
- Un carro metálico.
- Un reductor

- Cuatro polines.

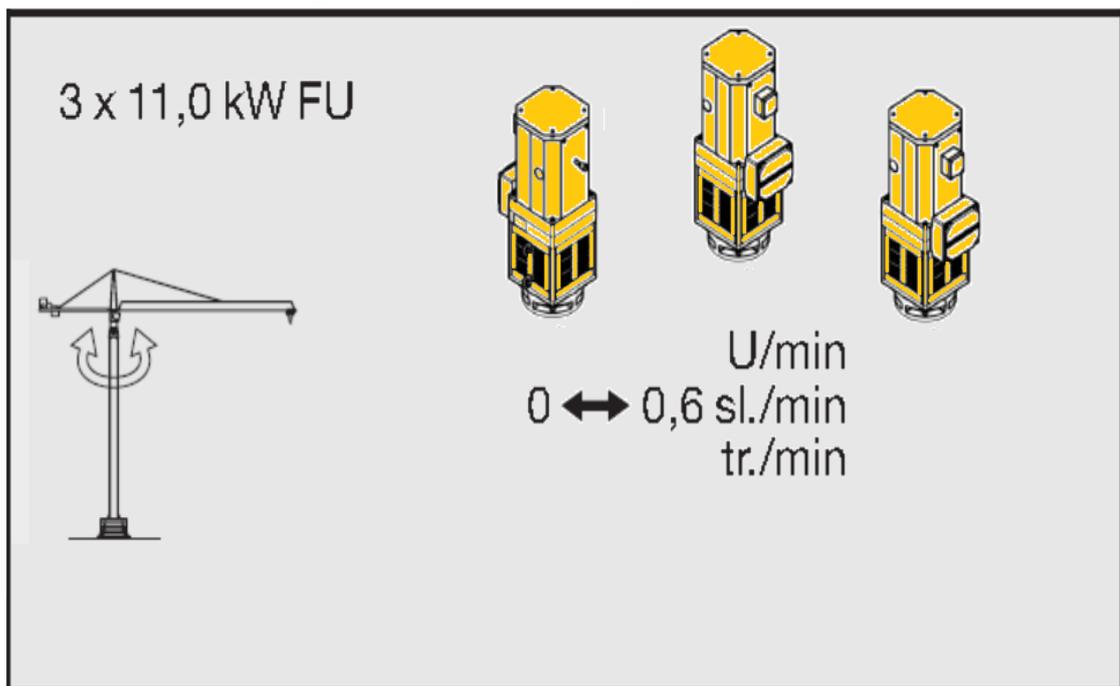
c. Movimiento giratorio de 360°.

El mecanismo giratorio FU permite un giro de grúa sin tirones ni golpeteos. Los valores teóricos permiten introducir micromovimientos de giro que colocan la carga en una posición exacta. El sistema de control reconoce las influencias de viento y de carga y las compensa. De esta forma, el gruista puede seguir girando la grúa independientemente del viento y carga.

Una amortiguación automática del movimiento pendular de la carga impide que la grúa vibre y que la carga se mueva pendularmente. Por eso, el movimiento de carga es siempre calmado y seguro.

Al anular el valor teórico, el mecanismo frena automáticamente de tal forma que la grúa mantiene la velocidad prescrita por el gruista. El gruista tiene la posibilidad en todo momento de frenar más fuerte efectuando la contramarcha. Con la palanca de mando en posición cero, el freno del mecanismo giratorio se acciona automática y mecánicamente.

Figura 2.31 Mecanismo giro tornamesa.



Fuente: Ficha Técnica Liebherr 1000EC-H40.

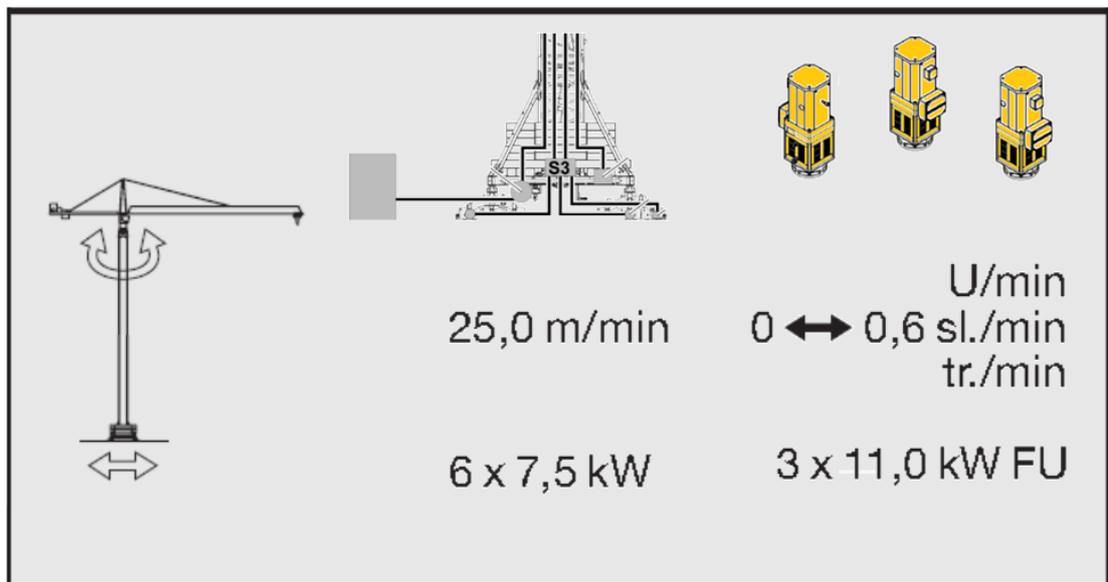
El sistema está constituido por:

- Un freno hidráulico.
- Un acoplamiento hidráulico.
- Un reductor.
- Un motor eléctrico.
- Una corona y piñón de giro.

d. Movimiento giratorio y traslación

Para la configuración de base de traslación, la grúa se desplaza sobre rieles o una vía ferroviaria controlados por 6 motores eléctricos de 7.5kw c/u. Además, que la grúa tiene un grado de libertad adicional con el movimiento de giro de la tornamesa.

Figura 2.32 Mecanismo giro tornamesa.



Fuente: Ficha Técnica Liebherr 1000EC-H40.

El sistema está constituido por:

- Uno o dos motores eléctricos.
- Uno o dos reductores.
- Uno o dos rodillos o ruedas de traslación de doble pestaña.

IV. Norma para certificación y puesta en servicio de la grúa torre.

a. Funcionamiento de una grúa torre.

El funcionamiento de una grúa torre se puede englobar básicamente en tres puntos, estos son:

➤ **Velocidad de trabajo.**

Los movimientos que debe realizar una grúa torre deben ser de total precisión, de tal manera que pueda tomar y dejar cargas en forma adecuada, éstos pueden ser controlados por el operador desde la cabina de mando o también remotamente, usando instrumentación ubicada en la estructura de la edificación. Los movimientos que puede realizar la grúa torre son posibles por los motores eléctricos trifásicos, éstos son:

➤ **Motor de elevación.**

Es el motor más potente de la máquina; es asíncrono de polos conmutables o síncrono de anillos y normalmente de 20 a 50 HP. Su función es mover el winche. Normalmente posee 3 velocidades eléctricas, pero en algunos casos llega a tener hasta 15 velocidades mecánicas; posee freno electromagnético directo incorporado.

➤ **Motor de giro.**

Se denomina así al o los motores que permiten girar la pluma y contrapluma en 360°. Posee una potencia mínima de 3 HP, dependiendo del tamaño de la grúa; también posee un freno electromagnético incorporado.

➤ **Motor del carro distribuidor.**

Posibilita el movimiento de traslación del carro en la pluma. Su potencia va desde 1 HP en adelante. El carro alcanza una velocidad aproximada de 30 m/min. Este motor en la mayoría de los casos posee dos velocidades; una lenta aproximadamente de 10 a 22 m/min y otra alta de aproximadamente de 60 m/min; también hay modelos que llegan a tener hasta 3 o más velocidades. También cuenta con un freno electromagnético incorporado.

➤ **Capacidad de carga.**

La capacidad de carga se define como la potencia máxima que tiene una grúa para izar una determinada carga, cada grúa posee una capacidad máxima de carga, determinada por el fabricante. Mientras más cerca de la punta de la pluma, menor será la capacidad de carga y mientras más cerca del tronco de la grúa, mayor será la capacidad de carga, sin sobrepasar el par máximo, con que la grúa fue diseñada para trabajar.

La pluma de la grúa actúa como una viga simplemente apoyada y cuando la carga se encuentra más lejos actúa como una viga en voladizo, en el caso de una grúa torre con una pluma de longitud de 30 m, tenemos por ejemplo que puede levantar una carga de 750 Kg, en el extremo de la pluma mientras que a 9 m del tronco puede levantar una carga de 2000 Kg.

➤ **Sistema de frenado.**

El sistema de frenado está constituido por un conjunto de resortes calibrados, los cuales ejercen presión permanente sobre la balata y ésta 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 en marcha lenta no es instantáneo, sino que existe un lapso al aplicar el freno en que el motor sigue girando, este sistema posee algunas ventajas ya que permite efectuar las operaciones con mayor seguridad y precisión además se puede frenar en un corto intervalo de tiempo.

➤ **Conexión Eléctrica.**

De acuerdo con las características técnicas del fabricante en el manual de servicio, tenemos los siguientes datos para la conexión del equipo a un grupo electrógeno.

Tabla 2.19 Tabla de conexiones eléctricas.

Potencia de los mecanismos	Mecanismo de elevación	kW	110	110
	Mecanismo de traslación carrito	kW	11	11
	Mecanismo de giro	kW	3×11	3×11
	Mecanismo de traslación	kW	—	4×7,5
Otros consumos		kW	4	4
Corriente con 440 V / 60 Hz	Corriente continua con factor simultáneo 0,8	A	200	243
	Corriente de punta	A	238	281
	Corriente de la obra Protección mín.	A	200	243
	Corriente de la obra Protección máx.		228	286
Potencias del grupo generador / autotransformador	Potencia continua	kVA	152	185
		cos φ	0,91	0,90
	Potencia de punta	kVA	181	214
		cos φ	0,91	0,90
	Potencia de conexión	kVA	51	68
		cos φ	0,91	0,90
Potencia de frenado	kW	0	9	
Longitud admitida en la línea de alimentación para 3% de la caída de tensión para la corriente continua	Sección	mm ²	2×4×35	2×4×50
	Longitud total	m	274	324
	En la grúa del motor de elevación hasta el punto de desconexión en el asiento pista	m	40	40
	Longitud restante del asiento pista hasta la caja de acometida	m	234	284

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

- Cálculo del cable de alimentación

Longitud total:

$$L_{Ges} = L_{Rest} + L_{Kran} \quad \dots \text{Ecuación (29)}$$

$$L_{Res} = L_{HH} + \frac{L_{Weg}}{2} \quad \dots \text{Ecuación (30)}$$

L_{Ges} : Largo total

L_{Rest} : Largo restante entre la caja de acometida y el colector de anillos en el asiento pista.

L_{Kran} : Alimentación colocada en la grúa.

L_{HH} : Montaje o altura de gancho de la grúa.

$L_{Weg/2}$: Mitad del recorrido con la alimentación en el punto medio de la distancia del recorrido. Si la alimentación se encuentra fuera de la mitad del recorrido, se deberá considerar la distancia de recorrido larga.

Largo total autorizado de la alimentación:

$$L_{Ges} = \frac{56 \times A \times (0.03 \times U_n)}{1.73 \times I_{Dauer} \times \cos(\varphi)} \quad \dots \text{Ecuación (31)}$$

L_{Ges} : Largo total autorizado [m] tomando en cuenta la bajada de tensión

A: Sección autorizada del cable [mm²] tomando en cuenta la bajada de tensión

U_n : Tensión de servicio [V].

I_{Dauer} : Corriente continua [A].

$\cos \varphi$: Ángulo de desfasaje.

Tabla 2.20 Tabla de recomendaciones.

Recomendación del grupo generador	kVA	≥ 304
Recomendación del autotransformador	kVA	≥ 182

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

b. ASME B30 series.

La ASME B30 Norma contiene disposiciones que se aplican a la construcción, instalación, operación, inspección, pruebas, mantenimiento y utilización de grúas y otros equipos de elevación y material relacionado con el movimiento de montaje e izajes. La Norma se ha dividido en volúmenes separados y comprende los siguientes volúmenes:

- B30.1 gatos, rodillos industriales, ruedas de aire, y pórticos hidráulicos.
- B30.2 grúas de pórtico y Techo (Top Puente de Ejecución, Viga simple o múltiple carro superior en Ejecución para izar).
- B30.3 Torre Grúas
- B30.4 Grúas de Portal, y pedestal
- B30.5 Grúas Móviles y Ferrocarriles
- B30.6 Torres de perforación
- B30.7 Winches cabrestantes

- B30.8 Grúas flotantes y torre de perforación flotantes
- B30.9 Eslingas.
- B30.10 Ganchos.
- B30.11 Las grúas monorriel y suspendidas.
- B30.12 Manejo de cargas suspendidas desde helicópteros.
- B30.13 Almacenamiento/Recuperación (S/R) máquinas y equipo Asociados.
- B30.14 Tractores Side Boom.
- B30.15 Grúas hidráulicas móviles.
- B30.16 Polipastos Colgantes (suspendidos)
- B30.17 grúas de pórtico.
- B30.18 Grúas apiladoras.
- B30.19 Teleféricos
- B30.20 Dispositivos de elevación por debajo del gancho
- B30.21 Polipastos Palanca accionada manualmente
- B30.22 Grúas de pluma articulado
- B30.23 Sistemas de elevación De personal
- B30.24 Las grúas de contenedores
- B30.25 Manipuladores de Materiales y Chatarra
- B30.26 Equipos Aparejos
- B30.27 Sistemas de colocación del material
- B30.28 Unidades de elevación de Balance
- B30.29 levantamiento automático de torre grúas.

c. ASME B30.3 Torre Grúas.

➤ **Soportes de grúa.**

(a) Todos los cimientos de soporte de carga, soportes y carriles se construirán o instalarán para soportar las cargas de la grúa y transmitir las a la tierra o otro medio de soporte. Además de soportar la carga vertical, cimientos y soportes, exceptuados los soportes del carril, deben estar diseñados para proporcionar un momento de resistencia al vuelco equivalente a un mínimo del 150% del

momento máximo de vuelco de la grúa. Este requisito se puede cumplir por medio de anclajes estructurales o de lastre.

➤ **Requisitos para el montaje general y desmontaje.**

Cuando montan o desmontan grúas, deberá haber en el sitio instrucciones del fabricante o persona calificada y una lista de los pesos de cada submontaje para ser montar o desmontar.

Los mástiles de la grúa deben ser erigidos a plomada con una tolerancia de 1:500 (aproximadamente 1 pulgada en 40 pies) a menos que el fabricante especifique lo contrario.

Las grúas puestas en veleta cuando están fuera de servicio se instalarán con una luz de la pluma (aguilón) y la superestructura para que oscilen 360 grados de arco sin golpear ningún objeto fijo u otra grúa en veleta.

➤ **Calificaciones de carga.**

En cada radio de acción estipulado, la capacidad de carga se establece tomando un porcentaje de la carga que por cálculo produce una condición incipiente de vuelco cuando la pluma (aguilón) está en la dirección menos estable. En condiciones estáticas, las capacidades de carga no podrán exceder el 63% de las cargas calculadas de vuelco. Cuando se considera el viento, los efectos combinados de la electricidad estática, inercia y las cargas de viento no sobrepasarán el 77% de la carga de vuelco.

➤ **Tabla de Capacidad de carga.**

Una tabla de capacidad de carga con caracteres y cifras legibles se incluirá con cada grúa y se fijarán en un lugar visible para el operador en los mandos y en los puestos de control remoto.

➤ **Estabilidad hacia atrás.**

El fabricante o una persona calificada deberá demostrar mediante cálculos que en cada configuración recomendada una grúa descargada expuesta a las fuerzas del viento en el servicio en la dirección desfavorable, y a una fuerza hacia arriba en la inclinación del trole de carga o de la pluma (aguilón) que equivale a 30% de la capacidad de carga en cualquier radio de operación, no se inclinará hacia atrás.

➤ **Pruebas de pre-operación (ensayos).**

(a) Cuando se levantan las grúas y después de cada operación de escalada, antes de poner la grúa en servicio, se deberá probar todos los movimientos funcionales, dispositivos de limitación de movimiento y los frenos.

(b) Cuando se levantan las grúas, se deberá probar el ajuste y operación de los dispositivos de limitación de carga antes de la puesta en servicio.

(c) Después de erigirlas, el apoyo estructural o cimientos a los que la base de la grúa se acopla deberán ser probados antes de poner la grúa en servicio. La prueba se realizará con la carga calculada colocada en un radio máximo permitido por las condiciones del sitio. En grúas autoestables, cuando el soporte de la grúa (base) es simétrico, la superestructura se hará girar 90 grados con altos de 10 minutos en la posición inicial y en cada posición de 45 grados.

(e) Las pruebas iniciales de movimiento funcional se llevarán a cabo a la carga nominal. Las pruebas de movimiento funcional hechas después de trepar o trabajar telescópicamente se pueden hacer sin carga. Cada ensayo debe incluir:

- (1) subir y bajar cargas;
- (2) subir y bajar la pluma o atravesar el trole;
- (3) movimiento oscilante;
- (4) frenos y embragues;
- (5) dispositivos limitadores, de bloqueo y de seguridad.

La prueba debe continuar hasta que todos los controles, mecanismos y medios de frenado hayan actuado y funcionado correctamente.

(f) El orden en que se realizarán las pruebas de una grúa recién construida es el siguiente:

- (1) pruebas de movimiento funcional, sin carga;
- (2) pruebas de movimiento funcional, con carga calculada (en otras grúas no móviles, esto puede combinarse con pruebas de los soportes);
- (3) pruebas de los soportes, según la cláusula.

➤ **Estabilidad estando fuera del servicio.**

(a) El fabricante o una persona cualificada deberá demostrar mediante cálculos que en cada configuración recomendada las grúas móviles no se vuelven inestables cuando se expone al 120% de la fuerza inducida por los vientos fuera del servicio. En plumas puestas en veleta (o aguilonas), se deberá adoptar la pluma en la actitud dictaminada por el equilibrio de su área de viento. Las plumas no puestas en veleta deberán adoptarse en la actitud menos favorable. Las grúas móviles también deberán resistir el deslizamiento por nivel de viento inducido, en el diseño.

(b) En el diseño, se deberá especificar la velocidad del viento fuera del servicio. Se deberá dar recomendaciones sobre configuraciones permitidas a varios niveles de velocidad del viento.

(c) Los requisitos de estabilidad fuera del servicio pueden alcanzarse mediante el uso de estabilizadores o lastre, cuando sea necesario, pero no se deberá utilizar abrazaderas de anclaje para este propósito.

➤ **Documentación.**

Todas las grúas contarán con literatura de información escrita, incluyendo, pero no limitada a, los siguientes.

- (a) Instrucciones de preparación de instalación.

- (b) Instrucciones de montaje y desmontaje.
- (c) Instrucciones de operación, limitaciones y precauciones.
- (d) Requisitos de mantenimiento y recomendaciones.
- (e) Recomendaciones de reparación y asesoramiento sobre los procedimientos de soldadura.
- (f) Designar características que afectan la seguridad.

➤ **Controles de funcionamiento de la grúa.**

(a) En el puesto del operador, todos los controles utilizados durante el ciclo de funcionamiento de la grúa están al alcance del operador.

(b) Los controles se etiquetarán con palabras o símbolos para indicar su función y, cuando sea el caso, la dirección del movimiento impartido.

(c) Los controles de elevación, desplazamiento del trole, movimiento abatible, giro y recorrido deberán interrumpir los movimientos cuando se libera la presión de accionamiento. Los controles que no disponen de un bloqueo de seguridad que evita el reinicio a menos que se esté en neutro deberán regresar a neutro al soltarlos a menos que deliberadamente se haga lo contrario con fines de operación.

(d) Las grúas a control remoto funcionarán de modo que, si falla la señal de control para cualquier movimiento de la grúa, tal movimiento se detendrá.

(e) Las grúas operadas por motor eléctrico deberán tener un dispositivo que desconecte todos los motores de la línea al fallar la potencia y no permitirá que ningún motor se reinicie hasta que el control sea puesto en OFF, o se accione un interruptor de reinicio.

(f) Las grúas operadas por motor eléctrico deberán contar con medios para que el operador interrumpa el circuito de alimentación principal.

(g) Las estaciones de control remoto deberán incluir provisiones para parada de emergencia en caso de un mal funcionamiento del dispositivo.

➤ **Inspección.**

(a) Inspección inicial. Antes del uso inicial, toda grúa de torre para construcción nueva, reinstalada, alterada o modificada será inspeccionada por una persona calificada para verificar el cumplimiento de las disposiciones aplicables a este Tomo.

(b) Inspección regular. Los procedimientos de inspección de grúas en servicio regular se dividen en dos clasificaciones generales basadas en los intervalos en los que la inspección se debe realizar. (1) Inspección frecuente. Examen visual del operador u otra persona designada con registros no requeridos, (a) servicio ligero — mensual; (b) servicio normal — semanal a mensual; (c) 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.

➤ **Pruebas de Funcionamiento.**

(a) Antes del uso inicial, las grúas recién construidas se someterán a pruebas, de conformidad con el párr. 3-1.1.6. 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, de conformidad con los párrafos 3-1.1.6 (a) y (e).

(b) 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.

- **Prueba del dispositivo limitador de carga.**

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.

- **Registros de las Pruebas.**

Se harán registros fechados de todas las pruebas exigidas en el párr. 3-2.2.1(a) and 3-2.2.2, y se mantendrán disponibles.

- **Mantenimiento.**

(a) Se establecerá un programa de mantenimiento preventivo basado en las recomendaciones del fabricante de la grúa. Los registros fechados deben estar disponibles.

(b) Las piezas de recambio normalmente se deben obtener del fabricante original, deberán ser al menos iguales a las especificaciones del fabricante.

- **Señales.**

Las señales regulares al conductor se harán de conformidad con las normas prescritas en el ASME B30.3 a menos que se utilice equipo de comunicaciones de voz (teléfono, radio, o equivalente). Las señales serán perceptibles o audibles en todo momento.

- **Señales de mano.**

Las señales de mano se harán de conformidad con la figura 2.33 y serán publicadas en el sitio de trabajo.

- **Señales especiales.**

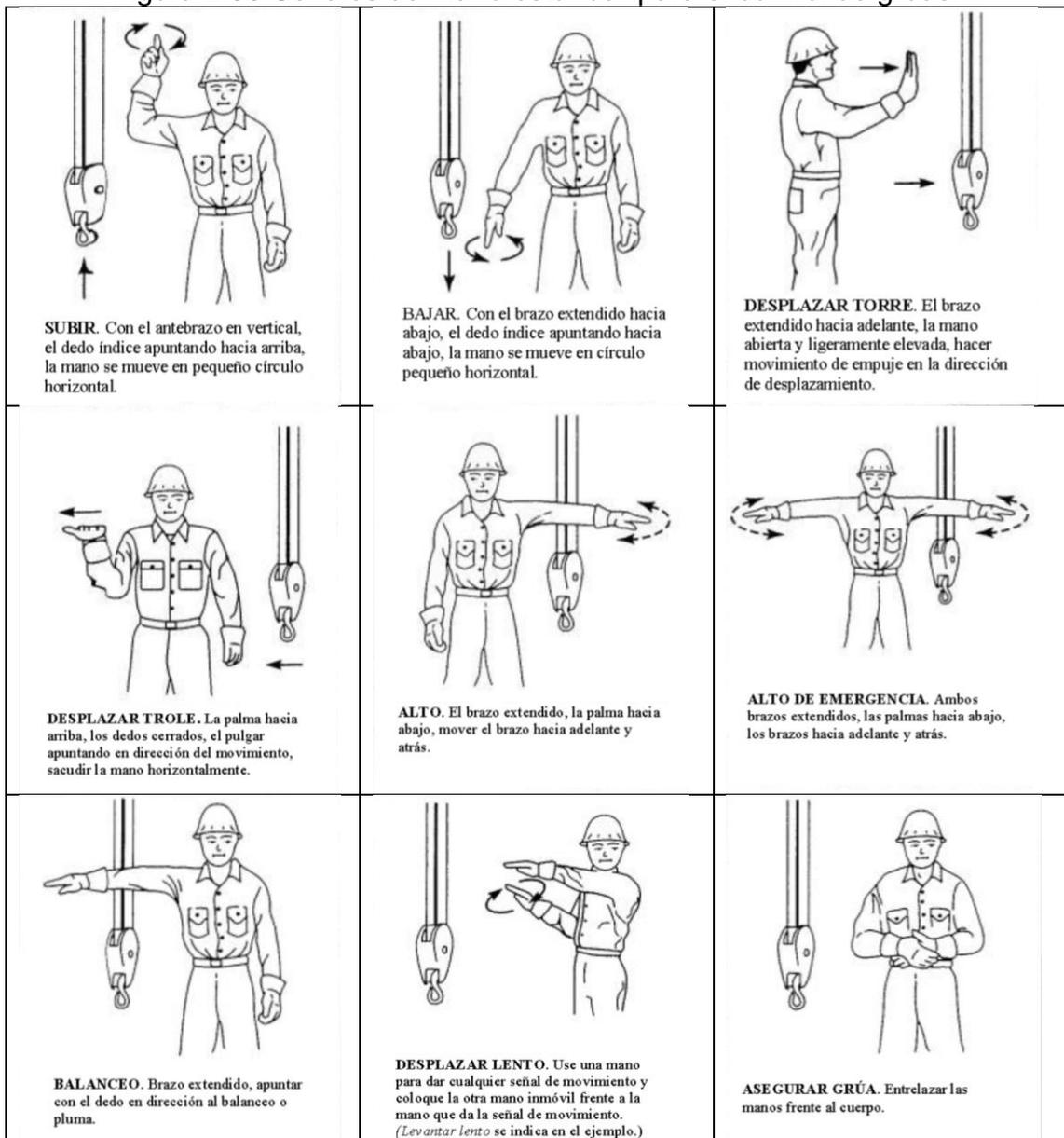
Para las operaciones no incluidas o en condiciones especiales que se producen de vez en cuando, pueden ser necesarias adiciones o modificaciones de las señales estándar. En tales casos, estas señales especiales deberán ser

aprobadas previamente por el operador y el señalizador y no deberán interferir con las señales estándar.

- **Instrucciones para el operador.**

Si se desea dar instrucciones al operador, distinta de la prevista por los sistemas de señalización establecidos, se deberá detener los movimientos de la grúa.

Figura 2.33 Señales de mano estándar para el control de grúas.



Fuente: ASME B30-3-2004.

d. Instalación y puesta en servicio.

Para la entrada en servicio de la instalación y que esta quede en condiciones de entrar en funcionamiento, se requiere la ejecución, instalación y verificación de las partes que involucran la certificación para la operatividad del equipo y que se encuentra enmarcado en la norma ASME B30-3.

2.2 Descripción de las actividades desarrolladas.

2.2.1 Etapas de las actividades.

1. Transporte y movilización de estructuras.

Esta primera etapa consiste en precisar el orden de las unidades de transporte y optimizar en el carguío la cantidad de los componentes estructurales de la grúa torre para poder iniciar en orden secuencial el armado de la grúa, esto permitirá disponer de un área mínima de almacenamiento temporal, mano de obra y horas máquina de equipos auxiliares idóneo.

2. Cálculo y desarrollo de bloques de fundación.

Esta segunda etapa considerada como la primera etapa constructiva para el montaje de la grúa torre debido a que se deben iniciar con la memoria de cálculo, diseño y ejecución de la cimentación, al término de este proceso se deben realizar la programación del transporte de las estructuras de la grúa torre.

3. Construcción de lastres y contrapesos.

En esta etapa es la fabricación de los contrapesos aéreos y lastres de piso, la cual se debe efectuar en paralelo al desarrollo de la cimentación y en conjunto al término de este proceso y el de la cimentación se debe realizar la programación de las unidades de transporte de las estructuras de la grúa torre.

4. Armado y montaje de componentes.

Proceso en el cual se deben realizar el armado de la grúa torre de acuerdo con la llegada de las unidades de transporte que permitirán realizar el montaje secuencial de la grúa torre con la ventaja de reducir el área de almacenamiento

temporal de las estructuras, utilizar horas maquinas excesivas de los equipos auxiliares para la descarga y armado, incrementar las horas hombre durante este proceso.

5. Certificación y operatividad de grúa torre.

Para este proceso se deben efectuar las calibraciones correspondientes, prueba de carga y certificación del equipo correspondiente a la norma ASME B30.5 – 2018.

6. Desmontaje y desarmado de componentes.

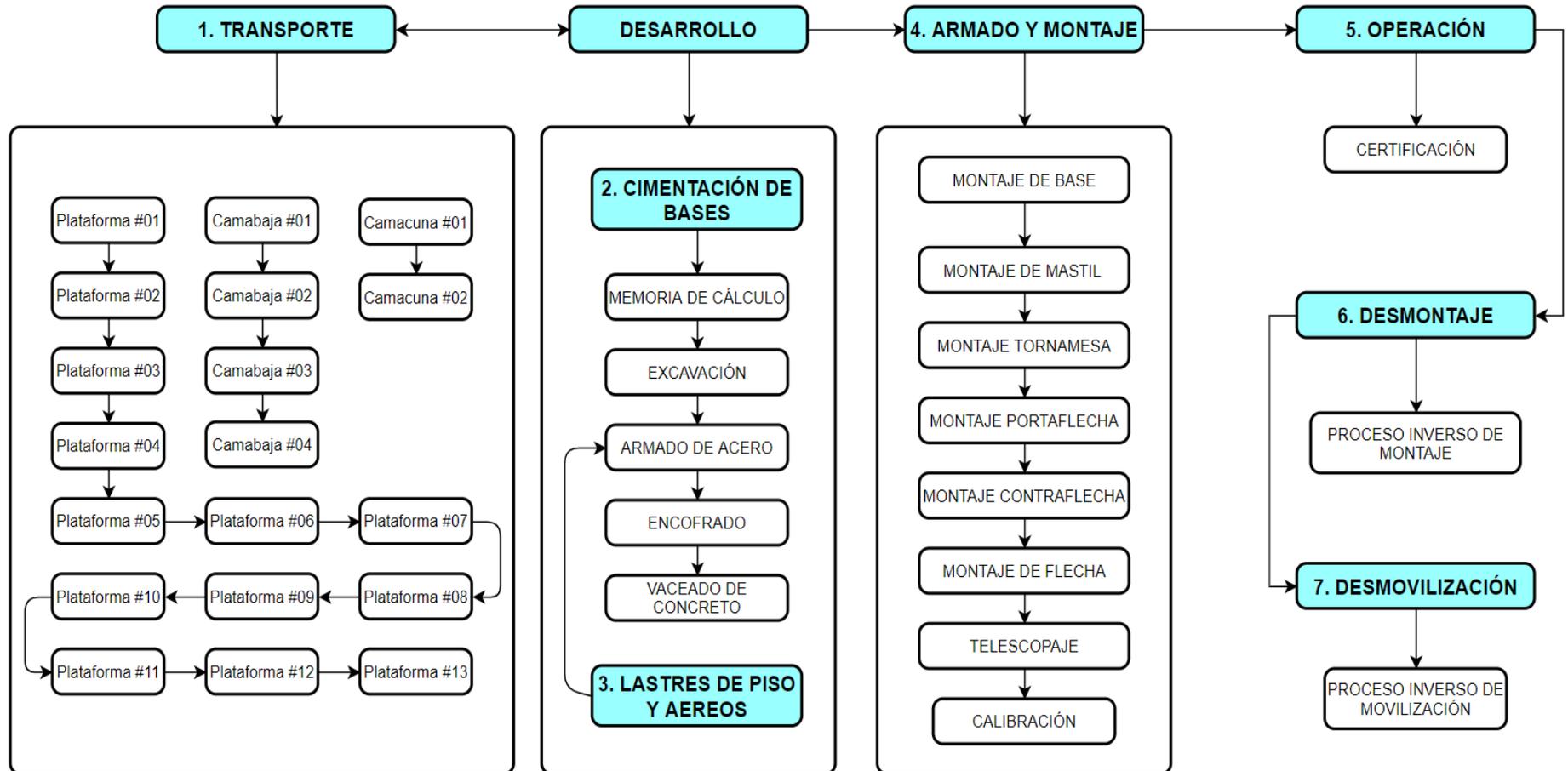
El proceso de desmontaje consiste en el proceso inverso del armado y que de la misma forma se deben optimizar los recursos para reducir el área de almacenamiento temporal de las estructuras, incrementar las HH del personal de trabajo y HM de los equipos auxiliares.

7. Transporte y desmovilización de estructuras.

En esta etapa se considera conforme a lo realizado en la primera etapa de movilización para la asignación de las unidades de transporte.

2.2.2 Diagrama de Flujo.

Tabla 2.21 Diagrama de Flujo de procesos involucrados.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Cronograma de actividades.

1. Actividad de transporte y movilización de estructuras.

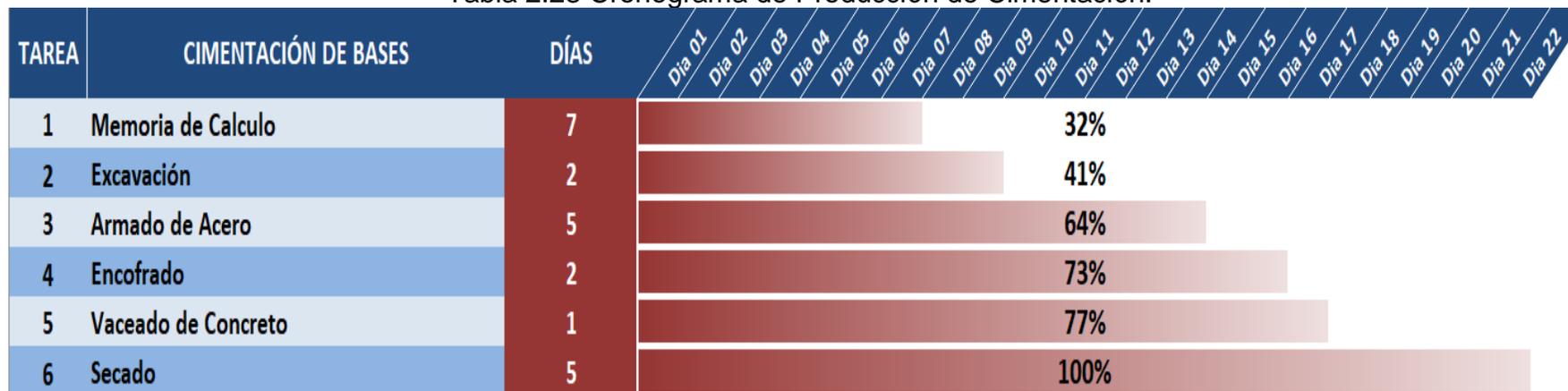
Tabla 2.22 Cronograma unidades de transporte.

Und	Unidades de Transportes	Día 01	Día 02	Día 03	Día 04	Día 05	Día 06	Día 07	Día 08	Día 09	Día 10	
1	Plataforma #01						10%					
2	Plataforma #02											
3	Camabaja #01							30%				
4	Plataforma #03											
5	Plataforma #04											
6	Camacuna #01								40%			
7	Camabaja #02											
8	Camabaja #03										60%	
9	Camabaja #04											
10	Camacuna #02											
11	Plataforma #05									70%		
12	Plataforma #06											
13	Plataforma #07											
14	Plataforma #08											80%
15	Plataforma #09											
16	Plataforma #10											90%
17	Plataforma #11											
18	Plataforma #12											100%
19	Plataforma #13											

Fuente: Elaboración propia.

2. Actividad de desarrollo de bloques de fundación.

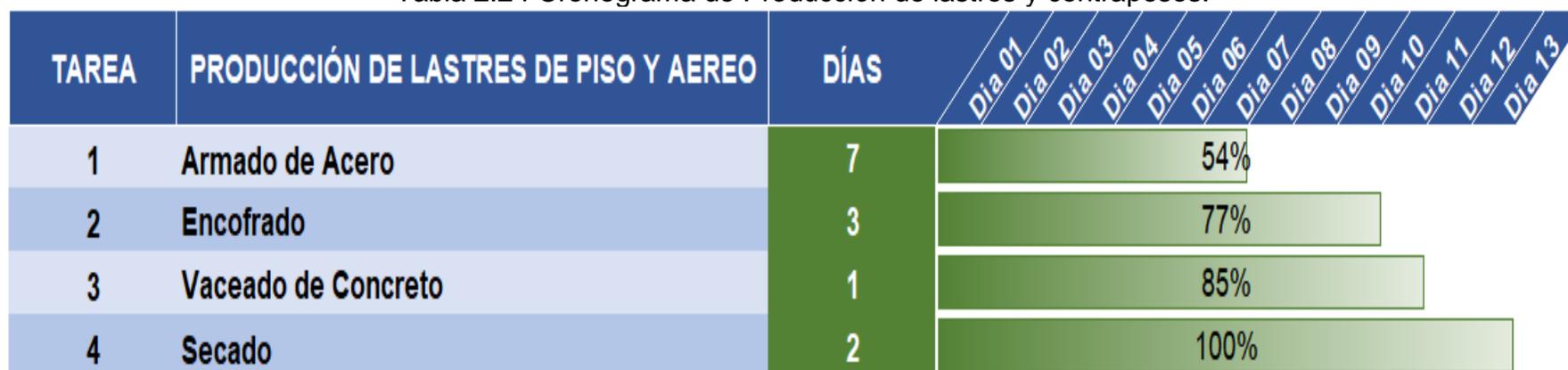
Tabla 2.23 Cronograma de Producción de Cimentación.



Fuente: Elaboración propia.

3. Actividad de producción de lastres y contrapesos.

Tabla 2.24 Cronograma de Producción de lastres y contrapesos.



Fuente: Elaboración propia.

4. Actividad de armado y montaje de componentes.

Tabla 2.25 Cronograma parte 1 del proceso de montaje.

TAREA	PROCESO DE MONTAJE	Dia 01	Dia 02	Dia 03	Dia 04	Dia 05	Dia 06	Dia 07	Dia 08	Dia 09	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18	Dia 19	Dia 20	
1	Armado de Jaula de Telescopaje																					
2	Armado de base cruciforme																					
3	Montaje de lastres A de piso																					
4	Montaje de lastres B de piso																					
5	Montaje tramo de carretón																					
6	Montaje de tirantes verticales																					
7	Montaje de 7mo y 8vo tramo																					
8	Montaje de Jaula de Telescopaje																					
9	Armado de Barandas																					
10	Montaje de 6to tramo de torre																					
11	Montaje de Tramo de trepado																					
12	Montaje de Tornamesa completa																					
13	Montaje de cabeza de Torre																					
14	Armado de Contraflecha																					
15	Montaje de Contraflecha																					
16	Armado de Flecha Tramo I																					
17	Montaje de Flecha Tramo I																					
18	Montaje de 1 contrapesa y carritos																					
19	Armado de Flecha Tramo II																					
20	Montaje de Flecha Tramo II																					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.26 Cronograma parte 2 del proceso de montaje.

TAREA	PROCESO DE MONTAJE	Día 01	Día 02	Día 03	Día 04	Día 05	Día 06	Día 07	Día 08	Día 09	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	
21	Montaje de 9 Contrapesos Aereos	65%																				
22	Montaje cable de elevación y traslación	65%																				
23	Conexiones eléctricas y cables de alimentación	70%																				
24	Montaje de accesorios y gancho	70%																				
25	Telescopaje y montaje de 4to tramo de Torre	75%																				
26	Instalación de 8 bulones inferiores	75%																				
27	Telescopaje y montaje de 5to tramo de Torre	80%																				
28	Instalación de 8 bulones inferiores	80%																				
29	Telescopaje y montaje de 6to tramo de Torre	85%																				
30	Instalación de 8 bulones inferiores	85%																				
31	Telescopaje y montaje de 7mo tramo de Torre	90%																				
32	Instalación de 8 bulones inferiores	90%																				
33	Telescopaje y montaje de 8vo tramo de Torre	95%																				
34	Instalación de 8 bulones inferiores	95%																				
35	Instalación de 8 bulones superiores	100%																				

Fuente: Elaboración propia.

5. Actividad de certificación y operatividad de grúa torre.

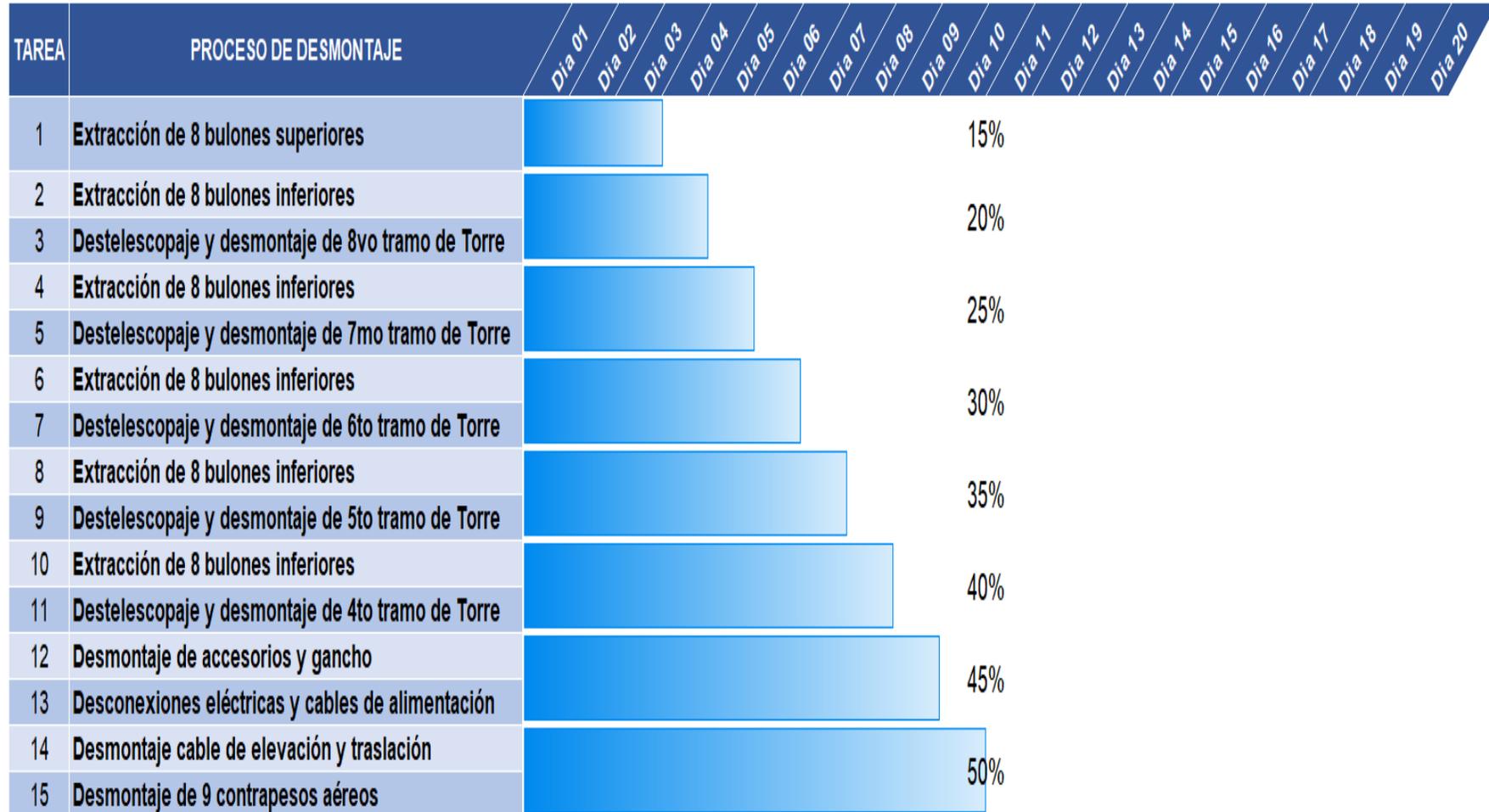
Tabla 2.27 Cronograma del proceso de puesta en marcha.

Tarea	Puesta en marcha	Día 01	Día 02
1	Calibración del equipos	50%	
2	Pruebas con carga	50%	
3	Certificación ASME B30.5	100%	

Fuente: Elaboración propia.

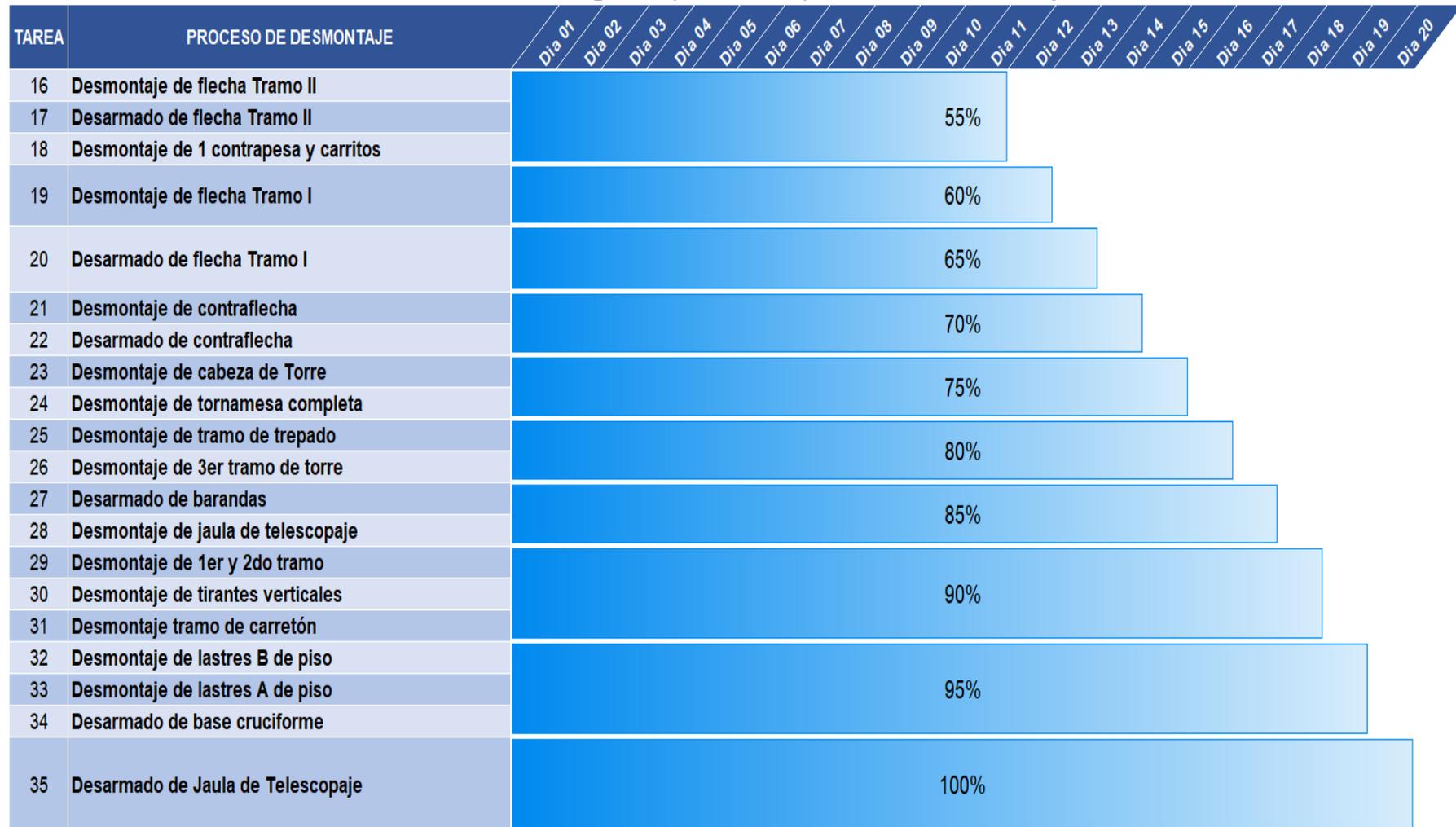
6. Actividad de desarmado y desmontaje de componentes.

Tabla 2.28 Cronograma parte 1 del proceso de desmontaje.



Fuente: Elaboración propia.

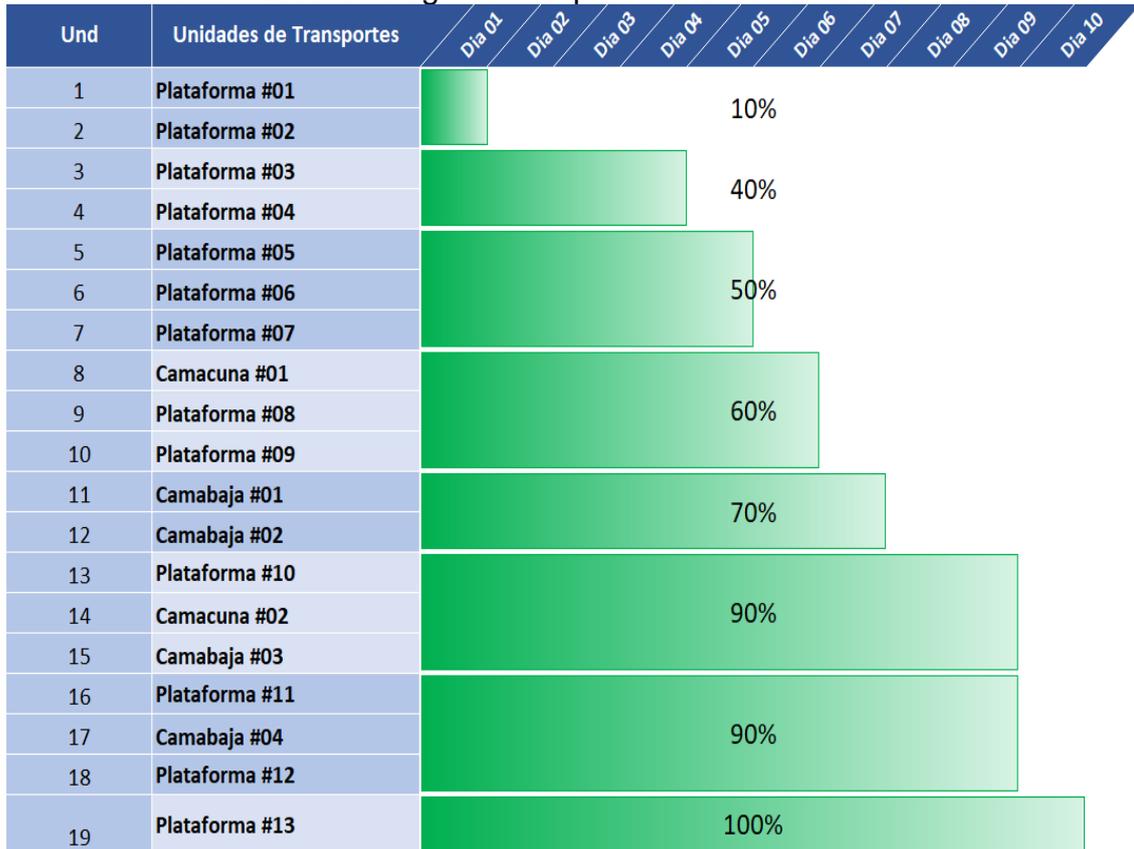
Tabla 2.29 Cronograma parte 2 del proceso de desmontaje.



Fuente: Elaboración propia.

7. Actividad de transporte y desmovilización de estructuras.

Tabla 2.30 Cronograma del proceso de desmovilización.



Fuente: Elaboración propia.

De los cronogramas detallados por cada actividad, se tiene el siguiente resumen de acuerdo con la secuencia de trabajo:

Tabla 2.31 Cuadro resumen de secuencia de actividades.

Item	Cronograma de actividades	Día 1	...	Día 11	Día 12	Día 13	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23	Día 26	Día 27	Día 28	Día 31	Día 32	Día 41	Día 42	Día 43	Día 44
1	Desarrollo de bloques de fundación.	1	...	13	...	20	21															
2	Producción de lastres y contrapesos.	1	...	13																		
3	Transporte y movilización de estructuras.											1	2	al	10							
4	Armado y montaje de componentes.											1	...	9	10	al	19	20				
5	Certificación y operatividad de grúa torre.																					
Proceso de Desmovilización																						
6	Desarmado y desmontaje de componentes.	1	...	11	12	13	al	20														
7	Transporte y desmovilización de estructuras.	1	al	10																		

Fuente: Elaboración propia.

III. APORTES REALIZADOS.

3.1 Planificación, ejecución y control de etapas.

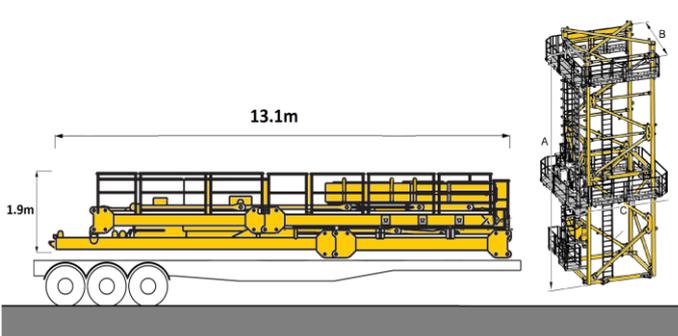
3.1.1 Plan y ejecución de movilización de estructuras.

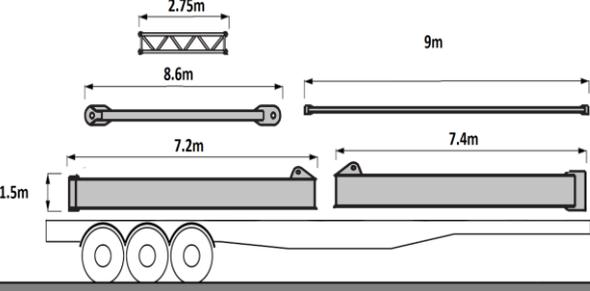
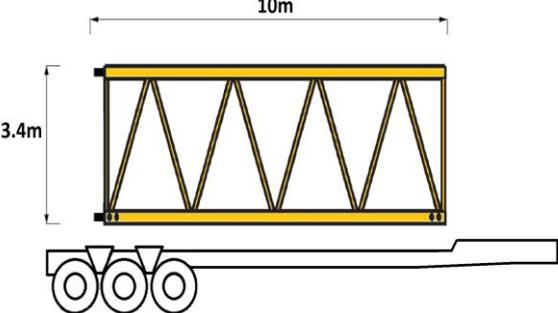
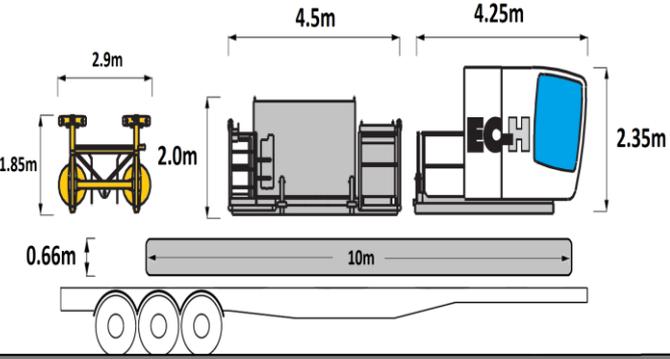
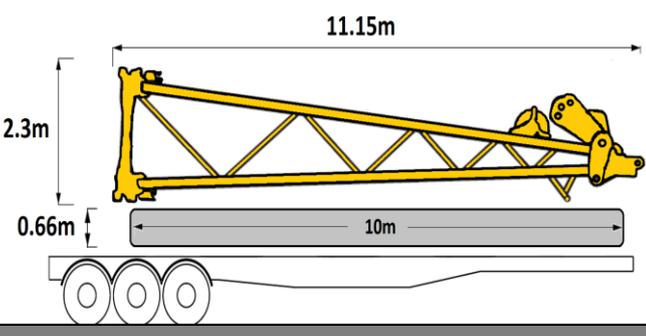
De acuerdo con el estudio realizado de las dimensiones, pesos y medidas que el fabricante proporciona en el manual del equipo sobre las estructuras que componen la grúa torre, así como la secuencia de armado descrita en el cronograma de actividades del proceso de transporte, se ha establecido el siguiente proceso y plan de carguío, estiba y despacho de unidades de transporte personalizado para los diferentes componentes conforme se procede a realizar el montaje y armado de la grúa torre.

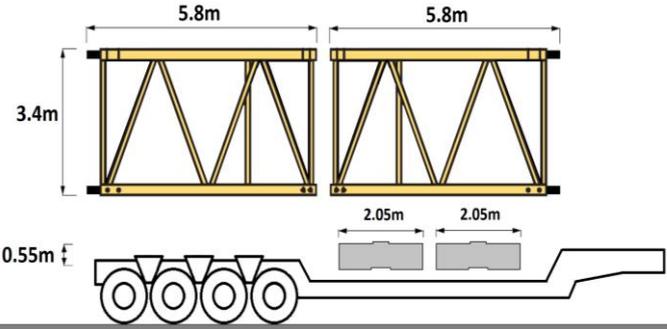
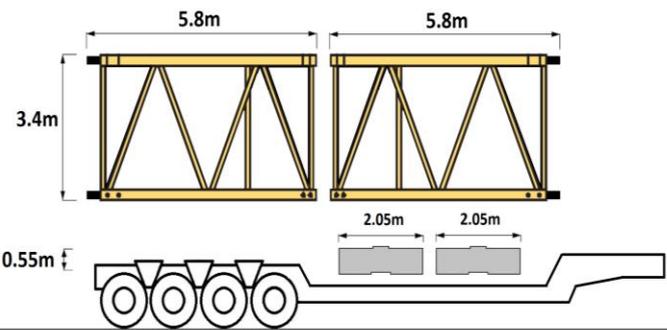
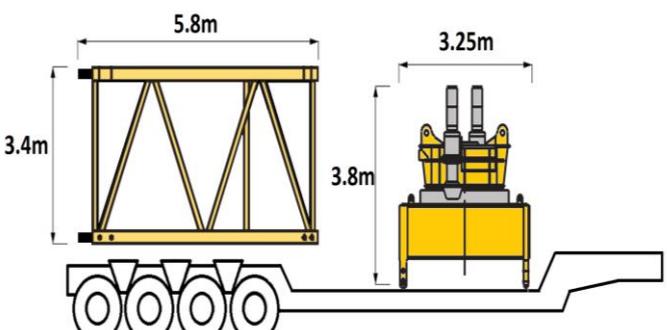
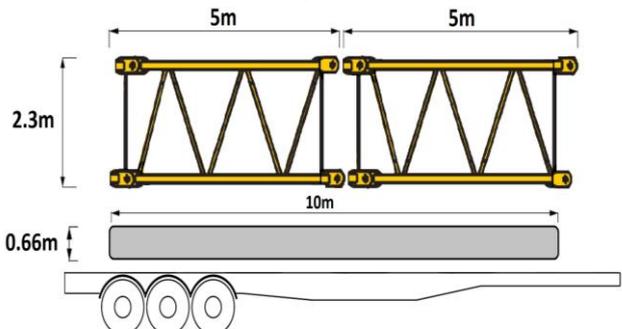
1. Plan de transporte movilización.

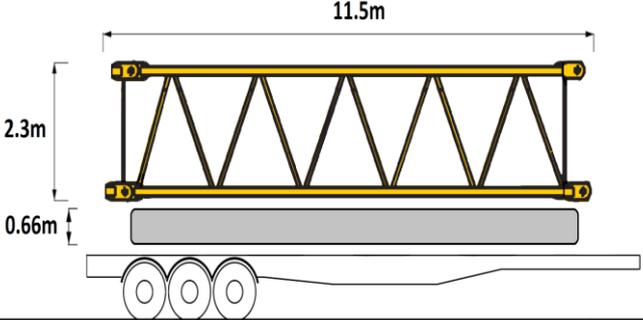
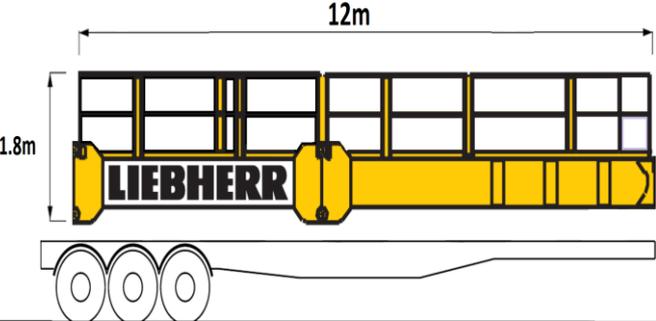
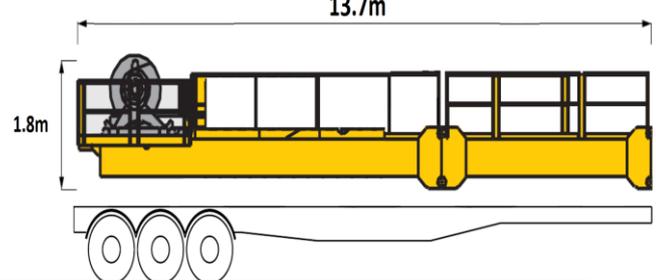
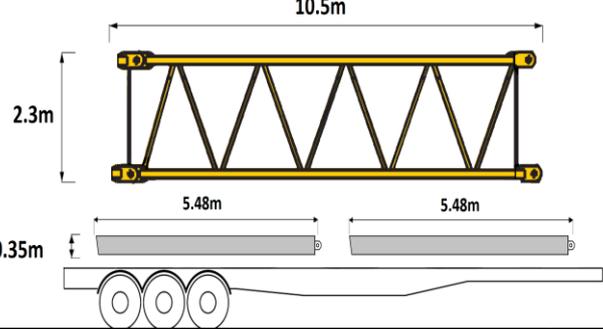
En el siguiente cuadro se resume las unidades de transporte empleadas y enumeradas conforme a la secuencia de armado para no disponer de un área de almacenamiento temporal que implique uso de equipos auxiliares que permitan tener un impacto de sobrecostos y tiempo de armado y/o montaje.

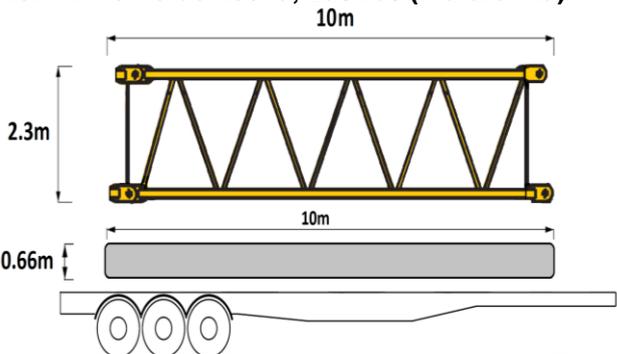
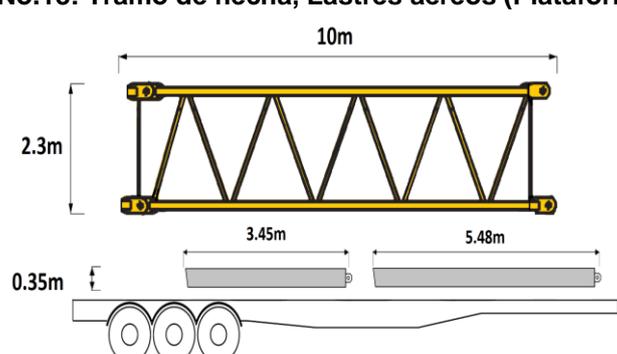
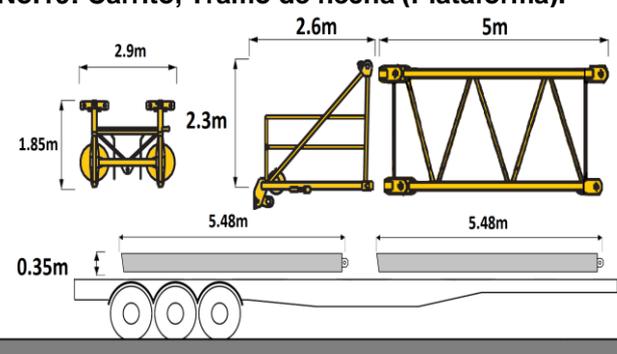
Tabla 3.1 Cronograma de carga por unidad de transporte.

CONFIGURACIÓN	DESCRIPCIÓN	TOTAL PESO
No.01: Jaula de Telescopaje (Plataforma). 	Jaula de Telescopaje completa con barandas, grupo hidráulico, escaleras y accesorios. A:13.1m B:5.3m C:6.1m	23.76t

<p>No.02: Base Cruciforme (Plataforma).</p> 	<p>2 soporte base A. 2 soporte base B. 4 tirantes horiz. 4 tirantes vertic. 2 tirantes central.</p>	<p>3.51t 3.24t 0.61t 2.06t 0.22t</p> <p>Total: 9.64t</p>
<p>No.03: Cuerpo Basal (Camabaja)</p> 	<p>1 tramo basal + accesorios</p>	<p>Total: 16.0t</p>
<p>No.04: Cabina, Tablero y Carrito (Plataforma).</p> 	<p>1 carrito. 1 tablero eléctrico. 1 cabina. 2 lastres piso A.</p>	<p>1.23t 2.05t 1.15t 20.0t</p> <p>Total: 24.43t</p>
<p>No.05: Cabeza de Torre, Lastres (Plataforma).</p> 	<p>1 cabeza de torre + accs. 2 lastres piso A.</p>	<p>11.0t 20.0t</p> <p>Total: 31.0t</p>

<p>No.06: Tramos de Torre (Camacuna).</p> 	<p>2 tramos de torre. 2 lastres piso B.</p>	<p>15.04t 20.0t Total: 35.04t</p>
<p>No.07, No.08 y No.09: Tramo de torre (Camacuna).</p> 	<p>2 tramos de torre.</p>	<p>15.04t Total: 15.04t</p>
<p>No.10: Tramo Telescopaje y Tornamesa (Camacuna).</p> 	<p>1 tramo Telescopaje + accs. 1 tornamesa</p>	<p>14.0t 21.7t Total: 35.7t</p>
<p>No.11: Tramo de flecha (Plataforma).</p> 	<p>1 tramo intern. 1 tramo intern. 2 lastres piso A.</p>	<p>2.05t 1.74t 20.0t Total: 23.79t</p>

<p>No.12 y No.13: Tramo de flecha (Plataforma).</p> 	<p>1 tramo intern. 2 lastres piso A.</p>	<p>4.22t 20.0t Total: 24.22t</p>
<p>No.14: Tramo 1 Contraflecha (Plataforma).</p> 	<p>1er tramo contraflec. + accesorios.</p>	<p>Total: 9.2t</p>
<p>No.15: Tramo 2 Contraflecha (Plataforma).</p> 	<p>2do tramo contraflec. + accesorios.</p>	<p>Total: 15.0t</p>
<p>No.16: Tramo de flecha, contrapesos (Plataforma).</p> 	<p>1 tramo de flecha. 4 lastres aéreos.</p>	<p>3.44t 22.4t Total: 25.84t</p>

<p>No.17: Tramo de flecha, Lastres (Plataforma).</p> 	<p>1 tramo de flecha. 2 lastres piso A.</p>	<p>2.9t 20.0t Total: 22.9t</p>
<p>No.18: Tramo de flecha, Lastres aéreos (Plataforma).</p> 	<p>1 tramo de flecha. 2 lastres aéreo A. 2 lastres aéreo B.</p>	<p>1.98t 11.2t 7.4t Total: 20.58t</p>
<p>No.19: Carrito, Tramo de flecha (Plataforma).</p> 	<p>1 carrito. 1 tramo flecha. 1 tramo de flecha. 4 lastres aéreos.</p>	<p>1.11t 0.73t 0.54t 22.4t Total: 24.78t</p>
Peso Total de Estructuras		387.0t

Fuente: Elaboración propia.

2. Ejecución y registro fotográfico del plan de transporte.

Conforme a lo planificado, se procedió con la ejecución de carguío y estibamiento sobre las unidades de transporte asignadas para la optimización de recursos, de lo cual se detallan los siguientes registros fotográficos:

Figura 3.1 Registro fotográfico de la actividad de transporte.



Imagen N°01
Carguio y estibado de Tramo basal de Grúa Torre correspondiente al transporte No.03: Cuerpo Basal (Camabaja) con una carga total de 16t.



Imagen N°02
Carguio y estibado de tablero, cabina, accesorios y lastres de piso tipo A de la base de la Grúa Torre correspondiente al transporte No.04: Cabina, Tablero y Carrito (Plataforma), con una carga total de 15.04t.



Imagen N°03
Carguio y estibado de dos tramos de mastil y dos contrapesos tipo B de la base de la Grúa Torre correspondiente al transporte No.06: Tramos de Torre (Camacuna), con una carga total de 35.04t.



Imagen N°04
Carguio y estibado de dos tramos de mastil y dos contrapesos tipo B de la base de la Grúa Torre correspondiente al transporte No.07, No.08 y No.09: Tramo de torre (Camacuna), con una carga total de 15.04t.



Imagen N°05
Carguio y estibado de tramo de telescopaje, accesorios y tornamesa de la Grúa Torre correspondiente al transporte No.10: Tramo Telescopaje y Tornamesa (Camacuna), con una carga total de 15.04t.



Imagen N°06
Carguio y estibado de Tramo de flecha y lastres de piso tipo A de la Grúa Torre correspondiente al transporte No.11: Tramo de flecha (Plataforma), con una carga total de 16t.



Imagen N°07
Carguio y estibado de Tramo de contraflecha y accesorios de Grúa Torre correspondiente al transporte No.14: Tramo 1 Contraflecha (Plataforma), con una carga total de 9.2t.



Imagen N°08
Carguio y estibado de Tramo de flecha y 4 lastres aereos de contraflecha de Grúa Torre correspondiente al transporte No.16: Tramo de flecha, contrapesos (Plataforma) con una carga total de 25.84t.



Imagen N°09
Carguio y estibado de Tramo de flecha y lastres aereos de contraflecha de Grúa Torre correspondiente al transporte No.18: Tramo de flecha, Lastres aéreos (Plataforma), con una carga total de 20.58t.



Imagen N°10
Carguio y estibado de Tramos de flecha, accesorios, lastres aereos de contraflecha de Grúa Torre correspondiente al transporte No.19: Carrito, Tramo de flecha (Plataforma), con una carga total de 24.78t.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Cálculo y desarrollo de bloques de fundación.

1. Documentos de referencia.

- Anexo 1: Plano de ubicación K161-C2-3230-15S-A027 Rev. G.
- Manual técnico de Grúa Torre 1000 EC-H 40 LITRONIC.
- Norma Técnica de Edificación NTE E.020 – “Cargas”.
- Norma Técnica de Edificación NTE E.030 – “Diseño Sismo resistente”.
- Norma Técnica de Edificación E050– “Suelos y Cimentaciones”
- Norma Técnica de Edificación NTE E.060 – “Concreto Armado”.
- ASCE 7-16: Cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras.
- Norma AISC 360-10 especificación para construcciones de acero.
- Norma ACI-318 requisitos de reglamento para concreto estructural.

2. Análisis estructural.

a. Cargas sobre la Cimentación.

Se consideran las siguientes fuerzas que deberá soportar la cimentación:

- Carga Muerta (D).

Incluye el peso de los perfiles estructurales de acero que conforman la estructura más el peso de los contrapesos y cimentación.

- **Carga Viva (L).**

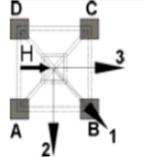
Cargas producidas por la operación de la grúa. La carga máxima que es izada por la flecha en la punta es de 11.50 ton.

b. Identificación de las cargas muertas (D) y cargas vivas (L).

En la Tabla 3.2, extraída del manual de datos estáticos de la grúa torre 1000 EC-H 40 LITRONIC obtenemos los parámetros de presiones en operación y fuera de operación para los cálculos respectivos de la cimentación, teniendo en cuenta los datos de configuración de operación:

- En la referencia superior derecha se ubica la configuración total de la flecha “Jib:80,00m”.

Tabla 3.2 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.

Crane 1000 EC-H 40 Litronic											Jib: 80,00m	
type:												
Tower system: 1000HC						tower section length: 2,9m						
Base tower:												
Crane base: undercarriage 1000HC 10m stationary						Track: 10m						
Crane stationary						Wheel gauge: 10m						
No. of tower sections	Hook height [m]	Central ballast [to]	Corner pressure in operation [kN], MD=964 kNm					Corner pressure out of operation [kN], MD=0				
			Corner	Position of jib			Hor. force [kN]	Corner	Position of jib			Hor. force [kN]
				1	2	3		1	2	3		
17	62,90	60,000	A	967	1505	429	148	A	856	1405	308	394
			B	1744	1505	1505		B	1712	1405	1405	
			C	967	429	1505		C	856	308	1405	
			D	190	429	429		D	1	308	308	
18	65,80	80,000	A	1026	1579	473	150	A	881	1525	305	406
			B	1826	1579	1579		B	1899	1525	1525	
			C	1026	473	1579		C	881	305	1525	
			D	225	473	473		D	0	305	305	
19	68,70	100,000	A	1084	1653	516	152	A	901	1647	300	418
			B	1908	1653	1653		B	2093	1647	1647	
			C	1084	516	1653		C	901	300	1647	
			D	261	516	516		D	0	300	300	

Fuente: Manual de datos estáticos EN14439:2009/FEM1.005-C25.

- En la columna “Hook Height [m]” trazamos un recuadro vertical e identificamos la altura bajo gancho que estará configurada la grúa torre, que será 65.8m por la cantidad de tramos de mástil, 9 tramos de 5.8m o 18 tramos de 2.9m como indica la referencia “No of tower sections” en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.

Crane 1000 EC-H 40 Litronic										Jib: 80,00m					
type:															
Tower system: 1000HC													tower section length: 2,9m		
Base tower:															
Crane base: undercarriage 1000HC 10m stationary										Track: 10m					
Crane stationary										Wheel gauge: 10m					
No. of tower sections	Hook height [m]	Central ballast [to]	Corner pressure in operation [kN], MD=964 kNm					Corner pressure out of operation [kN], MD=0							
			Corner	Position of jib			Hor. force [kN]	Corner	Position of jib			Hor. force [kN]			
17	62,90	60,000	A	967	1505	429	148	A	856	1405	308	394			
			B	1744	1505	1505		B	1712	1405	1405				
			C	967	429	1505		C	856	308	1405				
			D	190	429	429		D	1	308	308				
18	65,80	80,000	A	1026	1579	473	150	A	881	1525	305	406			
			B	1826	1579	1579		B	1899	1525	1525				
			C	1026	473	1579		C	881	305	1525				
			D	225	473	473		D	0	305	305				
19	68,70	100,000	A	1084	1653	516	152	A	901	1647	300	418			
			B	1908	1653	1653		B	2093	1647	1647				
			C	1084	516	1653		C	901	300	1647				
			D	261	516	516		D	0	300	300				

Fuente: Manual de datos estáticos EN14439:2009/FEM1.005-C25.

- Luego realizamos un trazo horizontal en la tabla 3.4, podemos identificar en dos columnas los datos correspondientes a las presiones en cada esquina o zapata en operación o fuera de operación, así como la reacción de la fuerza horizontal.

Tabla 3.4 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.

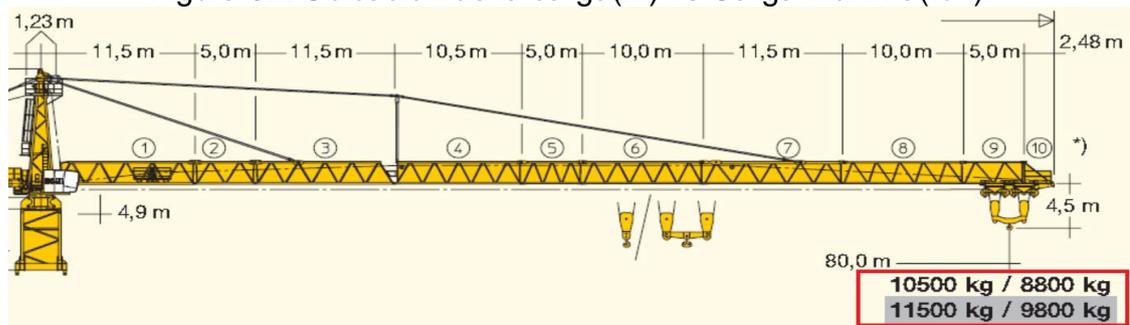
Crane 1000 EC-H 40 Litronic										Jib: 80,00m					
type:															
Tower system: 1000HC													tower section length: 2,9m		
Base tower:															
Crane base: undercarriage 1000HC 10m stationary										Track: 10m					
Crane stationary										Wheel gauge: 10m					
No. of tower sections	Hook height [m]	Central ballast [to]	Corner pressure in operation [kN], MD=964 kNm					Corner pressure out of operation [kN], MD=0							
			Corner	Position of jib			Hor. force [kN]	Corner	Position of jib			Hor. force [kN]			
17	62,90	60,000	A	967	1505	429	148	A	856	1405	308	394			
			B	1744	1505	1505		B	1712	1405	1405				
			C	967	429	1505		C	856	308	1405				
			D	190	429	429		D	1	308	308				
18	65,80	80,000	A	1026	1579	473	150	A	881	1525	305	406			
			B	1826	1579	1579		B	1899	1525	1525				
			C	1026	473	1579		C	881	305	1525				
			D	225	473	473		D	0	305	305				
19	68,70	100,000	A	1084	1653	516	152	A	901	1647	300	418			
			B	1908	1653	1653		B	2093	1647	1647				
			C	1084	516	1653		C	901	300	1647				
			D	261	516	516		D	0	300	300				

Fuente: Manual de datos estáticos EN14439:2009/FEM1.005-C25.

Nota. - Se debe indicar que estas cargas, no se diferencian las cargas muertas de las cargas vivas y se ha considerado como cargas totales que transmiten la grúa en servicio (no mayoradas).

Respecto a la carga total que transmite la grúa en servicio se ha considerado de acuerdo con el manual del fabricante.

Figura 3.2 Ubicación de la carga(m) vs Carga máxima(ton).



Fuente: Ficha Técnica Liebherr 1000EC-H40.

3. Diseño estructural.

El diseño de concreto armado se ha realizado siguiendo los lineamientos de la Norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones.

a. Materiales.

Concreto Armado zapata:

- Resistencia Característica: **$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$**
- Peso específico de concreto: **$P_e: 2400 \text{ kg/m}^3$**

Suelo:

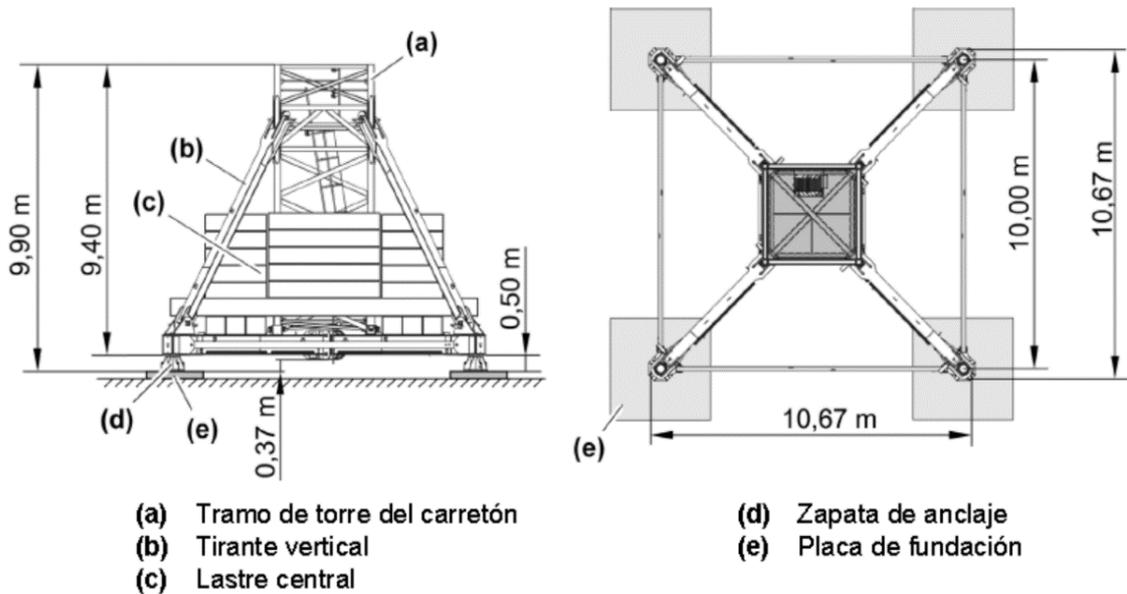
- Características del suelo, indicadas por AUSENCO en el RFI 696 (ver Anexo 3).

Zona:

- Esfuerzo admisible o capacidad portante: **$\sigma_{adm} = 3.00 \text{ kg/cm}^2$**
- Profundidad de cimentación recomendado: **$D_f = 0.9 \text{ m}$**

c. Diseño de Cimentación.

Figura 3.3 Detalle de cimentación.



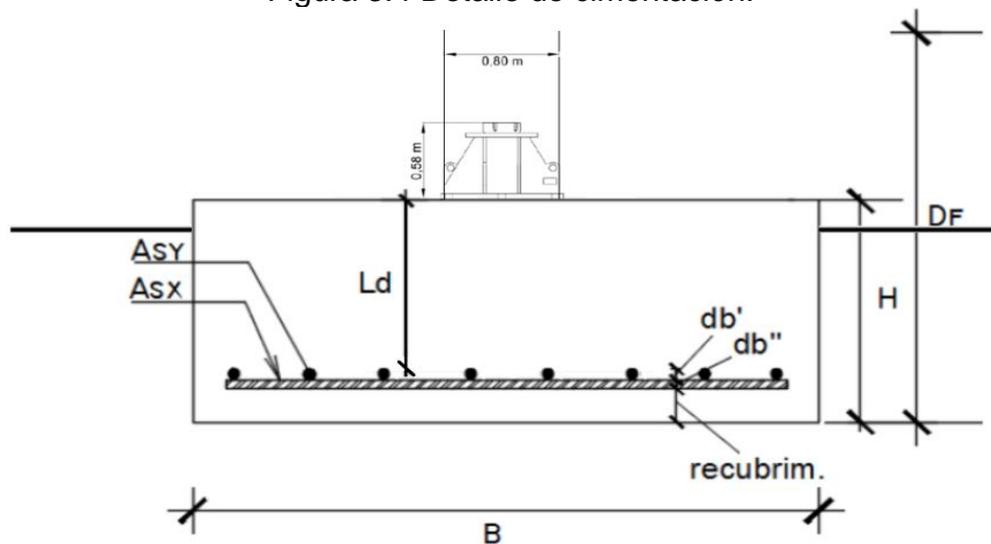
Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

d. Cálculo del peralte de zapata.

Dimensionamos la elevación H, esta se halla cuando determinamos el peralte efectivo "d", mediante la verificación considerando la normativa E.060.

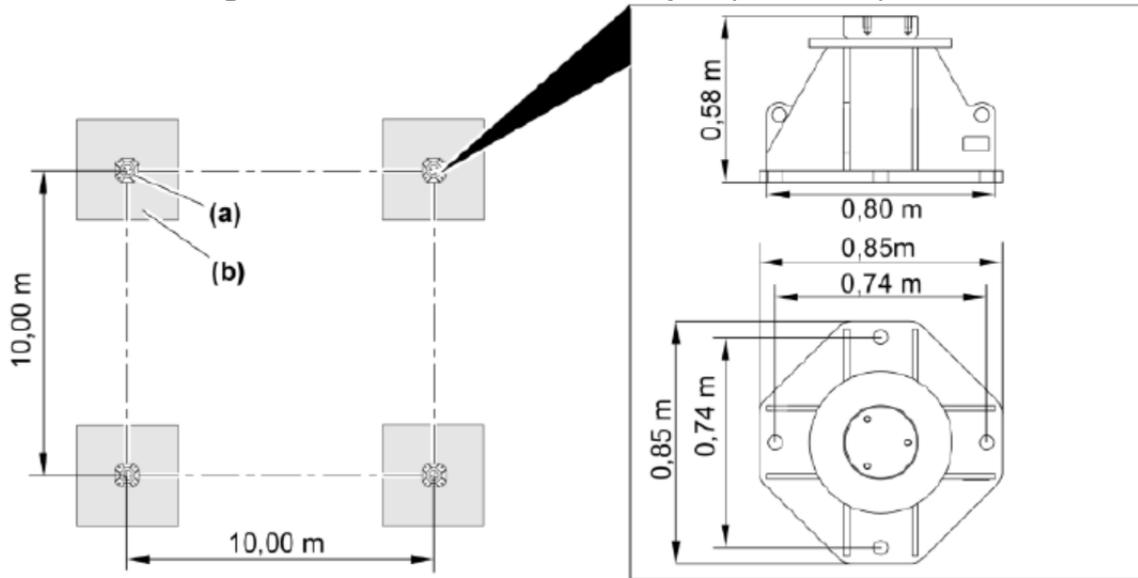
$$H = ld + db' + db'' + ref_{min} \quad \dots \text{Ecuación (29)}$$

Figura 3.4 Detalle de cimentación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5 Dimensiones de Anclaje Típico en zapata.



Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

- Longitud de desarrollo por tracción.
- Según la norma E.060 peralte mínimo para zapatas, tenemos la tabla siguiente:

Tabla 3.5 Longitud de desarrollo de barras en tracción.

Condiciones	Alambres corrugados o barras de 3/4" y menores	Barras mayores de 3/4"
<p>Espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo empalmados o desarrolladas no menor que db, con recubrimiento libre no menor que db, y estribos a lo largo de ld por lo menos iguales al mínimo indicado en 11.5.6.</p> <p>Aplicable también cuando el espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo desarrolladas o empalmadas no sea menor que $2db$ y el recubrimiento libre no menor que db (ver Fig.12.1).</p>	$\left(\frac{fy \psi_t \psi_e \lambda}{2,6 \sqrt{f'_c}} \right) db$	$\left(\frac{fy \psi_t \psi_e \lambda}{2,1 \sqrt{f'_c}} \right) db$
Otros casos	Ver 12.2.3	Ver 12.2.3

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando la siguiente formula correspondiente de la norma E.060 con el factor de conversión:

$$L_{d1} = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e \times \lambda}{7.2 \times \sqrt{f'_c}} \times d_b \quad \dots \text{Ecuación (30)}$$

Desarrollamos el siguiente cuadro para los diámetros correspondientes y obtener el peralte H aproximado para tracción.

Tabla 3.6 Tabla de longitud de desarrollo en tracción.

Ø de Barra	Ø cm	Ldg' T	db'	db''	r _{min}	H
Ø 3/8"	0.9525	33.20	0.9525	0.9525	8	43.16
Ø 1/2"	1.27	44.27	1.27	1.27	8	54.88
Ø 5/8"	1.5875	55.34	1.5875	1.5875	8	66.60
Ø 3/4"	1.905	66.41	1.905	1.905	8	78.32

Fuente: Elaboración propia.

Nota: tener en cuenta que bajo norma E.060 el peralte mínimo es de 300mm.

➤ Longitud de desarrollo por compresión.

Utilizando la siguiente formula de la norma E060 con el factor de conversión:

$$L_{d1} = 0.087 \times \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \times db \quad \dots \text{Ecuación (31)}$$

Desarrollamos el siguiente cuadro para los diámetros correspondientes y obtener el peralte H aproximado para compresión:

Tabla 3.7 Tabla de longitud de desarrollo en compresión 1.

Ø de Barra	Ø cm	Ldg' C ₁	db'	db''	r _{min}	H
Ø 3/8"	0.9525	20.80	0.9525	0.9525	8	30.70
Ø 1/2"	1.27	27.73	1.27	1.27	8	38.27
Ø 5/8"	1.5875	34.67	1.5875	1.5875	8	45.84
Ø 3/4"	1.905	41.60	1.905	1.905	8	53.41

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando la siguiente formula de la norma E060 con el factor de conversión:

$$L_{d2} = 0.0042 \times f_y \times db \quad \dots \text{Ecuación (32)}$$

Tabla 3.8 Tabla de longitud de desarrollo en compresión 2.

Ø de Barra	Ø cm	Ldg' C ₂	db'	db''	r _{min}	H
Ø 3/8"	0.9525	20.80	0.9525	0.9525	8	26.71
Ø 1/2"	1.27	27.73	1.27	1.27	8	32.94
Ø 5/8"	1.5875	34.67	1.5875	1.5875	8	39.18
Ø 3/4"	1.905	41.60	1.905	1.905	8	45.41

Fuente: Elaboración propia.

Nota: tener en cuenta que bajo norma E.060 el peralte mínimo a compresión es de 200mm.

Considerando el uso de acero #06 de diámetro 3/4", vemos el mayor peralte con la longitud de desarrollo a tracción.

Tabla 3.9 Tabla de longitud de desarrollo final.

Ø de Barra	Ø cm	Ldg' T	db'	db''	r _{min}	H
Ø 3/4"	1.905	66.41	1.905	1.905	8	78.32

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el manual del fabricante se empleará un sobrecimiento de 37cm:

$$H_U = 78.32 + 37 = 115.32\text{cm} \cong 1.2\text{m}$$

e. Cálculo de área de zapata.

Utilizando la ecuación (06) de esfuerzos uniaxiales, Hallamos la fuerza sobre la zapata:

$$P_{zapata} = R_{1B} + 0.7 \times F_S = 193.78 + 0.7 \times 92.8 = 258.74t$$

Calculamos el esfuerzo neto:

$$q_{neto} = q_a - (\gamma_{SZ} \times h_{SZ}) - (\gamma_S \times h_S) - s/c \quad \dots \text{Ecuación (33)}$$

$$q_{neto} = 30 \frac{t}{m^2} - (2.4 \frac{t}{m^3} \times 1.2\text{m}) - (1.8 \frac{t}{m^3} \times 1.17\text{m}) - 0.5 \frac{t}{m^2} = 24.51 \frac{t}{m^2}$$

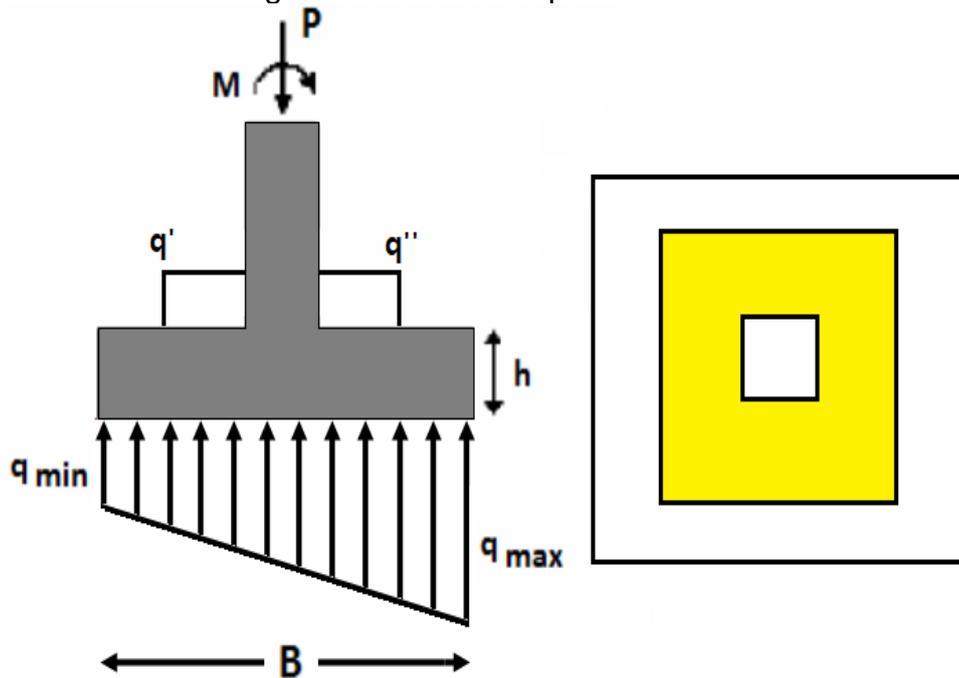
$$A_{zapata} = \frac{P_{zapata}}{q_{neto}} = \frac{258.74t}{24.51 \frac{t}{m^2}} = 10.55m^2$$

Por diseño la zapata se adopta cuadrada, entonces tenemos:

$$A_{zapata} = A \times B = l \times l = l^2 = 10.55m^2 \rightarrow l = 3.2m$$

f. Verificación por punzonamiento.

Figura 3.6 Grafica de punzonamiento.



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del perímetro de punzonamiento (b_0):

$$b_0 = 2 \times (t + d) + 2 \times (b + d); d = 1.1m \quad \dots \text{Ecuación (34)}$$

$$b_0 = 2 \times (0.6 + 0.6) + 2 \times (0.85 + 1.1) = 6.3m$$

Relación de lados (B_0):

$$B_0 = \frac{t}{b} = \frac{0.85}{0.85} = 1$$

Area del punzonamiento (A'_p):

$$A'_p = A_Z - A_P = 10.24 - 2.34 = 7.9m^2$$

Cálculo de presión a distancia de corte izquierdo (q') y derecho (q''):

$$q' = \frac{(q_1 \times 1.05) + (q_2 \times 2.15)}{3.2} = \frac{97.40 \times 1.05 + 35.56 \times 2.15}{3.2} = 55.85 \frac{t}{m^2}$$

$$q'' = \frac{(q_1 \times 2.15) + (q_2 \times 1.05)}{3.2} = \frac{97.40 \times 2.15 + 35.56 \times 1.05}{3.2} = 77.11 \frac{t}{m^2}$$

Cálculo de fuerza cortante ultima:

$$V_U = q_u \times A'_p = \frac{q_1 + q_2}{2} \times A_Z - \frac{q' + q''}{2} \times A_P \quad \dots \text{Ecuación (35)}$$

$$V_U = \frac{97.4 + 35.56}{2} \times 10.55 - \frac{77.11 + 55.85}{2} \times 2.34 = 545.80t$$

Cálculo de resistencia del concreto por corte punzonamiento:

$$\phi V_C = \phi \times \left(0.53 + \frac{1.10}{B_0}\right) \times \sqrt{f'_c} \times b_0 \times d \quad \dots \text{Ecuación (36)}$$

$$\phi V_C = 0.85 \times \left(0.53 + \frac{1.10}{1}\right) \times \sqrt{280} \times 630 \times 110 = 1606.64t$$

Por lo tanto, las dimensiones de diseño de la zapata superan el esfuerzo por punzonamiento:

$$\therefore \rightarrow \phi V_C = 1606.64t \geq V_U = 545.80t$$

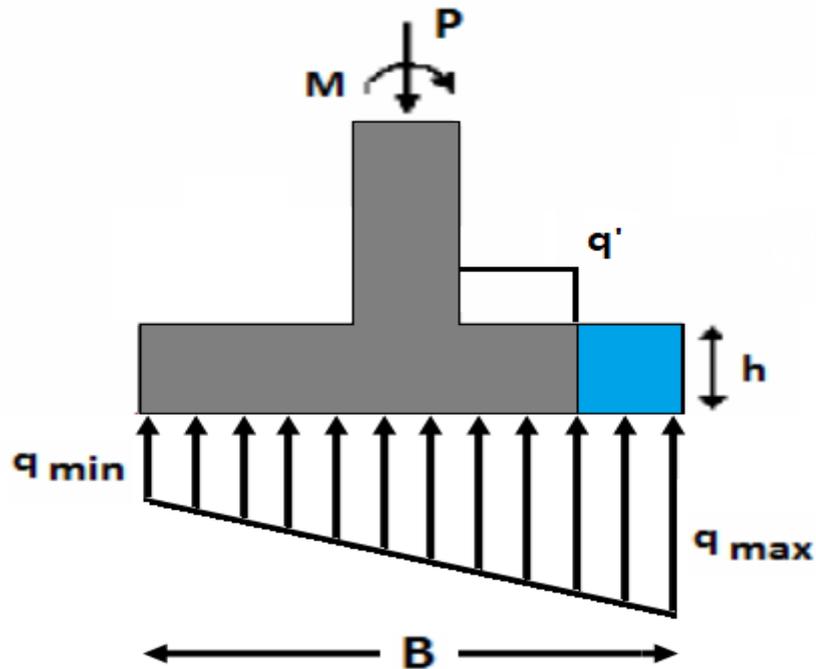
g. Verificación por cortante.

$$d = 1.1m = 110cm$$

$$q' = \frac{(q_1 \times 2.15) + (q_2 \times 1.05)}{3.2} = \frac{97.40 \times 2.15 + 35.56 \times 1.05}{3.2} = 77.11 \frac{t}{m^2}$$

$$V_U = \left[\frac{97.4+35.56}{2} \times 1.05 \right] \times 3.2 = 223.37t$$

Figura 3.7 Grafica de esfuerzo cortante.



Fuente: Elaboración propia.

De la ecuación (36):

$$\phi V_C = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{280} \times 320 \times 110 = 265.35t$$

Por lo tanto, las dimensiones de diseño de la zapata superan el esfuerzo cortante:

$$\therefore \rightarrow \phi V_C = 265.35t \geq V_U = 223.37t$$

4. Análisis de riesgo sísmico.

a. Periodo de retorno TR.

El análisis se efectuó usando el manual del proveedor en el cual se obtuvo las cargas cuando la grúa está operando y cuando está fuera de servicio. Debido a que se trata de una superestructura temporal, del orden de un 1 año de

exposición, se efectuó el análisis de carga de sismo para ese tiempo de vida útil comparado con lo que indica el Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 para el sismo de diseño, el cual tiene una aceleración en la roca considerando t=50 años de exposición asociado a 10% de excedencia. Se demuestra a continuación lo especificado en la norma para un sismo severo con TR=475 años de periodo de retorno, utilizando la ecuación (1), tenemos:

$$P_{MAX}(A > a) = 1 - e^{-\frac{t}{TR}} = 0.1$$

Para nuestro caso tenemos una vida útil del orden de t=1 año, queremos tener la misma probabilidad de 10% y con ello encontrar el periodo de retorno asociado a dicha vida útil:

$$1 - e^{-\frac{1}{TR}} = 0.1, \quad TR = 9.49 \text{ años}$$

Como observamos los sismos frecuentes tiene un periodo de retorno TR=43 años asociado a una aceleración de 0.20g, como se muestra a continuación:

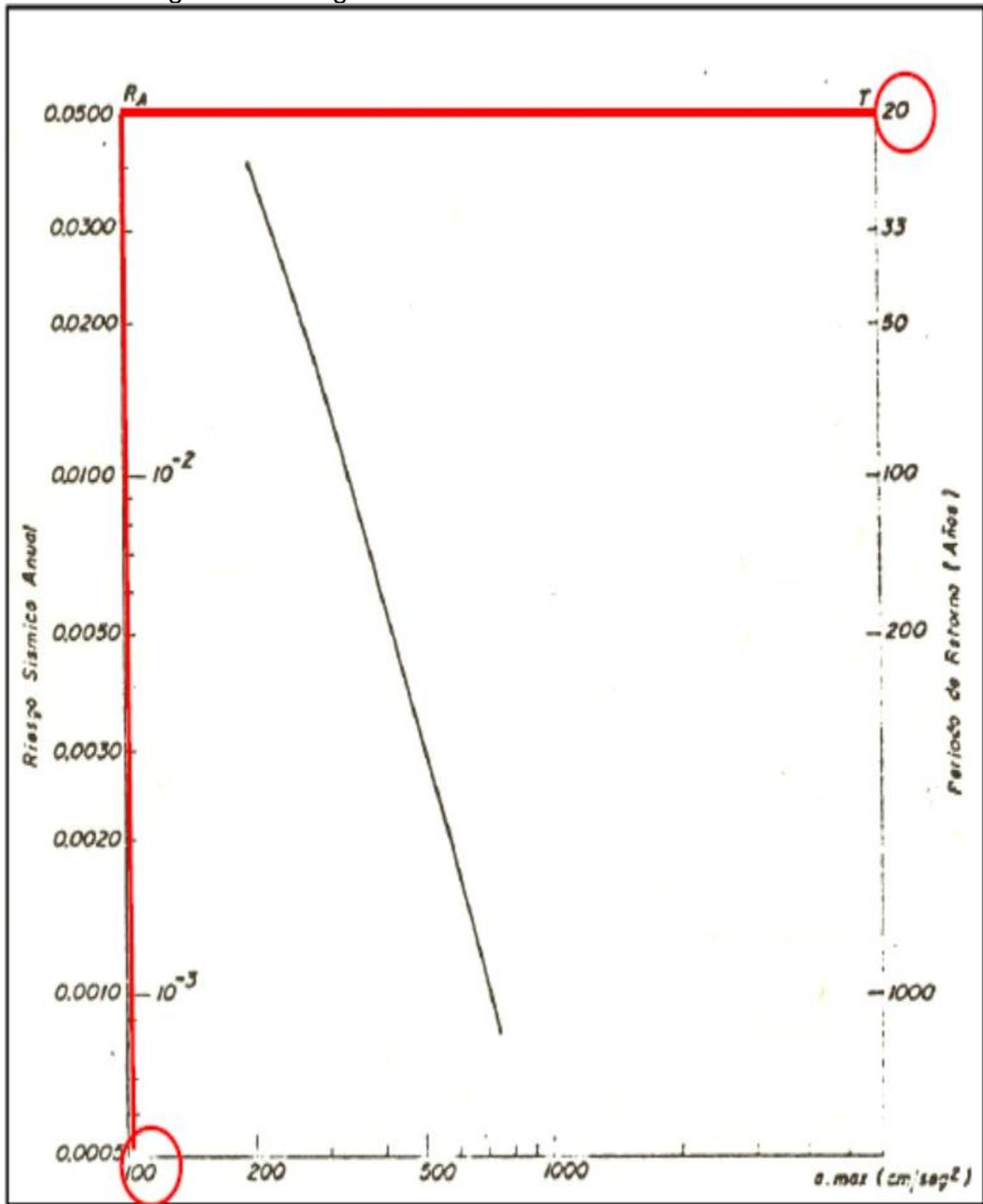
Tabla 3.10 Movimientos sísmicos de diseño.

SISMO DE DISEÑO	PERIODO DE RETORNO (años)	ACELERACIÓN ASOCIADA PARA LA COSTA DEL PERÚ (g)	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA EN 50 AÑOS DE EXPOSICIÓN (%)
Frecuentes	43	0.20	69
Ocasionales	72	0.25	50
Raros	475	0.40	10
Muy raros	970	0.50	5

Fuente: Normas sísmicas peruanas y el diseño sismo resistente.

Sin embargo, para nuestro caso tomaremos de referencia el riesgo sísmico anual realizado por Vargas Neumann el cual nos relaciona el periodo de retorno con la aceleración máxima, con lo cual tendremos una aceleración $a=100\text{cm/s}^2 = 0.1\text{g}$. Cabe indicar que por tratarse de una estructura de uso temporal (1 o 2 años), de acuerdo con el ASCE7-16 no es necesario considerar las cargas sísmicas. Pero si considerar un sismo reducido con una aceleración de 0.1g, esto debido al impacto que puede ocasionar durante la construcción la falla de la cimentación.

Figura 3.8 Riesgo Sísmico anual vs Aceleración máxima.

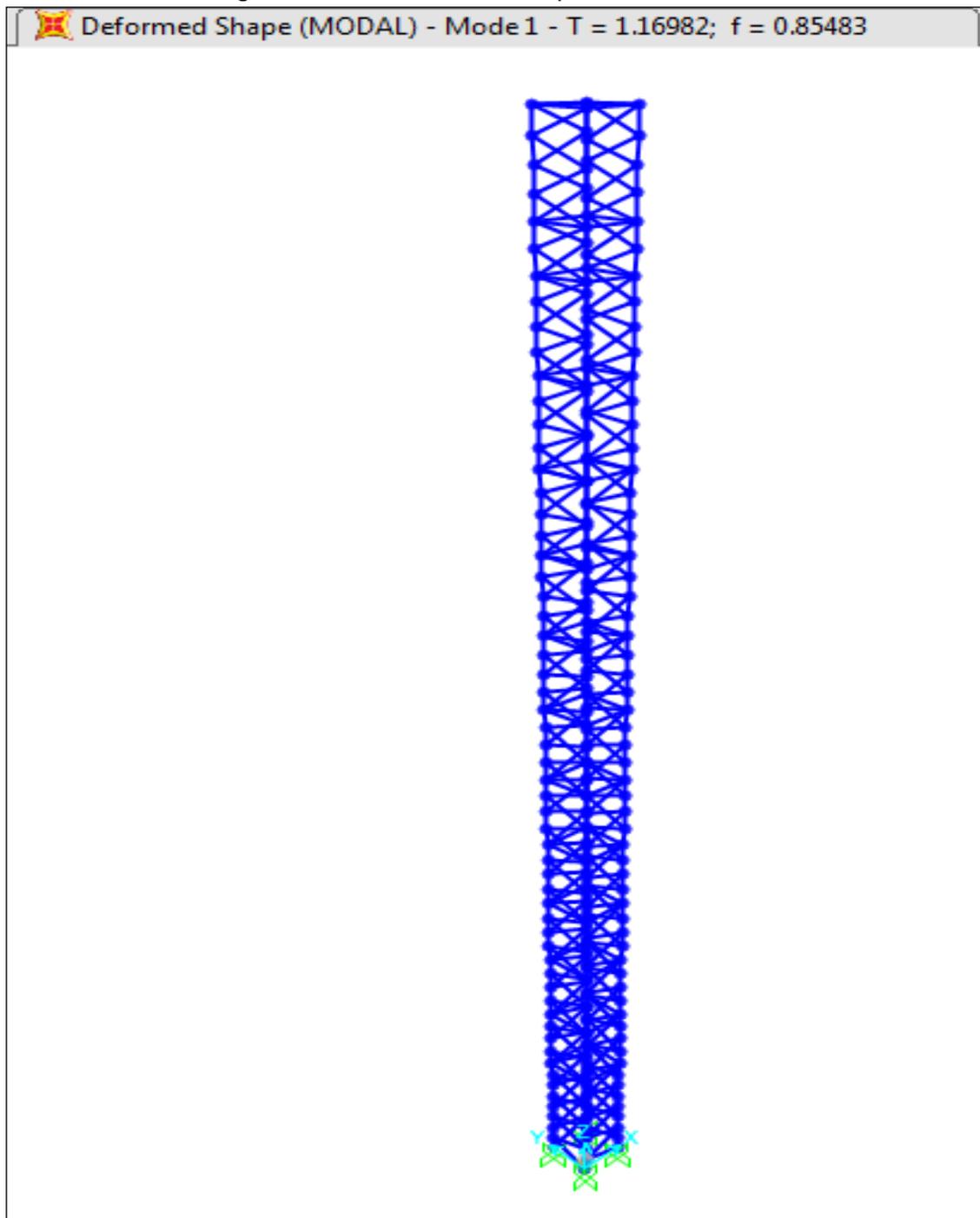


Fuente: Características de los sismos peruanos, influencia en el espectro de diseño estructural y riesgo sísmico implícito en las normas.

b. Modelo Estructural.

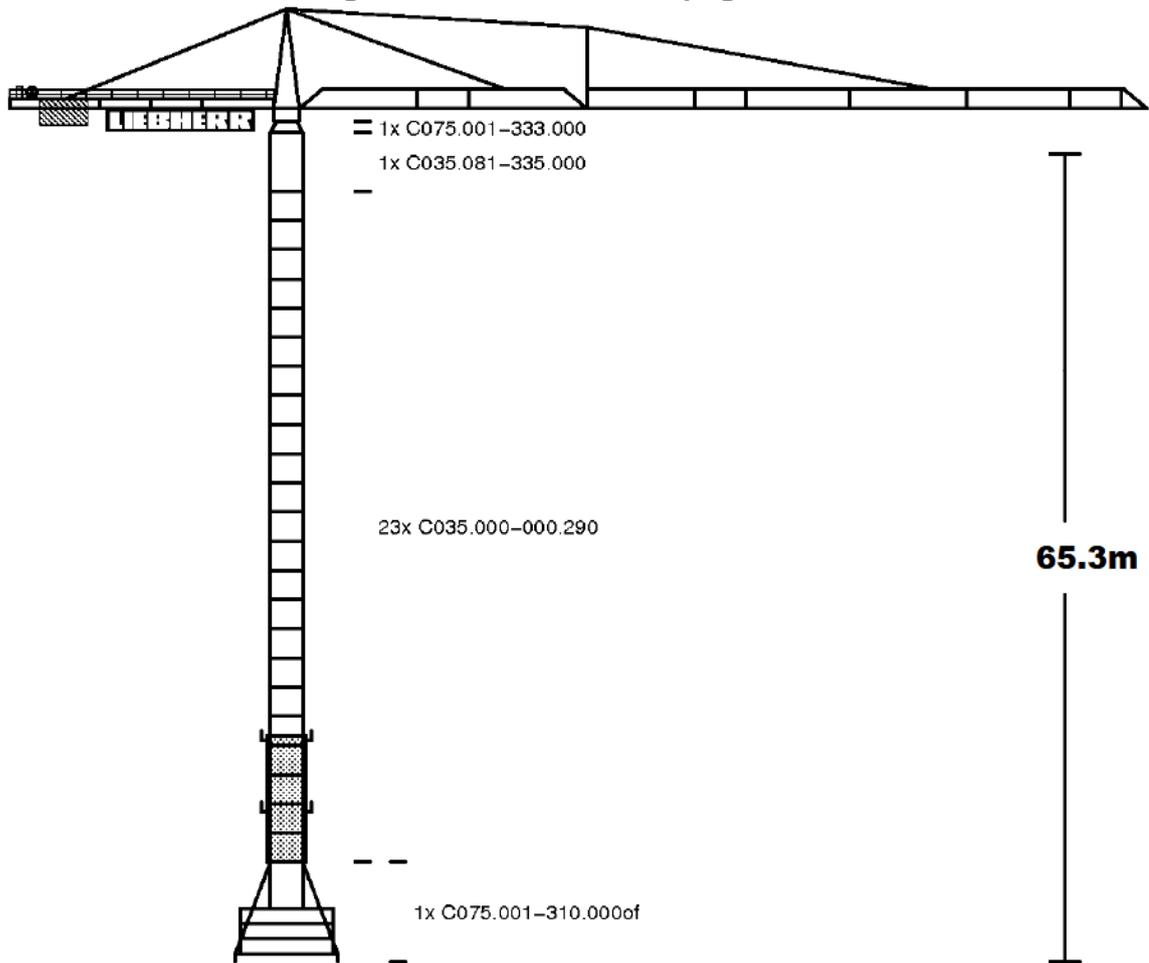
Se asume que el modelo matemático de la estructura corresponde al de un péndulo invertido de acuerdo con la norma ASCE7-16, con un periodo igual a $T=1,169s$.

Figura 3.9 Estructura como péndulo invertido.



Fuente: Manual de datos estáticos EN14439:2009/FEM1.005-C25.

Figura 3.10 Altura total bajo gancho.



Fuente: Manual de datos estáticos EN14439:2009/FEM1.005-C25.

Tabla 3.11 Cargas empleadas en el diseño.

Crane 1000 EC-H 40 Litronic		tower section length: 2,9m		Jib: 80,00m								
type:		Tower system: 1000HC		Crane base: undercarriage 1000HC 10m stationary								
Base tower:		Crane stationary		Track: 10m								
				Wheel gauge: 10m								
No. of tower sections	Hook height [m]	Central ballast [to]	Corner pressure in operation [kN], MD=964 kNm				Corner pressure out of operation [kN], MD=0					
			Corner	Position of jib			Corner	Position of jib				
				1	2	3	Hor. force [kN]		1	2	3	Hor. force [kN]
16	60,00	60,000	A	958	1481	435	146	A	848	1337	359	381
			B	1713	1481	1481		B	1613	1337	1337	
			C	958	435	1481		C	848	359	1337	
			D	203	435	435		D	83	359	359	
17	62,90	60,000	A	967	1505	429	148	A	856	1405	308	394
			B	1744	1505	1505		B	1712	1405	1405	
			C	967	429	1505		C	856	308	1405	
			D	190	429	429		D	1	308	308	
18	65,80	80,000	A	1026	1579	473	150	A	881	1525	305	406
			B	1826	1579	1579		B	1899	1525	1525	
			C	1026	473	1579		C	881	305	1525	
			D	225	473	473		D	0	305	305	
19	68,70	100,000	A	1084	1653	516	152	A	901	1647	300	418
			B	1908	1653	1653		B	2093	1647	1647	
			C	1084	516	1653		C	901	300	1647	
			D	261	516	516		D	0	300	300	

Fuente: Manual de datos estáticos EN14439:2009/FEM1.005-C25.

Los valores del “Central ballast” (lastre central) y del “MD” (momento generado por la operación) se encuentran incluidos dentro de los valores de las reacciones presentados en la tabla para las diferentes posiciones del brazo.

c. Cálculo de riesgo sísmico.

➤ **Esfuerzos debido al sismo.**

La grúa torre tiene 4 apoyos separados 10m entre ellos, como se aprecia en la Figura 3.4. En nuestro caso la grúa torre llegará a tomar una altura máxima de 65.8m bajo gancho.

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura 3.11. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica.

Figura 3.11 Distribución grafica de zonas sísmicas.



Fuente: Norma Técnica de Edificación E.030 – “Diseño sismorresistente”

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla 3.12. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 3.12 Factores de zona "Z".

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma Técnica de Edificación E.030 – "Diseño sismorresistente"

➤ **Parámetros de Sitio (S, T_P y T_L).**

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos TP y TL dados en las Tablas 3.13 y 3.14.

Tabla 3.13 Factor de suelo "S".

SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma Técnica de Edificación E.030 – "Diseño sismorresistente"

Tabla 3.14 Periodos "T_P" y "T_L".

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma Técnica de Edificación E.030 – "Diseño sismorresistente"

Tabla 3.15 Pesos de estructuras.

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2
Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.		Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

Fuente: Norma Técnica de Edificación E.030 – "Diseño sismorresistente"

Con los datos de las tablas 3.13, 3.14 y 3.15 obtenemos los siguientes parámetros:

Tabla 3.16 Parámetros para cálculo de riesgo sísmico.

Z	S ₁	T _P	T _L	U
0.35	1.0	0.4	3.0	1.0

Fuente: Elaboración Propia

➤ **Factor de amplificación sísmica:**

Siendo el esfuerzo admisible $\sigma_{adm} = 3.00 \text{ kg/cm}^2$, tomamos S₁ para el factor suelo, periodo T= 1.169 y teniendo la ecuación (2), y reemplazando datos de acuerdo con la Tabla 3.16, tenemos:

$$C = 2.5 \times \frac{T_p}{T} = 2.5 \times \frac{0.4}{1.169} = 0.855$$

Se calcula la fuerza sísmica, de acuerdo con la ecuación (4):

$$P_S = P \times \frac{ZUCS}{R} = P \times \frac{0.35 \times 1.0 \times 0.855 \times 1.0}{2.5} = 0.1197 \times P \quad \dots (1)$$

Pero sabemos que el peso del total de las partes de la grúa torre es el total de pesos indicados en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17 Pesos de estructuras.

Unidad de montaje	Peso (t)
Base de Torre Grúa 1000EC-H40	40.9
Mástil de Torre Grúa 1000EC-H40 – 8uni	60.0
Jaula de Telescopaje de Torre Grúa 1000EC-H40	23.5
Tramo completo de trepado	14.0
Cabina completa de Torre Grúa 1000EC-H40	36.2
Contraflecha de Torre Grúa 1000EC-H40	25.0
Flecha de Torre Grúa 1000EC-H40	40.1
Accesorios adicionales	11.3
Total peso m_{GT}	251.0t
Lastres de piso	80.0
Lastres aéreos	56.0
Total peso m_{LT}	136.0

Fuente: Elaboración Propia

y el peso máximo a cargar en la punta de la flecha es C_{max} : 11.5 t.

El Peso sísmico para nuestro caso sería:

$$m_S = m_{GT} + 0.25 \times C_{max}$$

$$m_S = 251.0 + 0.25 \times 11.5 = 253.88 \text{ t} \quad \text{Reemplazando en (1)}$$

$$P_S = 0.1197 \times 253.88t = 30.38 t$$

➤ **Momento sísmico.**

Se obtienen las fuerzas resultantes por cada tramo de la grúa torre sobre la longitud del mástil para el cálculo de momento sísmico.

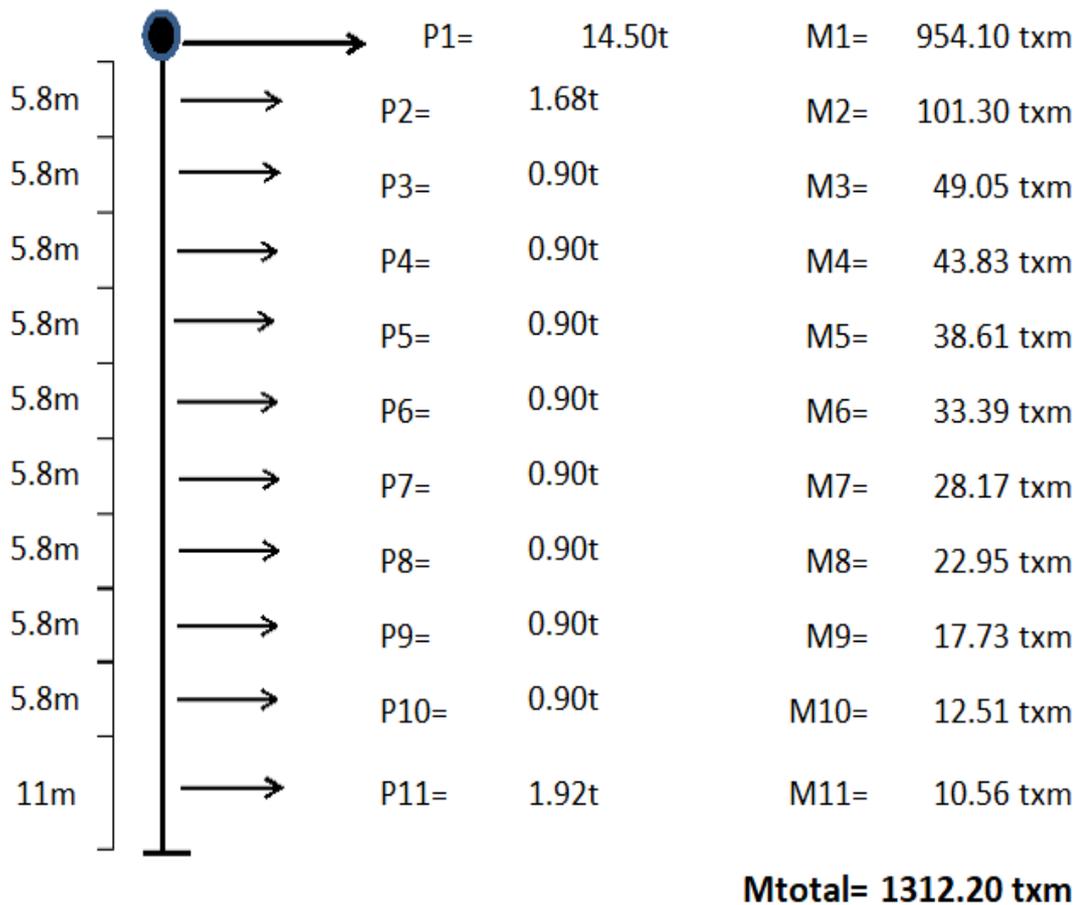
$P_1 = 0.1197 \times 121.1t = 14.50t$	... (Flecha + Contraflecha)
$P_2 = 0.1197 \times 14.0t = 1.68t$	... (Tramo de trepado)
$P_3 = 0.1197 \times 7.50t = 0.90t$	... (Tramo de mástil 8)
$P_4 = 0.1197 \times 7.50t = 0.90t$	... (Tramo de mástil 7)
$P_5 = 0.1197 \times 7.50t = 0.90t$	... (Tramo de mástil 6)
$P_6 = 0.1197 \times 7.50t = 0.90t$	... (Tramo de mástil 5)
$P_7 = 0.1197 \times 7.50t = 0.90t$	... (Tramo de mástil 4)
$P_8 = 0.1197 \times 7.50t = 0.90t$	... (Tramo de mástil 3)
$P_9 = 0.1197 \times 7.50t = 0.90t$	... (Tramo de mástil 2)
$P_{10} = 0.1197 \times 7.50t = 0.90t$	... (Tramo de mástil 1)
$P_{11} = 0.1197 \times 16.0t = 1.92t$	... (Tramo basal)

Para cada fuerza parcial calculamos los momentos parciales para finalmente obtener el momento sísmico resultante.

$M_1 = 14.5t \times 65.8m = 954.1 txm$	... (M altura máxima)
$M_2 = 1.68t \times 60.3m = 101.3txm$	... (Tramo de trepado)
$M_3 = 0.9t \times 54.5m = 49.05txm$	... (Tramo de mástil 8)
$M_4 = 0.9t \times 48.7m = 43.83txm$	... (Tramo de mástil 7)
$M_5 = 0.9t \times 42.9m = 38.61txm$	... (Tramo de mástil 6)
$M_6 = 0.9t \times 37.1m = 33.39txm$	... (Tramo de mástil 5)
$M_7 = 0.9t \times 31.3m = 28.17txm$	... (Tramo de mástil 4)
$M_8 = 0.9t \times 25.5m = 22.95txm$	... (Tramo de mástil 3)
$M_9 = 0.9t \times 19.7m = 17.73txm$	... (Tramo de mástil 2)
$M_{10} = 0.9t \times 13.9m = 12.51txm$	... (Tramo de mástil 1)
$M_{11} = 1.92t \times 5.5m = 10.56txm$	... (Tramo basal)

$$M_{ST} = 1312.2 \text{ t xm} \quad \dots \text{ (Momento resultante)}$$

Figura 3.12 Distribución de fuerza y momento sísmico.



Fuente: Elaboración propia.

Como tenemos una separación diagonal entre zapatas de:

$$d = \sqrt{10^2 + 10^2} = 14.14 \text{ m}$$

Tendremos unas fuerzas axiales de compresión y tracción igual a:

$$F_s = \frac{M_{ST}}{d} = \frac{1312.2 \text{ t xm}}{14.14 \text{ m}} = 92.80 \text{ t}$$

➤ **Cálculo de combinaciones de fuerza axial.**

- Caso I: grúa torre no está en operación.

Se observa que cuando la grúa torre no está en operación tenemos mayor reacción vertical y horizontal; la cuales son $R'_{1B} = 1899 \text{ kN} = 193.78 \text{ t}$ (Reacción Vertical en el punto B cuando la flecha se encuentra en diagonal según Figura

3.1) y $H'=406\text{kN} = 41.4\text{t}$ (Reacción Horizontal total cuando la grúa se encuentra fuera de servicio según Figura 3.4).

Peso de la cimentación: $3.2\text{m} \times 3.2\text{m} \times 1.2\text{m}$

$$Pe = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{cim} = 29491.2 \text{ kg} \approx 29.5 \text{ t}$$

Combinaciones de Carga en Servicio:

Tabla 3.18 Combinaciones carga.

	D	L	E
S01	1	-	-
S02	1	1	-
S03	1	-	0.7
S04	0.75	0.75	0.525

Donde:
D- Carga muerta
L- Carga viva
E- Carga de sismo

Fuente: Norma Técnica de Edificación NTE E.020 – “Cargas”

Carga axial total en servicio (grúa fuera de operación):

$$P'_{S01} = P'_{S02} = R'_{1B} + P_{cim} = 193.78\text{t} + 29.5 = 223.28\text{t}$$

$$P'_{S03} = R'_{1B} + P_{cim} + 0.7 \times F_S = 193.78\text{t} + 29.5 + 0.7 \times 92.8 = 288.24\text{t}$$

$$P'_{S04} = 0.75 \times (R'_{1B} + P_{cim}) + 0.525 \times A_S$$

$$= 0.75 \times (193.78\text{t} + 29.5) + 0.525 \times 92.80 = 216.18\text{t}$$

- Caso II – Grúa torre en operación

Se observa que cuando la grúa torre está en operación tenemos menor reacción vertical y horizontal; la cuales son $R_{1B} = 1826\text{kN} = 186.35\text{t}$ (Reacción Vertical en el punto B cuando la flecha se encuentra en diagonal según Figura 3.4) y $H=150\text{kN} = 15.31\text{t}$ (Reacción Horizontal total cuando la grúa se encuentra en

diagonal según Figura 3.4). Adicional, sabemos que la carga viva es la carga que puede levantar la pluma, el cual es 11.5t en punta.

Carga axial total en servicio (Grúa en operación):

$$P_{S01} = (R_{1B} - C_{\max}) + P_{cim} = (186.35t - 11.5t) + 29.5 = 204.35t$$

$$P_{S02} = R_{1B} + P_{cim} = 186.35t + 29.5t = 215.85t$$

$$\begin{aligned} P_{S03} &= (R_{1B} - C_{\max}) + P_{cim} + 0.7xAs \\ &= (186.35t - 11.5t) + 29.5 + 0.7 \times 92.80 = 269.31t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{S04} &= 0.75x(R_{1B} + P_{cim}) + 0.525xAs \\ &= 0.75 \times (186.35t + 29.5t) + 0.525 \times 30.90 = 178.11t \end{aligned}$$

Como observamos la combinación P_{S03} con la grúa fuera de operación y con sismo es la que resulta con mayor exigencia en carga axial; y que además cuando la grúa está fuera de operación a 45° tenemos una mayor fuerza cortante $H=41.4\text{ton}$, por lo tanto, descomponemos dicha carga por el $\cos 45^\circ = 0.707$, por lo tanto:

$$H_S = 41.4 \times 0.707 = 29.27t$$

La fuerza cortante F_{V03} debido a la combinación **S03** es:

$$F_{VS03} = H_S + 0.7x F_S = 29.27t + 0.7 \times 30.38t = 50.54t$$

Dicha fuerza cortante F_{VS03} se distribuyen en dos columnas, debido que el estado es para la grúa fuera de operación con la carga a 45° (ver Figura 3.4):

$$F'_{VS03} = \frac{50.54}{2} = 25.27t$$

Por lo tanto, tenemos un momento:

$$M_S = F'_{v_{s03}} \times H_{cim} = 25.27t \times 1.2m = 30.32 \text{ txm}$$

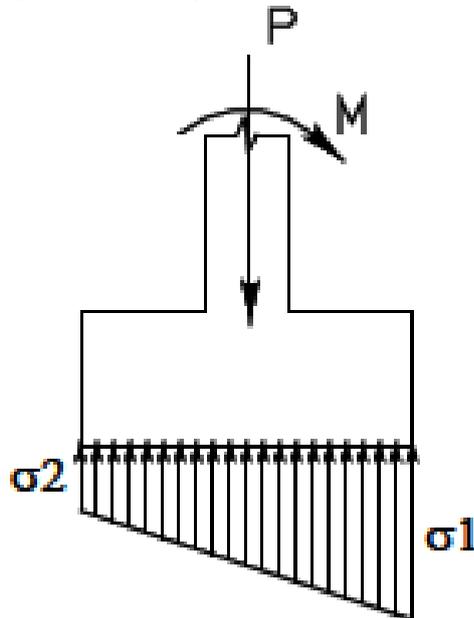
Excentricidad (fuera de operación) de:

$$e = \frac{M_S}{P'_{s03}} = \frac{30.32}{290.14} = 0.105m \leq \frac{L_{cim}}{6} = \frac{3.3}{6} = 0.53m$$

Para nuestro caso, puede considerarse una distribución de presiones trapezoidal bajo la zapata ya que la excentricidad “e” es menor que la sexta parte del ancho “L” de la zapata.

Entonces, el esfuerzo cuando la flecha de la grúa torre está en paralelo a unos de sus lados de la cimentación:

Figura 3.13 Esquema de zapata con esfuerzo axial y momento.



Fuente: Diseño y cálculo de estructuras de cimentación y contención – U. Politécnica Madrid.

Como $e < \frac{L}{6}$

Utilizando la ecuación (6) de esfuerzos uniaxiales, tenemos para los siguientes valores:

P_{s03} : 290.14t (fuera de operación).

L: 3.3m (longitud de zapata).

B: 3.3m (base de zapata).

M_s : 30.32txm (Momento sísmico resultante).

$$\sigma_s = \frac{Ps}{L \times B} + \frac{6 \times Ms}{B \times L^2} = \frac{290.14}{3.3 \times 3.3} + \frac{6 \times 30.32}{3.3 \times 3.3^2} = 31.70 \frac{t}{m^2}$$

Según la NTE E.060 Concreto armado, en el acápite 15.2.4 se especifica que se puede considerar un incremento del 30% en el valor de la presión admisible para los estados de carga donde intervenga sismo o viento:

$$\sigma_s = 31.70 \frac{t}{m^2} < 1.3 \times \sigma_{adm} = 1.3 \times 30 = 39 \frac{t}{m^2}$$

Analizando biaxialmente tenemos:

$$\sigma_{xy} = \frac{Ps}{L \times B} \pm \frac{M_{xx} \times v_x}{I_{yy}} \pm \frac{M_{yy} \times v_y}{I_{xx}} \quad \dots \text{Ecuación (37)}$$

$$\sigma_{xy} = \frac{290.14}{3.3 \times 3.3} + \frac{6 \times 30.32}{3.3 \times 3.3^2} + \frac{6 \times 30.32}{3.3 \times 3.3^2} = 36.77 \frac{t}{m^2}$$

Finalmente:

$$\sigma_{xy} = 36.77 \frac{t}{m^2} < 1.3 \times \sigma_{adm} = 1.3 \times 30 = 39 \frac{t}{m^2}$$

∴ Por los resultados obtenidos, el riesgo sísmico es minimizado por los esfuerzos mayorados calculados en cada zapata.

5. Cálculo por deslizamiento.

Se toma de la siguiente forma, peso total de la torre grúa sin lastres:

$$m_{GT} = 40.9 + 60 + 23.5 + 14 + 36.2 + 25 + 40.1 + 11.3 = 251.0t$$

Peso Total de lastres: 136t

$$m_{LT} = 10 \times 5.6t + 8 \times 10t = 136.0t$$

Verificamos por fricción entre la zapata y la sub-zapata, sabemos conservadoramente que la fricción entre superficies de concreto es $\mu=0.3$, utilizando la ecuación (18).

$$\frac{F_{estabilizadoras}}{F_{desestabilizadoras}} \geq FS = 1.5$$

$$F_{deslizamiento} = \frac{(m_{GT} + m_{LT}) \times \mu}{F_{S03}} = \frac{(251 + 136) \times 0.3}{40.57} = 2.86$$

Por lo tanto:

$$F_{deslizamiento} = 2.86 > FS = 1.5$$

∴ Por el cociente entre las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras no se desliza por tener un valor mayor al factor de seguridad (FS).

6. Cálculo por volcamiento.

Hallamos la excentricidad y la comparamos con la sexta parte de la longitud de la zapata.

$$e = \frac{M_S}{P'_{S03}} = \frac{30.32}{290.14} = 0.105m \leq \frac{L_{cim}}{6} = \frac{3.3}{6} = 0.53m$$

∴ El cálculo por volcamiento no es necesario por lo que la excentricidad debido al momento de sismo es $e=0.105m$ y ello es mucho menor a $L/6 = 0.53m$, el esfuerzo se encuentra en el núcleo central de la zapata; es decir no se presentan “tracciones” en ninguna parte de la zapata.

7. Diseño del refuerzo de la zapata.

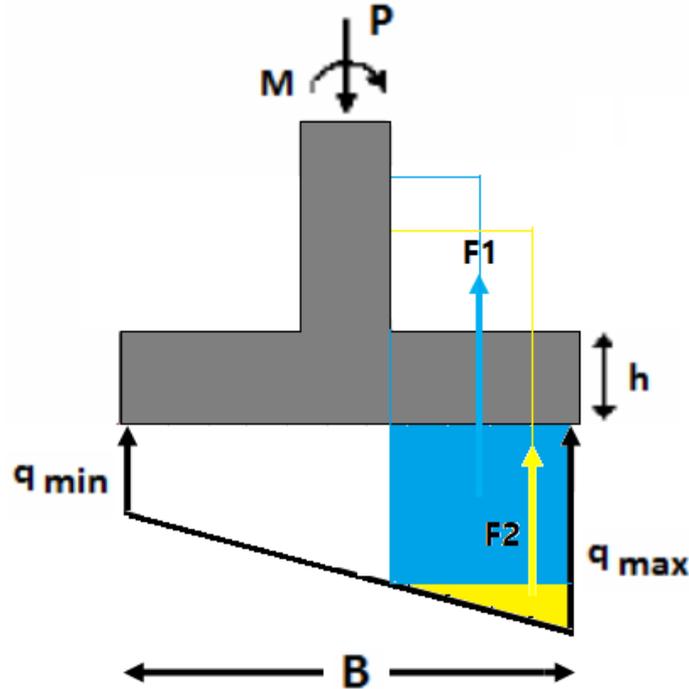
Con los siguientes parámetros la zapata tendrá un momento último de:

$$R_{1B} = 1899kN = 193.78t \text{ (sin operación).} \quad P_{cim} = 31.4t \quad F_S = 92.8t$$

a. Cálculo del acero.

Utilizaremos la siguiente grafica para los cálculos correspondientes.

Figura 3.14 Esquema de zapata para cuantías.



Fuente: Elaboración propia.

$$q' = \frac{(q_{max} \times 2.025) + (q_{min} \times 1.175)}{3.2}$$

$$q' = \frac{(97.40 \times 2.025) + (35.56 \times 1.175)}{3.2} = 74.69 \frac{t}{m^2}$$

$$L = 1.175m.$$

$$F_1 = L \times q' = 1.175 \times 74.69 = 87.76 \frac{t}{m}$$

$$F_2 = \frac{L}{2} \times (q_{max} - q') = \frac{1.175}{2} \times (97.40 - 74.69) = 13.34 \frac{t}{m}$$

$$M_u = \frac{L}{2} \times F_1 + \frac{2L}{3} \times F_2 = \frac{1.175}{2} \times 87.76 + \frac{2 \times 1.175}{3} \times 13.34 = 62.01t - m$$

Datos de diseño:

$$b = 100\text{cm} ; d = 110\text{cm} ; M_u = 62.01\text{t} - \text{m}$$

$$\beta = 0.85 ; f'_c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} ; f_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Cuantía y acero mínimo:

$$P_{min} = 0.70 \times \frac{\sqrt{280}}{4200} = 2.79 \times 10^{-3}$$

$$As_{min} = 2.79 \times 10^{-3} \times 100 \times 110 = 30.68\text{cm}^2$$

- Cuantía y acero balanceado:

$$P_b = 0.85 \times 0.85 \times \frac{280}{4200} \times \left(\frac{6000}{6000 + 4200} \right) = 0.0283$$

$$As_b = 0.0283 \times 100 \times 110 = 311.3\text{cm}^2$$

- Cuantía y acero máximo:

$$P_{max} = 0.5 \times P_b = 0.5 \times 0.0283 = 0.01415$$

$$As_b = 0.01415 \times 100 \times 110 = 155.65\text{cm}^2$$

- Cuantía y acero de diseño:

$$0 = 0.59w^2 - w + \frac{M_u}{\phi \times f'_c \times b \times d} \quad \dots \text{Ecuación (38)}$$

$$0 = 0.59w^2 - w + \frac{62.01 \times 10^5}{0.9 \times 280 \times 100 \times 110^2} = \begin{cases} w_1 = 1.67 \\ w_2 = 0.021 \end{cases}$$

Usamos el menor $w \rightarrow P_d = 0.021 \times \frac{280}{4200} = 1.4 \times 10^{-3}$

$$As_b = 1.4 \times 10^{-3} \times 100 \times 110 = 15.4\text{cm}^2$$

\therefore Trabajamos con el mayor As , que es el de $As_{min} = 30.68\text{cm}^2$

De la Tabla 3.19, seleccionamos el $\emptyset 3/4$ ".

Tabla 3.19 Cuadro del área de la varilla a utilizar A_b .

Nro.	A_b (cm ²)	Varilla a usar
3	0.71	3/8"
4	1.29	1/2"
5	2.00	5/8"
6	2.84	3/4"
7	3.87	7/8"
8	5.10	1"

Fuente: Elaboración propia.

$$\rightarrow N_{varilla} = \frac{A_{S_{min}}}{A_{S_{\phi 3/4}}} = \frac{30.68}{2.85} = 10.76 \rightarrow N_{varilla} \cong 11$$

Calculamos el espaciamiento:

$$S_{varilla} = \frac{B - 2r - \phi - 10}{N - 1} = \frac{3.2 - 2(0.075) - 0.01905 - 0.1}{10} = 0.29m \cong 30cm$$

$\therefore \phi 3/4"@300$; para refuerzo de parrilla inferior.

$\therefore \phi 5/8"@300$; para refuerzo de parrilla superior.

$\therefore \phi 1/2"@200$; para refuerzos laterales.

- Planos de diseño:

Plano 1. CET0323.03-GE-PL-S-0001.

Plano 2. K161-C2-1000 EC-H 40-REV-0B.

Tabla 3.20 Suministro de materiales para la cimentación.

CONCEPTO	Cant. Elementos	ACTIVIDAD	METRADO PARCIAL (m)	METRADO REAL (m)
Fundación-Base	4	SUMINISTRO CONCRETO	12.26	49.04
		ACERO - $f'y=4200$ kg/cm ²	547.74	2,190.96
		INSERTO - ASTM A572 gr.50	268.00	1,072.00
		Aditivo Sikafiber	12.00	48.00
		Concreto $f'c =280$ kg/cm ²	13.00	51.00

Fuente: Elaboración propia.

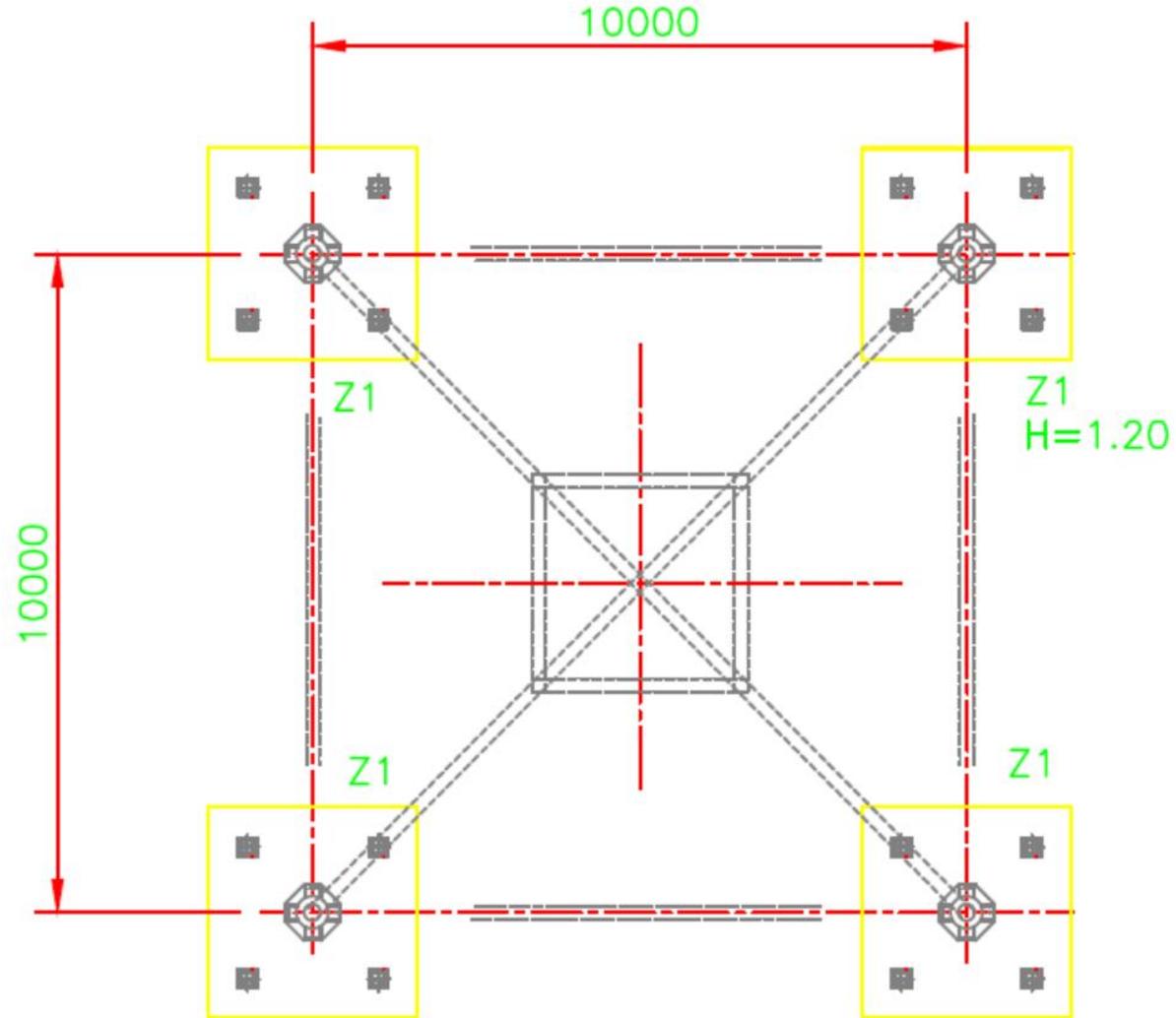
Tabla 3.21 Listado de barras de fundación.

LISTADO DE BARRAS																	
CLIENTE OBRA FECHA HOJA DE PRODUCCION PLANOS: ESTRUCTURA				SMI N° - A6CV-05-K161 08/10/2014 K161-C2-1000 EC-H 40 LITRONIC_LIST Rev. 0B K161-C2-1000 EC-H 40 LITRONIC Rev. 0B CIMENTACIÓN GRÚA TORRE 1000 EC-H 40 LITRONIC													
Ítem	Tag del Elemento	Código de Pieza	Forma	Ubicación de la pieza	Longitud de Corte (m)	Esquema	A (m)	B (m)	C (m)	∅ varilla	Cantidad de Estruct.	Cantidad de Elem. x Estruct.	Piezas x Elem.	Cantidad Total de Piezas	Radio (cm)	Peso (kg/m)	Peso (kg)
1.00	GRUA TORRE	P 1	12	i	4.500		0.760	3.080	0.760	# 6	4	1	22	88	6.00	2.235	885.06
2.00	GRUA TORRE	P 2	12	s	4.500		0.750	3.080	0.750	# 5	4	1	22	88	5.00	1.552	614.59
3.00	GRUA TORRE	P 3	12	hq	1.620		0.300	1.080	0.300	# 4	4	1	34	136	4.00	0.994	219.00
4.00	GRUA TORRE	P 4	12	hq	1.580		0.300	1.040	0.300	# 4	4	1	34	136	4.00	0.994	213.59
5.00	GRUA TORRE	P 5	12	lat	3.580		0.300	3.040	0.300	# 4	4	1	16	64	4.00	0.994	227.75
6.00	GRUA TORRE	P 6	27	sep	2.950		0.390	1.020	0.250	# 4	4	1	4	16	4.00	0.994	46.92
7.00	GRUA TORRE	P 7	16	hook	1.400		0.150	0.580	0.100	# 5	4	1	4	16	5.00	1.552	34.76
																	2,241.67

RESUMEN	
DIAM	PESO(kg)
# 3	0.00
# 4	707.25
# 5	649.36
# 6	885.06
# 8	0.00
# 11	0.00
TOTAL	2,241.67

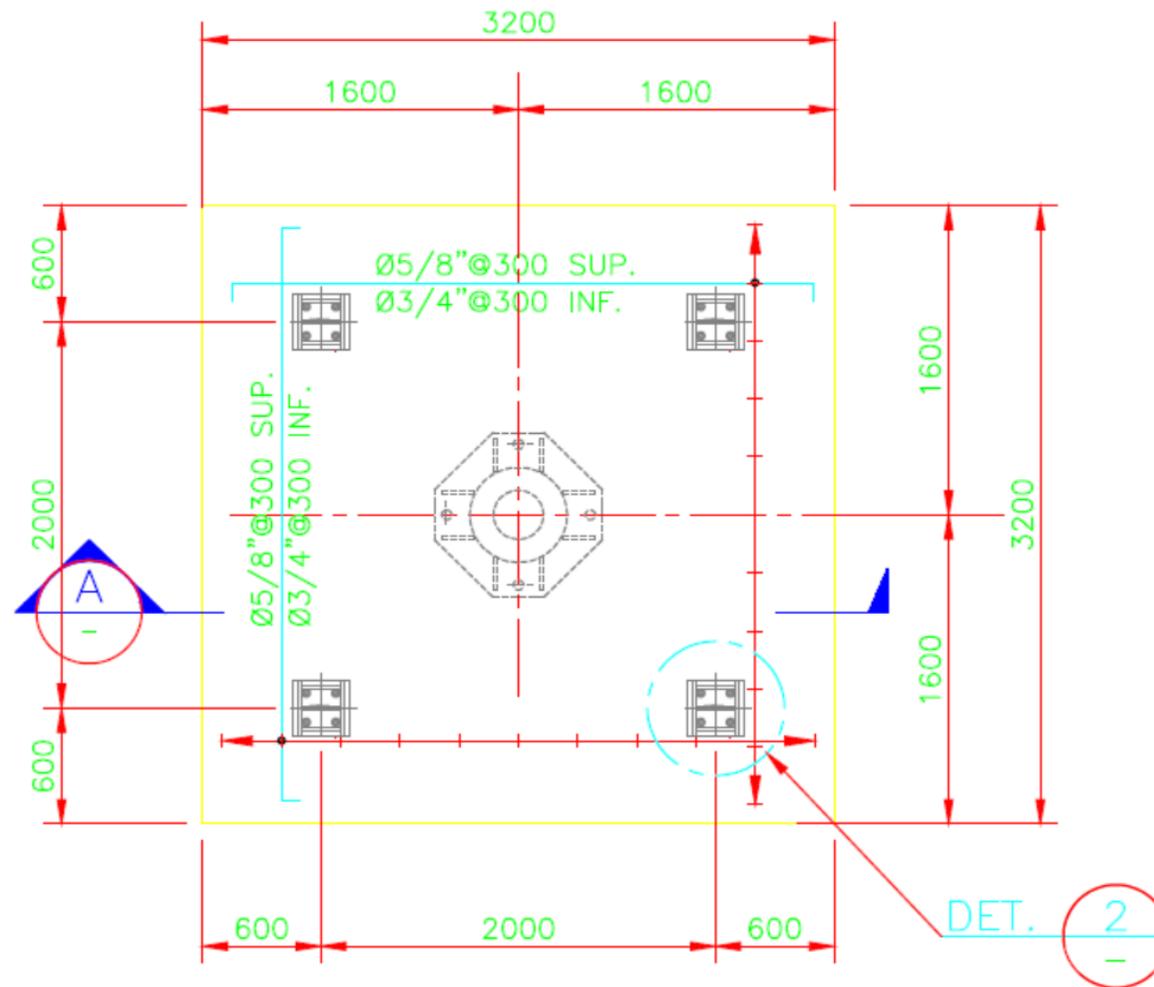
Fuente: Hoja de producción K161-C2-1000 EC-H 40 LITRONIC_LIST Rev. 0B.

Figura 3.15 Cimentación grúa torre 4 apoyos.



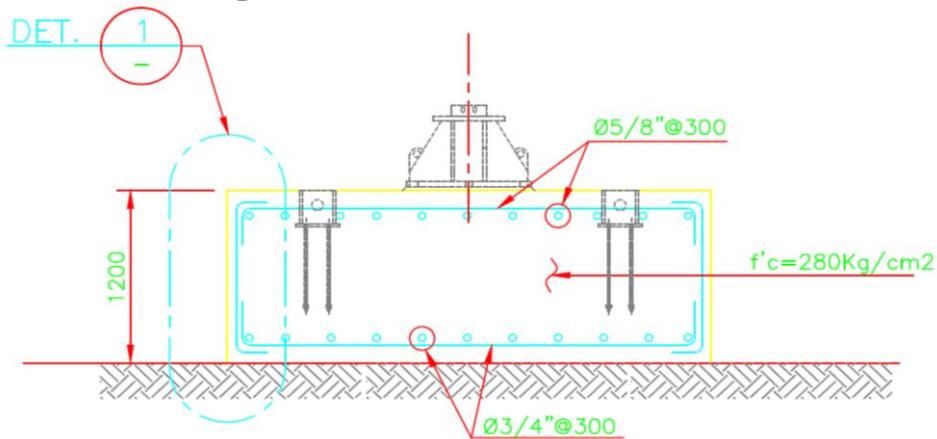
Fuente: Plano CET0323.03-GE-PL-S-0001.

Figura 3.16 Zapata Z1 – Vista de planta.



Fuente: Plano CET0323.03-GE-PL-S-0001.

Figura 3.17 Sección A – Vista lateral.



Fuente: Plano CET0323.03-GE-PL-S-0001.

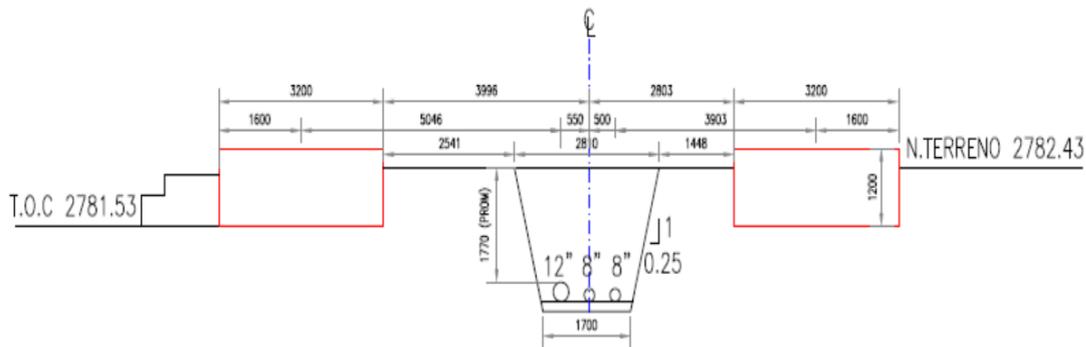
8. Excavación para cimentación.

En esta fase se cubrirán los requerimientos necesarios para la ejecución de la excavación para la cimentación y el acondicionamiento del fondo de la excavación en función de la carga admisible del terreno y los cambios mínimos por las restricciones presentadas.

Los recursos que se utilizaran para la excavación son:

- Retroexcavadora de 1m³ incluido operador y suministros propios.
- Camión Volquete de 15m³ incluido operador y suministros propios.
- 02 vigías para el manejo de tránsito y excavaciones.
- 01 supervisor de campo para las indicaciones pertinentes.

Figura 3.18 Esquema de excavación inicial.

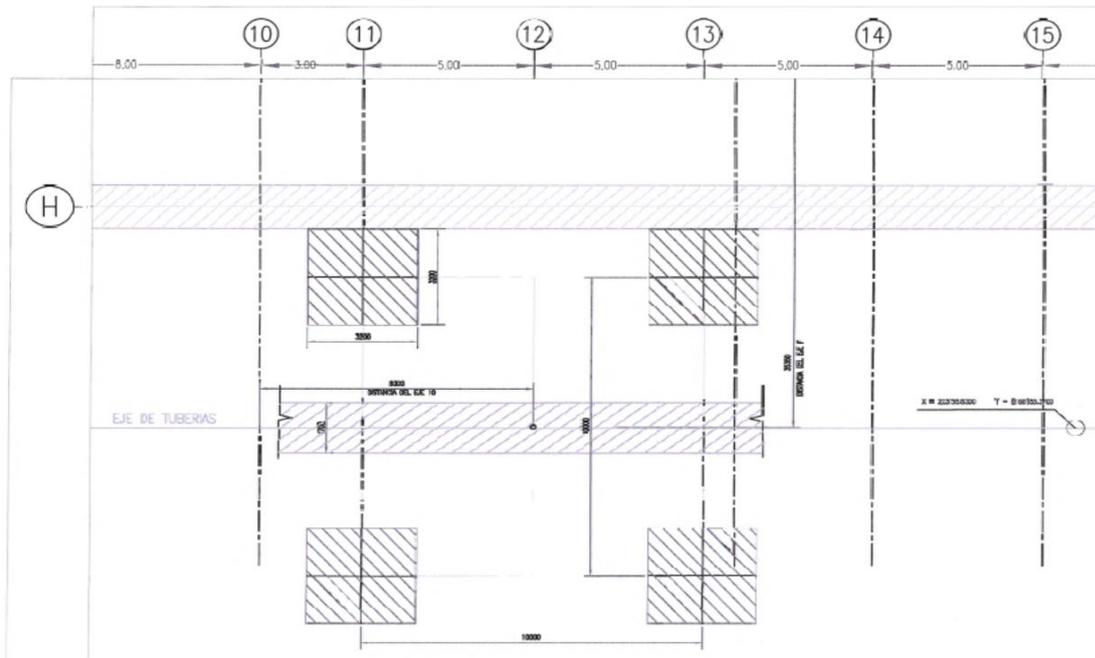


Fuente: Anexo 4 Esquema de excavación inicial.

➤ Análisis de terreno.

La ubicación propuesta para la grúa torre en este proyecto en particular, se observó una interferencia con unas tuberías enterradas, para lo cual se dispuso a realizar una mejora en el terreno, colocando sub-zapatas para poder proteger las tuberías y llegar al nivel de cimentación especificado en el estudio de suelos.

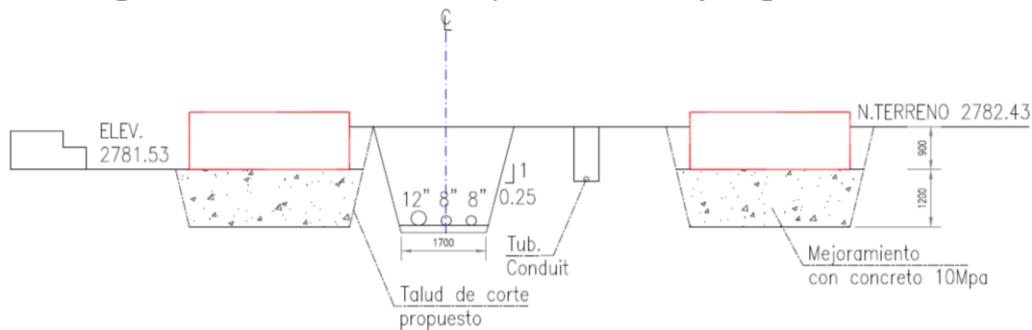
Figura 3.19 Ubicación base grúa torre vs tuberías enterradas.



Fuente: Anexo 4 Sketch ubicación base de grúa torre vs tuberías enterradas.

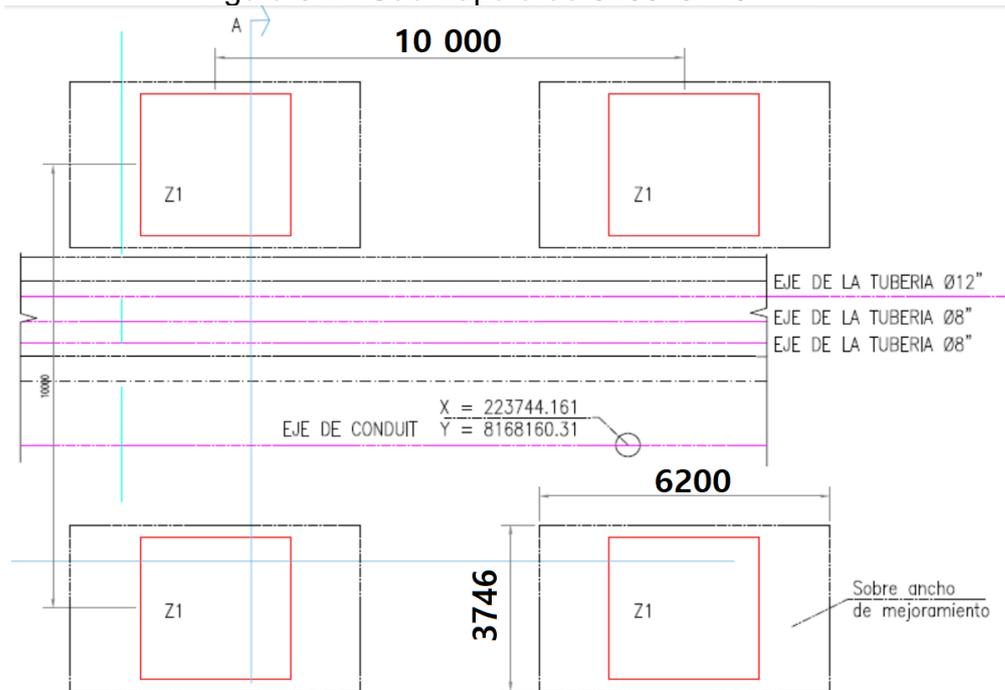
Luego de las verificaciones correspondientes y los cálculos obtenidos para el mejoramiento de suelo y proteger las tuberías, se propuso una sub-zapata de dimensionamiento indicado en la figura 3.9.

Figura 3.20 Altura de sub-zapata 1200mm y ángulo de talud.



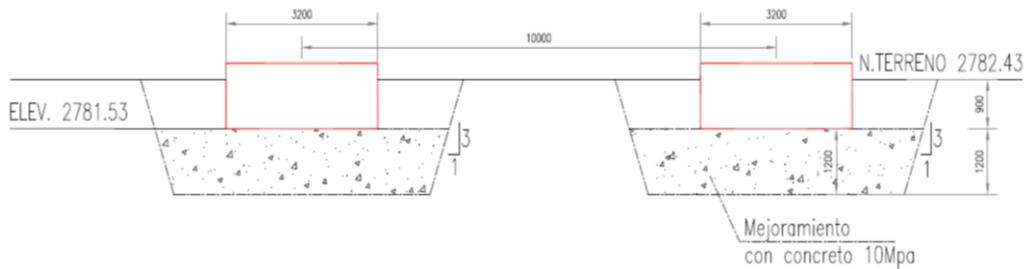
Fuente: Anexo 5 - Plano vista de corte A-A y talud de elevación

Figura 3.21 Sub-Zapata de 6200x3746mm.



Fuente: Anexo 6 - Plano vista de planta mejoramiento de terreno.

Figura 3.22 Vista de corte B-B.



Fuente: Anexo 7 - Plano vista de corte B-B y talud de elevación.

9. Ejecución y registro fotográfico del desarrollo de cimentación.

Figura 3.23 Registro fotográfico de la actividad de transporte.



Imagen N°01
Excavación para
sub-zapatas



Imagen N°02
Perfilación de talud para subzapata.



Imagen N°03
Encofrado de zapata de fundación vista externa.



Imagen N°04
Encofrado de zapata de fundación vista interna.



Imagen N°05
Insertos de zapatas de fundación.



Imagen N°06
Estructura de acero de zapata de fundación.



Imagen N°07
Vaceado de concreto de zapata de fundación.



Imagen N°08
Zapatas de fundación concluida.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Plan y desarrollo de lastres y contrapesos.

1. Parámetros para la construcción de lastres de piso.

De acuerdo con la configuración planificada para la puesta en operación de la grúa Torre, realizamos el análisis en el manual de los Datos Estáticos EN14439:2009/FEM1.005-C25 del fabricante.

- Buscamos en la referencia superior derecha la configuración de la flecha “Jib:80,00m”, de acuerdo con lo mostrado en la figura 3.14.

Figura 3.24 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.

No. of tower sections		Hook height [m]	Central ballast [to]	Corner pressure in operation [kN], MD=964 kNm				Hor. force [kN]	Corner pressure out of operation [kN], MD=0				Hor. force [kN]
				Position of jib				Position of jib					
				Corner	1	2	3		Corner	1	2	3	
16	60,00	60,000	A	958	1481	435	146	A	848	1337	359	381	
			B	1713	1481	1481		B	1613	1337	1337		
			C	958	435	1481		C	848	359	1337		
			D	203	435	435		D	83	359	359		
17	62,90	60,000	A	967	1505	429	148	A	856	1405	308	394	
			B	1744	1505	1505		B	1712	1405	1405		
			C	967	429	1505		C	856	308	1405		
			D	190	429	429		D	1	308	308		
18	65,80	80,000	A	1026	1579	473	150	A	881	1525	305	406	
			B	1826	1579	1579		B	1899	1525	1525		
			C	1026	473	1579		C	881	305	1525		
			D	225	473	473		D	0	305	305		

Fuente: Manual de datos estáticos EN14439:2009/FEM1.005-C25.

- En la columna “Hook Height [m]” identificamos la altura bajo gancho que estará configurada la Grúa Torre 1000EC-H40, como se muestra en la figura 3.15.

Figura 3.25 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.

Crane 1000 EC-H 40 Litronic										Jib: 80,00m			
type:													
Tower system: 1000HC					tower section length: 2,9m								
Base tower:													
Crane base: undercarriage 1000HC 10m stationary					Track: 10m								
Crane stationary					Wheel gauge: 10m								
No. of tower sections	Hook height [m]	Central ballast [to]	Corner pressure in operation [kN], MD=964 kNm					Corner pressure out of operation [kN], MD=0					
			Corner	Position of jib			Hor. force [kN]	Corner	Position of jib			Hor. force [kN]	
17	62,90	60,000	A	967	1505	429	148	A	856	1405	308	394	
			B	1744	1505	1505		B	1712	1405	1405		
			C	967	429	1505		C	856	308	1405		
			D	190	429	429		D	1	308	308		
18	65,80	80,000	A	1026	1579	473	150	A	881	1525	305	406	
			B	1826	1579	1579		B	1899	1525	1525		
			C	1026	473	1579		C	881	305	1525		
			D	225	473	473		D	0	305	305		
19	68,70	100,000	A	1084	1653	516	152	A	901	1647	300	418	
			B	1908	1653	1653		B	2093	1647	1647		
			C	1084	516	1653		C	901	300	1647		
			D	261	516	516		D	0	300	300		

Fuente: Manual de datos estáticos EN14439:2009/FEM1.005-C25.

- Verificando la longitud de la sección de torre de acuerdo con el número de secciones de Tramos de Torre “No of tower sections” observamos la longitud de 2.9m.
- Siendo la configuración de la Grúa Torre 1000EC-H40 de 9 secciones de 5.8m, por lo tanto, consideramos el doble de secciones. Por lo tanto, consideramos 18 secciones de 2.9m, según se muestra en la figura 3.6.

Figura 3.26 Datos estáticos grúa torre Liebherr 1000 EC-H40.

Crane 1000 EC-H 40 Litronic										Jib: 80,00m			
type:													
Tower system: 1000HC					tower section length: 2,9m								
Base tower:													
Crane base: undercarriage 1000HC 10m stationary					Track: 10m								
Crane stationary					Wheel gauge: 10m								
No. of tower sections	Hook height [m]	Central ballast [to]	Corner pressure in operation [kN], MD=964 kNm					Corner pressure out of operation [kN], MD=0					
			Corner	Position of jib			Hor. force [kN]	Corner	Position of jib			Hor. force [kN]	
17	62,90	60,000	A	967	1505	429	148	A	856	1405	308	394	
			B	1744	1505	1505		B	1712	1405	1405		
			C	967	429	1505		C	856	308	1405		
			D	190	429	429		D	1	308	308		
18	65,80	80,000	A	1026	1579	473	150	A	881	1525	305	406	
			B	1826	1579	1579		B	1899	1525	1525		
			C	1026	473	1579		C	881	305	1525		
			D	225	473	473		D	0	305	305		
19	68,70	100,000	A	1084	1653	516	152	A	901	1647	300	418	
			B	1908	1653	1653		B	2093	1647	1647		
			C	1084	516	1653		C	901	300	1647		
			D	261	516	516		D	0	300	300		

Fuente: Manual de datos estáticos EN14439:2009/FEM1.005-C25.

Con la perpendicular trazada verificamos las presiones máximas y mínimas en operación y fuera de operación para los cálculos correspondientes e identificar los lastres centrales a instalar en el cuerpo basal

De lo seleccionado obtenemos en resumen la tabla 3.22 con los lastres de piso y aéreos para la fabricación de acuerdo con los planos de diseño del fabricante.

Tabla 3.22 Peso y cantidades de los tipos de lastre.

Lastre Central	80 t	8 lastres Central tipo A.
Lastre Aéreo	56 t	10 lastres aéreos Tipo A.

Fuente: Elaboración Propia.

2. Construcción de lastres de piso.

Con los planos de diseño del fabricante procedemos con la selección de suministros para la construcción de los lastres de piso.

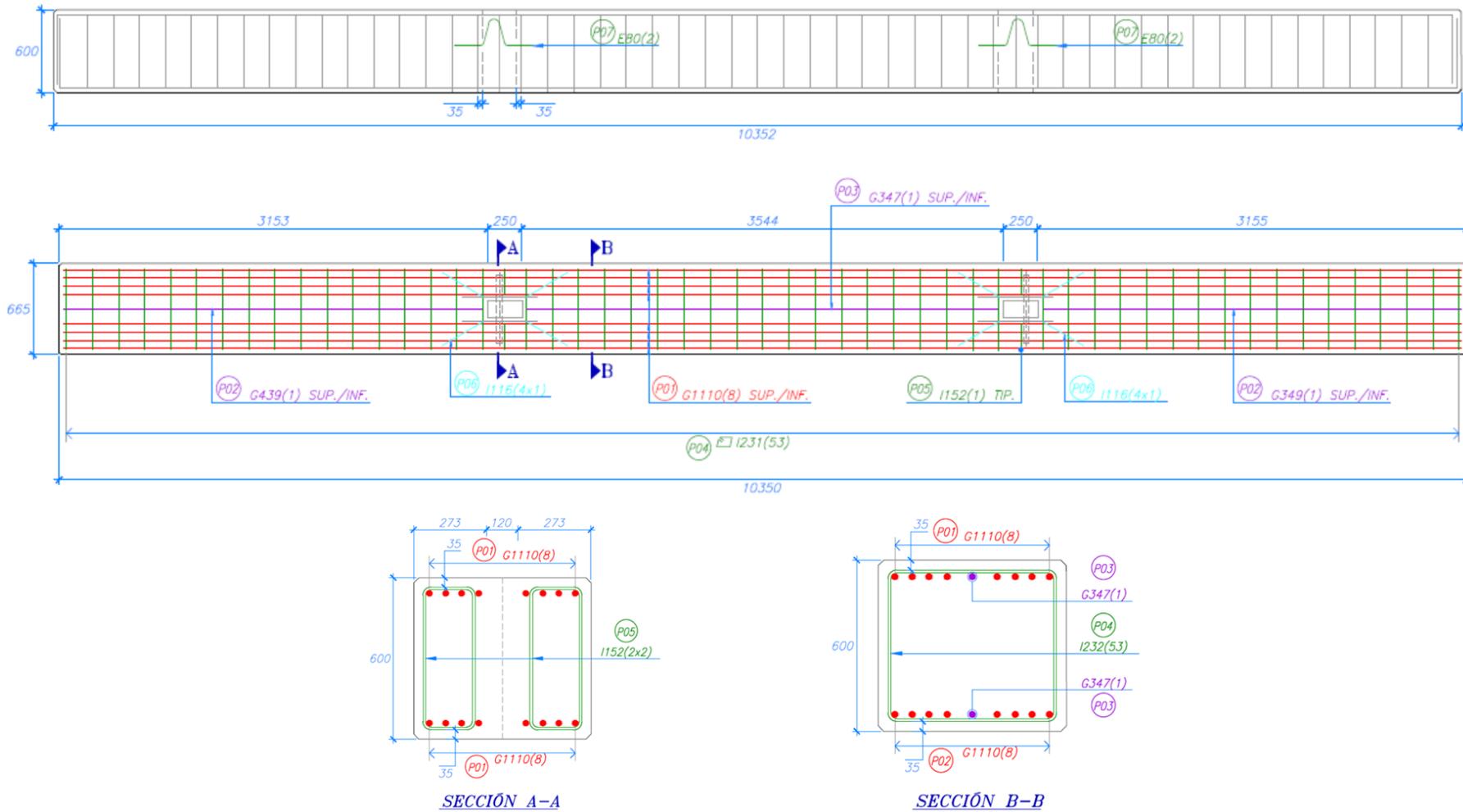
Tabla 3.23 Suministro para lastres de base.

CONCEPTO	Cant. Elementos	ACTIVIDAD	METRADO PARCIAL (m)	METRADO REAL (m)
LASTRE DE PISO TIPO A 10t	6	SUMINISTRO CONCRETO	4.10	24.58
		ACERO - f'y=4200 kg/ cm2	915.96	5,495.79
		INSERTO - ASTM A572 gr.50	32.02	192.12
		Aditivo Sikafiber	4.00	24.00
		Concreto f'c =280 kg/cm2	4.00	25.00
LASTRE DE PISO TIPO B 10t	2	SUMINISTRO CONCRETO	4.09	8.17
		ACERO - f'y=4200 kg/ cm2	330.32	660.64
		INSERTO - ASTM A572 gr.50	60.20	120.40
		Aditivo Sikafiber	4.00	8.00
		Concreto f'c =280 kg/cm2	4.00	8.00

Fuente: Elaboración propia.

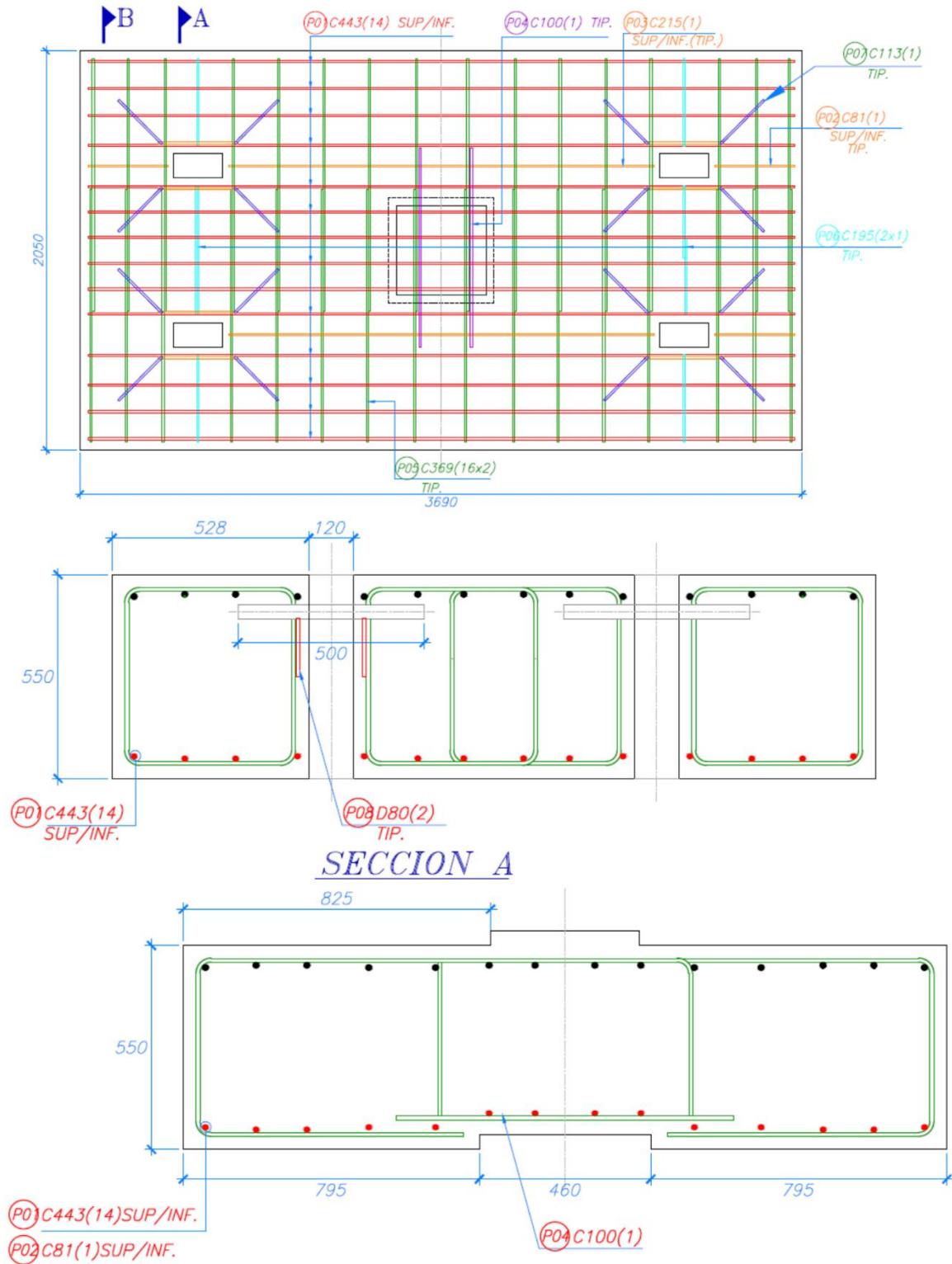
- Planos de diseño:
 Plano 3. K161-C2-C075 001-718-310-411.
 Plano 4. K161-C2-C075.001-718-310-412.

Figura 3.27 Contrapeso o lastre de piso tipo A – 10t.



Fuente: Plano K161-C2-C075 001-718-310-411.

Figura 3.28 Contrapeso o lastre de piso tipo B – 10t.



Fuente: Plano K161-C2-C075.001-718-310-412.

Tabla 3.24 Listado de barras de Lastres de base tipo A.

LISTADO DE BARRAS																		
CLIENTE		SMI																
OBRA		N° - A6CV-05-K161																
FECHA		24/08/2014																
HOJA DE PRODUCCION		K161-C2-C075.001-718-310-411_LIST Rev. 0																
PLANO		K161-C2-C075.001-718-310-411_LIST Rev. 0																
ESTRUCTURA		CONTRAPESOS-BASE TIPO A																
Ítem	Tag del Elemento	Código de Pieza	Forma	Ubicación de la pieza	Longitud de Corte (m)	Esquema	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	∅ varilla	Cantidad de Estruct.	Cantidad de Elem. x Estruct.	Piezas x Elem.	Cantidad Total de Piezas	Radio (cm)	Peso (kg/m)	Peso (kg)
1.00	BASE	P 1	12	G1110	11.100		0.480	10.280	0.480		# 8	4	1	16	64	8.00	3.973	2,822.419
2.00	BASE	P 2	11	G349	3.490		0.480	3.080			# 8	4	1	4	16	8.00	3.973	221.852
3.00	BASE	P 3	10	G347	3.470		3.470				# 8	4	1	2	8	8.00	3.973	110.290
4.00	BASE	P 4	50	I231	2.310		0.590	0.530	0.100		# 4	4	1	53	212	4.00	0.994	434.822
5.00	BASE	P 5	50	I152	1.520		0.590	0.530	0.100		# 4	4	1	4	16	4.00	0.994	21.591
6.00	BASE	P 6	12	I116	1.160		0.350	0.530	0.350		# 4	4	1	8	32	4.00	0.994	32.959
7.00	BASE	P 7	51	E80	0.800		0.200	0.200	0.150		# 5	4	1	4	16	5.00	1.552	19.866
																		3,663.80

RESUMEN	
DIAM	PESO(kg)
# 3	0.00
# 4	489.37
# 5	19.87
# 6	0.00
# 8	3,154.56
# 11	0.00
TOTAL	3,663.80

Fuente: Hoja de producción K161-C2-C075.001-718-310-411_LIST Rev. 0.

Tabla 3.25 Listado de barras de Lastres de base tipo B.

LISTADO DE BARRAS																		
CLIENTE		SMI																
OBRA		N° - A6CV-05-K161																
FECHA		24/08/2014																
HOJA DE PRODUCCION		K161-C2-C075.001-718-310-412_LIST Rev. 1																
PLANO		K161-C2-C075.001-718-310-412_Rev. A																
ESTRUCTURA		CONTRAPESOS-BASE TIPO B																
Item	Tag del Elemento	Código de Pieza	Forma	Ubicación de la pieza	Longitud de Corte (m)	Esquema	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	Ø varilla	Cantidad de Estruct.	Cantidad de Elem. x Estruct.	Piezas x Elem.	Cantidad Total de Piezas	Radio (cm)	Peso (kg/m)	Peso (kg)
1.00	BASES	P 1	12	s,i	4.420		0.430	3.620	0.430		#4	2	1	28	56	4.00	0.994	246.03
2.00	BASES	P1A	49	s	4.553		1.545	0.454	2.140	0.414	#4	2	1	8	16	4.00	0.994	72.41
3.00	BASES	P 2	11	l	0.810		0.410	0.430			#4	2	1	8	16	4.00	0.994	12.88
4.00	BASES	P 3	10	s,i	2.150		2.150				#4	2	1	4	8	4.00	0.994	17.10
5.00	BASES	P 4	10	s,i	1.000		1.000				#4	2	1	2	4	4.00	0.994	3.98
6.00	BASES	P 5	49	G	2.862		0.725	0.480	1.320	0.427	#4	2	1	4	8	4.00	0.994	22.76
7.00	BASES	P5a	50	es	3.680		1.320	0.480	0.100		#4	2	1	28	56	4.00	0.994	204.84
8.00	BASES	P 6	50	es	1.940		0.450	0.480	0.100		#4	2	1	8	16	4.00	0.994	30.85
9.00	BASES	P 7	12	l	1.120		0.350	0.480	0.350		#4	2	1	16	32	4.00	0.994	35.62
8.00	3240-AC-945	P 8	51	B	0.890		0.200	0.200	0.150		#4	2	1	8	16	4.00	0.994	14.15
660.64																		

RESUMEN	
DIAM	PESO(kg)
# 3	0.00
# 4	660.64
# 5	0.00
# 6	0.00
# 8	0.00
# 11	0.00
TOTAL	660.64

Fuente: Hoja de producción K161-C2-C075.001-718-310-412_LIST Rev. 1.

3. Parámetros para la construcción de contrapesos aéreos.

Verificamos en el “Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014” para la construcción de los contrapesos aéreos, ver figura 3.17.

- Con el dato de la configuración de la longitud de la flecha, tener en cuenta la cantidad de lastres aéreos para la fabricación y construcción. Tenemos los siguientes lastres de base.

Tabla 3.26 Peso y cantidades de los tipos de lastre.

Mecanismo de elevación	WIW 300 VZ 432 (110 kW)			Variador de frecuencia - FU																
Pluma [m]	Contrapluma	Cantidad de bloques de contrapeso	Peso total [t]	Disposición de los bloques de contrapeso ^{A)}																
80,0	de cuatro elementos (C 075.001-711.000 / 9003 2722 + 2× C 075.001-712.000 / 9003 2602)	10× A	56,00	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			
75,0		9× A + 1× B	54,10	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B				
70,0		8× A + 1× B	45,50	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B						
65,0		8× A	44,80	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A							
60,0		6× A + 2× B	41,00	A	A	A	A	A	A	A	B	B								

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

- Corroborando los datos del mecanismo de elevación y la longitud de la flecha, tenemos de la figura 3.18:

Tabla 3.27 Peso y cantidades de los lastres aéreos.

Mecanismo de elevación	WIW 300 VZ 432 (110 kW)			Variador de frecuencia - FU																
Pluma [m]	Contrapluma	Cantidad de bloques de contrapeso	Peso total [t]	Disposición de los bloques de contrapeso ^{A)}																
80,0	de cuatro	10× A	56,00	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			
75,0	elementos	9× A + 1× B	54,10	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B					
70,0	(C 075.001-711.000 / 9003 2722 + 2×	8× A + 1× B	45,50	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B							
65,0	C 075.001-712.000 / 9003 2602)	8× A	44,80	A	A	A	A	A	A	A	A	A								
60,0		6× A + 2× B	41,00	A	A	A	A	A	A	B	B									

Fuente: Manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.

- Con los datos obtenidos de la figura 3.18 procedemos a optimizar los recursos necesarios para la operación de nuestra grúa torre y mediante los planos asociados de construcción procedemos a realizar los metrados correspondientes.

4. Construcción de lastres de piso.

Con los planos de diseño del fabricante procedemos con la selección de suministros para la construcción de los lastres de piso.

Tabla 3.28 Suministro para lastres aéreos.

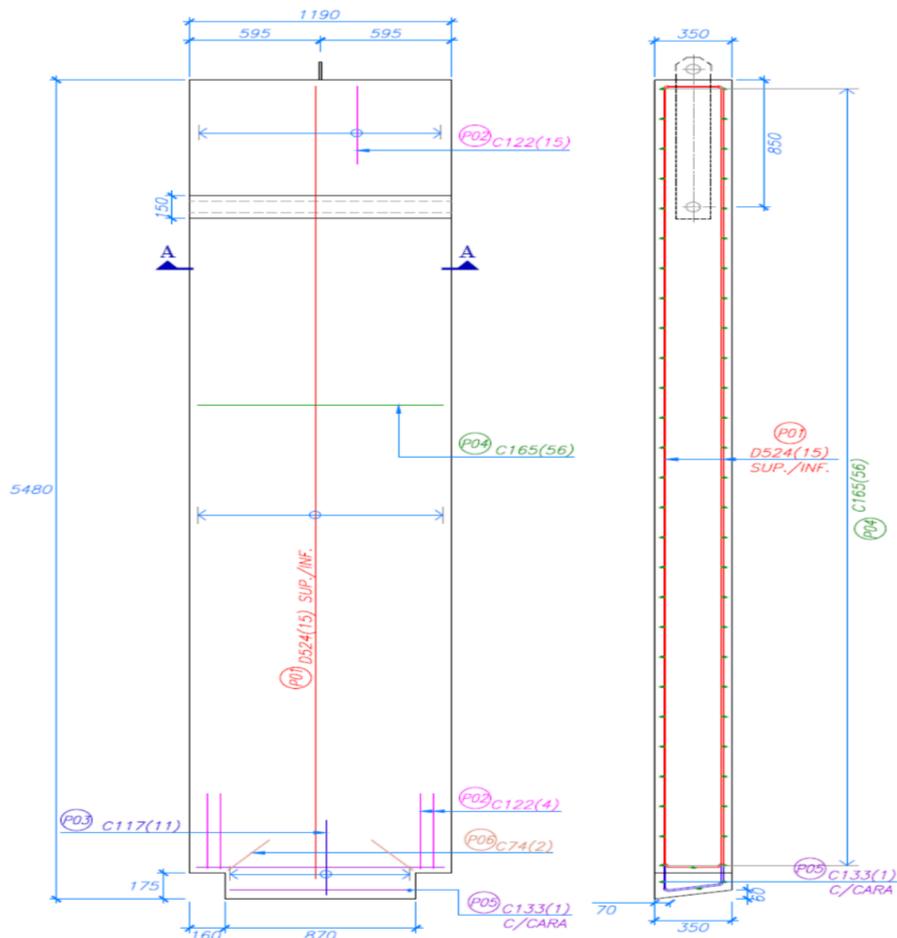
CONCEPTO	Cant. Elementos	ACTIVIDAD	METRADO PARCIAL (m)	METRADO REAL
CONTRAPESO AEREO TIPO A DE 5.6 TN	10	SUMINISTRO CONCRETO	2.26	22.56
		ACERO - $f'y=4200$ kg/ cm ²	230.51	2,305.07
		INSERTO - ASTM A572 gr.50	80.47	804.70
		Aditivo Sikafiber	2.00	20.00
		Concreto $f'c =280$ kg/cm ²	2.00	23.00

Fuente: Elaboración propia.

- Planos de diseño:

Plano 5. K161-C2-C075 001-718-310-411.

Figura 3.29 Dimensiones lastre aéreo tipo A.



Fuente: Plano K161-C2-C075 001-718-310-411.

5. Ejecución y registro fotográfico de la construcción de tipos de lastre.

Figura 3.30 Registro fotográfico de la construcción de lastres.

	<p>Imagen N°01 Construcción de lastres de piso tipo B de 10t.</p>
	<p>Imagen N°02 Construcción de lastres de piso tipo A de 10t.</p>
	<p>Imagen N°03 Construcción de contrapeso de piso tipo A de 5.6t.</p>

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.4 Plan, armado y montaje de componentes.

1. Montaje.

Una vez que los componentes de la grúa torre han sido descargados en obra por cada unidad de transporte y de acuerdo con la secuencia de montaje, se procede con el montaje de las partes correspondientes. Este proceso consiste en erigir y montar la grúa sobre su emplazamiento y fundaciones, de tal modo que pueda quedar en condiciones de operatividad.

En forma general, el proceso comienza con el montaje de la base de la torre, luego se coloca el primer tramo, con los diagonales que lo unen a la base y una parte del lastre basal, seguidamente se instala la jaula de telescopaje y la corredera sobre la que se ubica la cabeza de torre y la cabina. Luego se coloca la pluma y contrapluma. Se monta el contrapeso definitivo y se agrega más lastre basal, se procede con el telescopaje para la inserción de los nuevos tramos con la ayuda de la pluma de la grúa hasta alcanzar su altura definitiva.

2. Armado.

Para los componentes de la grúa torre que llegan en forma de módulos en las unidades de transporte y que requieren ser descargados en un área temporal para iniciar un proceso de armado de la secuencia de las partes correspondientes. Este proceso consiste en armar los componentes por los equipos auxiliares en obra por cada unidad de transporte y de acuerdo con la secuencia de montaje.

3. Requisitos de montaje.

El personal de montaje y desmontaje deberá respetar todas las recomendaciones contenidas en el manual del fabricante, las que se deben complementar con las instrucciones entregadas por escrito por el profesional responsable del montaje (profesional con experiencia en montaje de grúas torre), además se debe tener especial cuidado con las condiciones climáticas imperantes. Con los datos de configuración existentes en las actividades y planes anteriormente mencionadas en los puntos correspondientes se procede con disponer de los recursos necesarios mínimos:

- 02 riggers para las maniobras de montaje en piso y altura.
- 02 riggers para las maniobras de descarga de plataformas y armado.
- 04 vigías para las restricciones y liberación de tránsito peatonal en piso y altura, así como el aislamiento de personal ajeno a la zona de trabajo.
- 01 equipo de 4 personas especialistas en montaje de grúas torre y 01 supervisor de montaje.
- 02 apoyos montajista para el proceso de armado en piso y montaje.
- 01 supervisor para todas las coordinaciones de campo, descarga de estructuras y movimiento de equipos.
- 02 apoyos auxiliares para el armado en piso y montaje del equipo.
- 01 topógrafo y 01 asistente auxiliar para la verificación de verticalidad y horizontalidad del equipo.
- 01 semitrailer auxiliar para las movilizaciones internas.
- 01 grúa Manitowoc 16000 de capacidad de 400t incluido operador y recursos propios ó 01 Grúa Liebherr de capacidad 220t.
- 01 elevador de personal incluido operador y recursos propios.
- 01 grúa terex de capacidad mínima de 30tn incluido operador y recursos propios como equipo auxiliar.

4. Plan de izaje crítico de grúa torre.

Para iniciar con la secuencia de montaje, previamente se han establecido los Rigging Plan para las maniobras críticas que se deben realizar, esto con el análisis correspondiente con el uso de las tablas de carga para el análisis, las tablas de carga corresponden a cada equipo según datos del fabricante.

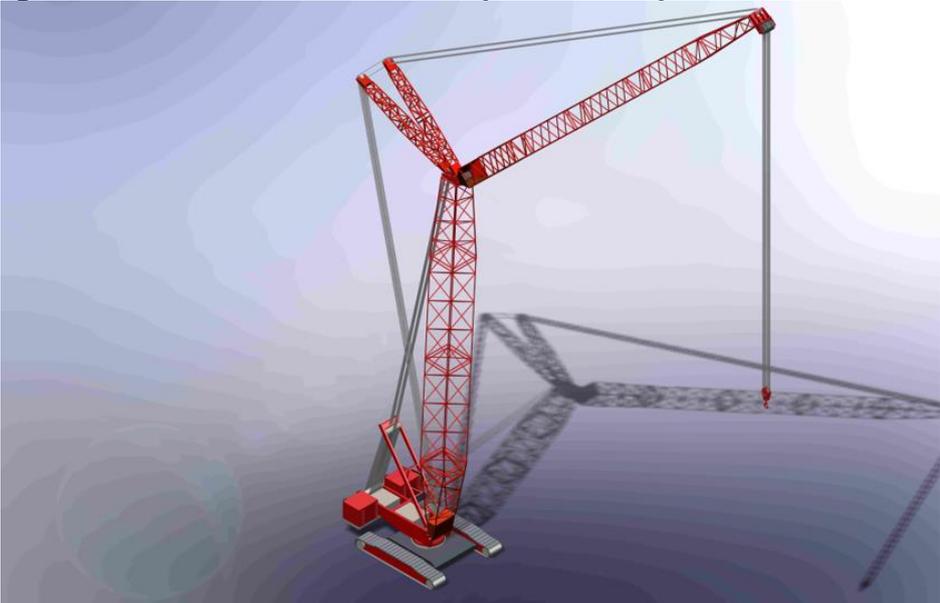
a. Equipos auxiliares para montaje.

➤ Grúa celosía Manitowoc 16000:

Equipo de capacidad de 400t, longitud de pluma principal 96.0m, con extensión de Luffing jib de 138.0m, potencia 372kw (500HP) @1800 RPM, este equipo fue utilizado durante la etapa de montaje debido a la falta de la jaula de telescopaje.

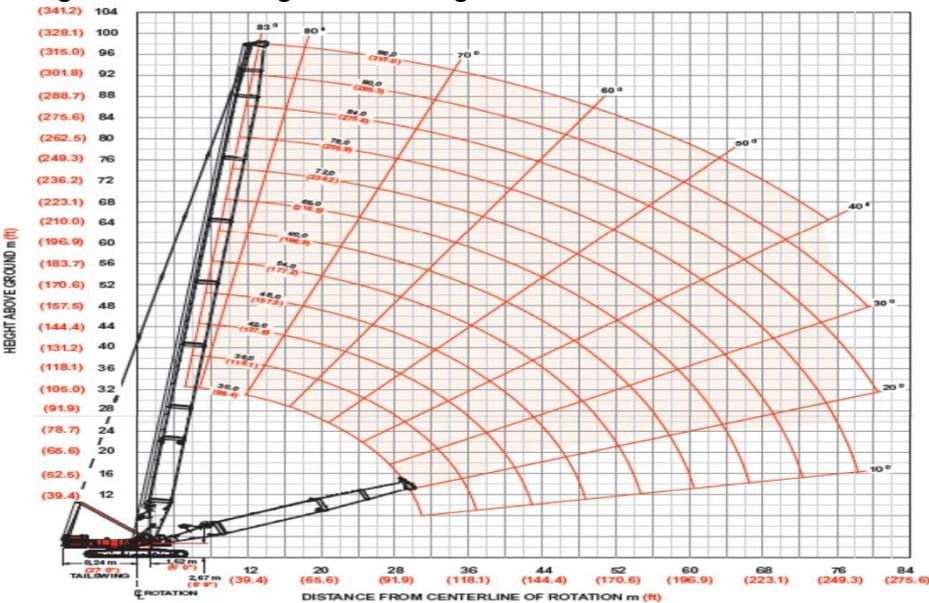
El equipo durante las labores de montaje permitió montar el mástil hasta los 50m de altura, en comparación se tuvo el beneficio de realizar el montaje de los componentes de la tornamesa, cabina y cabeza de torre en un solo conjunto armado. Sin embargo, este equipo tuvo que ausentarse y ser movilizado de forma completa desde otro punto de montaje para ejecutar el proceso de armado de la grúa torre, así también se tuvo que conformar un terreno adecuado para las maniobras críticas.

Figura 3.31 Grúa auxiliar de montaje/desmontaje Manitowoc 16000.



Fuente: Ficha Técnica de Grúa Manitowoc 16000.

Figura 3.32 Configuración de grúa auxiliar Manitowoc 16000.



Fuente: Ficha Técnica de Grúa Manitowoc 16000

Tabla 3.29 Tabla de carga de grúa auxiliar Manitowoc 16000.

Liftcrane Boom Capacities - Model 16000 Series 3 No. 58 Heavy -lift Main Boom												
150 590 kg (332,000 lb) Counterweight						54 430 kg (120,000 lb) Carbody Counterweight						
360° Rating												
kg (lb) x 1 000												
Boom m (ft)	30,0 (98.4)	36,0 (118.1)	42,0 (137.8)	48,0 (157.5)	54,0 (177.2)	60,0 (196.9)	66,0 (216.5)	72,0 (236.2)	78,0 (255.9)	84,0 (275.6)	90,0 (295.3)	96,0 (315.0)
Radius												
6,4 (21)	400,0 (881.9)											
8,0 (26)	323,8 (720.5)	323,3 (719.3)	283,4 (625.7)									
10,0 (32)	256,4 (581.7)	256,1 (581.0)	256,6 (580.8)	257,2 (579.6)	216,1 (483.0)							
12,0 (40)	194,8 (419.1)	195,1 (419.7)	195,5 (420.5)	195,4 (420.4)	193,2 (420.4)	181,9 (397.4)	159,6 (348.9)	147,0 (321.3)	— (302.9)			
14,0 (45)	153,7 (349.9)	153,9 (350.3)	154,2 (351.0)	154,1 (350.7)	154,0 (350.6)	154,5 (350.0)	145,6 (325.9)	134,0 (299.5)	129,7 (288.7)	113,7 (252.0)	95,5 (211.6)	
18,0 (60)	106,3 (229.3)	106,4 (229.5)	106,6 (229.9)	106,3 (229.3)	106,2 (229.0)	105,8 (228.1)	105,5 (227.5)	105,7 (226.4)	105,4 (225.6)	103,4 (224.5)	89,4 (196.3)	77,2 (169.5)
22,0 (70)	79,6 (183.6)	79,7 (183.8)	79,9 (184.2)	79,5 (183.4)	79,4 (183.1)	78,9 (182.0)	78,5 (181.3)	78,0 (180.2)	77,6 (179.2)	77,0 (178.0)	76,8 (176.9)	72,5 (161.6)
26,0 (85)	62,4 (138.5)	62,5 (138.7)	62,7 (139.1)	62,4 (138.3)	62,1 (137.8)	61,6 (136.7)	61,3 (135.9)	60,7 (134.6)	60,2 (133.5)	59,6 (132.2)	59,0 (131.0)	58,4 (129.6)
30,0 (100)	50,3 (108.2)	50,5 (108.9)	50,7 (109.3)	50,3 (108.5)	50,1 (108.0)	49,6 (106.8)	49,2 (106.0)	48,6 (104.6)	48,1 (103.5)	47,5 (102.1)	46,9 (100.9)	46,2 (99.4)
34,0 (110)		41,6 (93.9)	41,9 (94.5)	41,5 (93.7)	41,3 (93.2)	40,8 (92.0)	40,3 (91.1)	39,8 (89.8)	39,2 (88.6)	38,5 (87.1)	38,0 (85.9)	37,3 (84.4)
38,0 (120)		— (81.5)	35,0 (82.3)	34,7 (81.6)	34,5 (81.1)	33,9 (79.9)	33,6 (79.0)	32,9 (77.6)	32,4 (76.4)	31,7 (74.9)	31,1 (73.7)	30,4 (72.1)
40,0 (130)			32,1 (72.1)	31,9 (71.5)	31,7 (71.1)	31,1 (69.8)	30,7 (69.0)	30,1 (67.5)	29,5 (66.3)	28,8 (64.8)	28,3 (63.6)	27,6 (62.0)
44,0 (140)				27,0 (62.9)	26,8 (62.5)	26,2 (61.3)	25,9 (60.5)	25,2 (59.0)	24,7 (57.8)	24,0 (56.3)	23,4 (55.0)	22,7 (53.4)
48,0 (155)				— (52.1)	22,8 (52.0)	22,3 (50.8)	21,9 (49.9)	21,2 (48.5)	20,7 (47.2)	20,0 (45.7)	19,4 (44.5)	18,7 (42.8)
52,0 (170)					19,4 (43.2)	18,9 (42.2)	18,5 (41.3)	17,9 (39.9)	17,4 (38.7)	16,6 (37.1)	16,1 (35.9)	15,3 (34.2)
56,0 (180)						16,1 (37.2)	15,7 (36.5)	15,1 (35.0)	14,5 (33.8)	13,8 (32.2)	13,3 (31.0)	12,5 (29.3)
60,0 (195)						— (30.7)	13,3 (30.1)	12,6 (28.7)	12,1 (27.5)	11,4 (25.9)	10,8 (24.7)	10,1 (23.0)
64,0 (210)							11,1 (24.6)	10,5 (23.3)	10,0 (22.1)	9,3 (20.5)	8,7 (19.3)	7,9 (17.6)
68,0 (220)								8,6 (20.0)	8,1 (18.9)	7,4 (17.3)	6,8 (16.1)	6,1 (14.5)
70,0 (230)								7,7 (17.1)	7,2 (16.0)	6,5 (14.4)	6,0 (13.2)	5,3 (11.6)
76,0 (255)									4,9 (—)	4,2 (8.1)	3,7 (7.0)	

Fuente: Ficha Técnica de Grúa Manitowoc 16000.

➤ Grúa telescópica LTM1220:

Equipo de capacidad de 220t, longitud de pluma principal 60.0m, con extensión de Luffing jib de 22.0m, potencia 180kw (240HP) @1800 RPM, este equipo fue utilizado durante la etapa de desmontaje debido a la falta de la grúa celosía 16000.

El equipo durante las labores de desmontaje permitió realizar el total de desmontaje de los componentes del mástil desde los 65m de altura, la jaula de

telescopaje en un solo conjunto, en comparación se tuvo que desmontar los componentes de la tornamesa, cabina y cabeza de torre por separado. Sin embargo, este equipo siendo reemplazable se pudo contar con la disposición total y no requerir de atención o servicios adicionales para su estabilidad durante el desmontaje.

Figura 3.33 Grúa auxiliar de montaje/desmontaje Liebherr LTM1220.



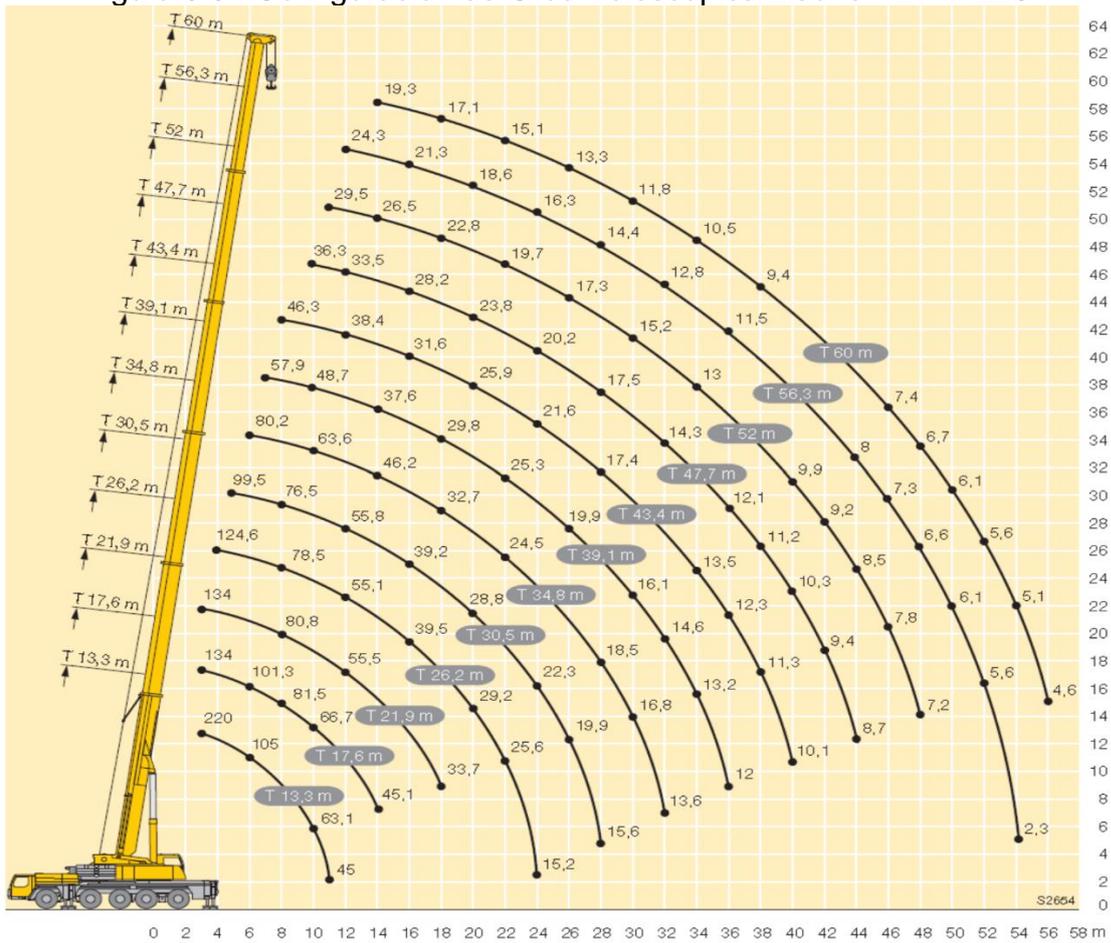
Fuente: Ficha Técnica de Grúa Telescópica LTM1220.

Tabla 3.30 Tabla de carga de grúa telescópica Liebherr LTM1220

m	T												m	
	13,3 m	17,6 m	21,9 m	26,2 m	30,5 m	34,8 m	39,1 m	43,4 m	47,7 m	52 m	56,3 m	60 m		
3	220	134	134	134										3
3,5	150,3	134	134	134										3,5
4	142,4	130,8	130,4	129,9	124,6									4
4,5	130,6	122	122,1	121,4	120,1									4,5
5	119,4	114,2	114,3	111,6	110,2	99,5								5
6	105	100,7	101,3	99,5	97,1	94,9	80,2							6
7	93,4	89,8	90,4	89,2	86,8	84,7	79,1	57,9						7
8	83,4	80,9	81,5	80,8	78,5	76,5	75,7	55,1	46,3					8
9	73,7	73	73,6	73,7	71,7	70,9	69,3	51,8	44,5					9
10	63,1	63,1	66,7	67	65,9	65,4	63,6	48,7	42,4	36,3				10
11	45	45	60,8	61	60,7	60,4	58,8	45,6	40,2	35	29,5			11
12			55,2	55,5	55,1	55,8	54,5	42,6	38,4	33,5	28,6	24,3		12
14			45,1	46,3	46,6	46,8	46,2	37,6	35	30,7	26,5	22,8	19,3	14
16				39,3	39,5	39,2	38,5	33,3	31,6	28,2	24,5	21,3	18,2	16
18				33,7	33,7	33,3	32,7	29,8	28,6	25,9	22,8	20	17,1	18
20					29,2	28,8	28,1	27,4	25,9	23,8	21,2	18,6	16,1	20
22					25,6	25,2	24,5	25,3	23,6	21,9	19,7	17,4	15,1	22
24					15,2	22,3	22,3	22,3	21,6	20,2	18,5	16,3	14,2	24
26						19,9	20,6	19,9	19,3	18,7	17,3	15,3	13,3	26
28						15,6	18,5	17,9	17,4	17,5	16,2	14,4	12,5	28
30							16,8	16,1	15,9	15,8	15,2	13,6	11,8	30
32							13,6	14,6	14,9	14,3	14,1	12,8	11,2	32
34								13,2	13,5	13	13	12,1	10,5	34
36								12	12,3	12,1	11,8	11,5	10	36
38									11,3	11,2	10,7	10,6	9,4	38
40									10,1	10,3	9,9	9,6	9	40
42										9,4	9,2	8,7	8,5	42
44											8,7	8,5	8	44
46												7,8	7,3	46
48												7,2	6,6	48
50													6,1	50
52													5,6	52
54													2,3	54
56													4,6	56

Fuente: Ficha Técnica de Grúa Telescópica LTM1220.

Figura 3.34 Configuración de Grúa Telescópica Liebherr LTM1220.



Fuente: Ficha Técnica de Grúa Telescópica LTM1220.

a. Plan de montaje crítico.

Los componentes críticos para el montaje de componentes de la grúa torre son:

- Módulos de mástil.
- Tornamesa completa.
- Jaula de telescopaje.
- Cabeza de torre.
- Contraflecha
- Flecha tramos I y II.

De acuerdo con la criticidad se ha desarrollado con los parámetros de las tablas de carga los planos de cada equipo los Rigging plan correspondientes para el montaje de componentes críticos.

En las siguientes figuras se observarán el posicionamiento de los equipos para ejecutar el montaje.

- Montaje de tramo de mástil:

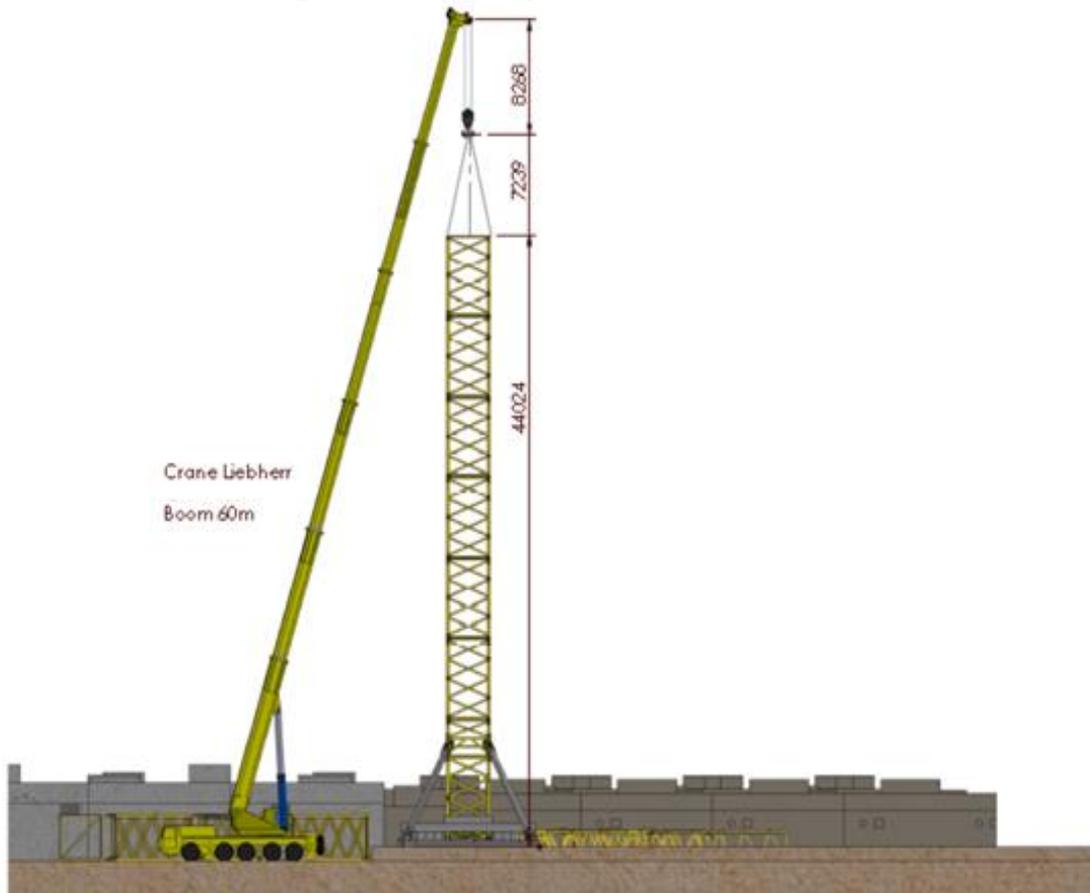
Se tiene la siguiente configuración para el montaje:

Tabla 3.31 Datos de Rigging plan.

RIGGING DATA - CRANE 1:	
Lift Crane (grúa)	Liebherr
Model (modelo)	LTM 1220
Boom type (Pluma tipo)	60 m
Boom configuration (configuración pluma)	56.3 m
Radio (radio)	12 m
Crane Counterweight (contrapeso grúa)	74,000.00 kg
Carbody counterweight(contrapeso carbody)	0.00 kg
Capacity Chart (capacidad de carga)	24,300.00 kg
Total rigging weigh (peso total de izaje)	7,500 kg
% of utilization (% de utilización)	30,85%

Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R067.

Figura 3.35 Montaje de tramos de mástil.



Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R067.

➤ Montaje de tornameasa completa:

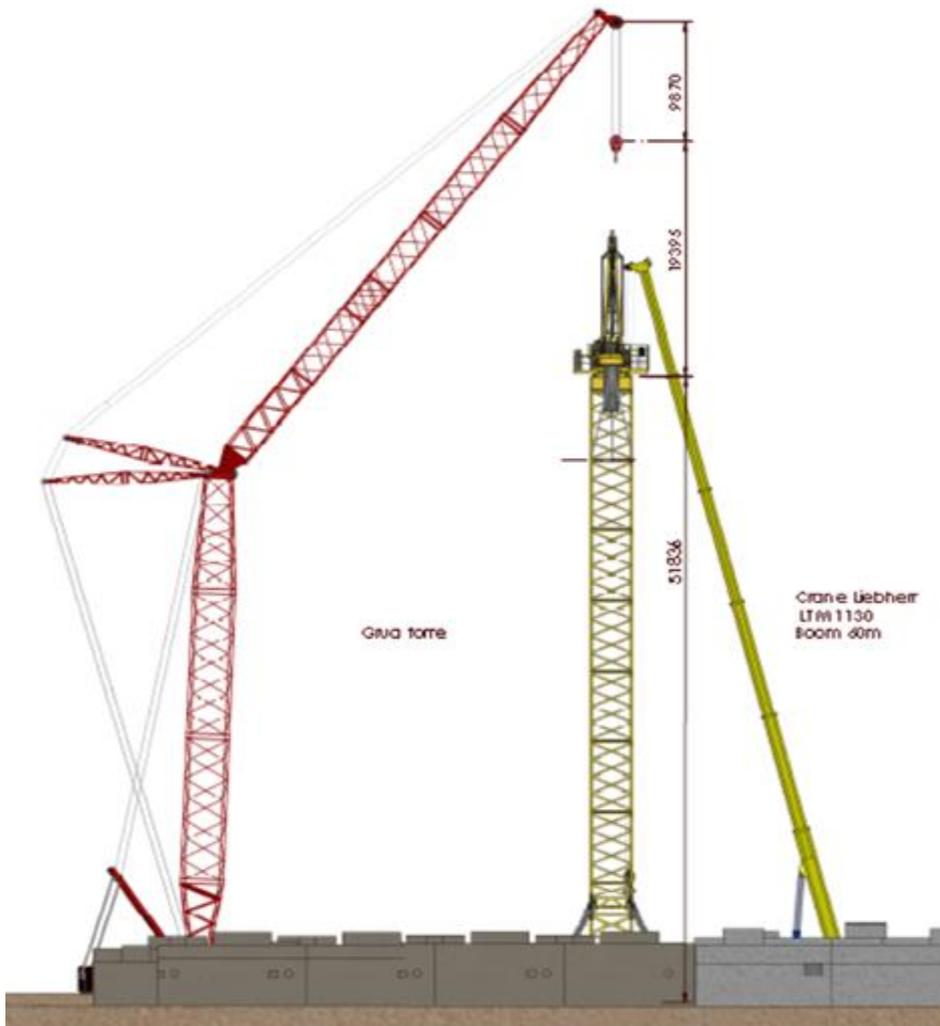
Se tiene la siguiente configuración para el montaje:

Tabla 3.32 Datos de Rigging plan.

RIGGING DATA - CRANE 1:	
Lift Crane (grua)	MANITOWOC
Model (modelo)	16000
Boom type (Pluma tipo)	42 m
Boom configuration (configuracion pluma)	42 m
Radio (radio)	24 m
Crane Counterweight (contrapeso grua)	150,590.00 kg
Carbody counterweight(contrapeso carbody)	0.00 kg
Capacity Chart (capacidad de carga)	80,100.00 kg
Total rigging weigh (peso total de izaje)	42,135.60 kg
% of utilization (% de utilizacion)	52.6%

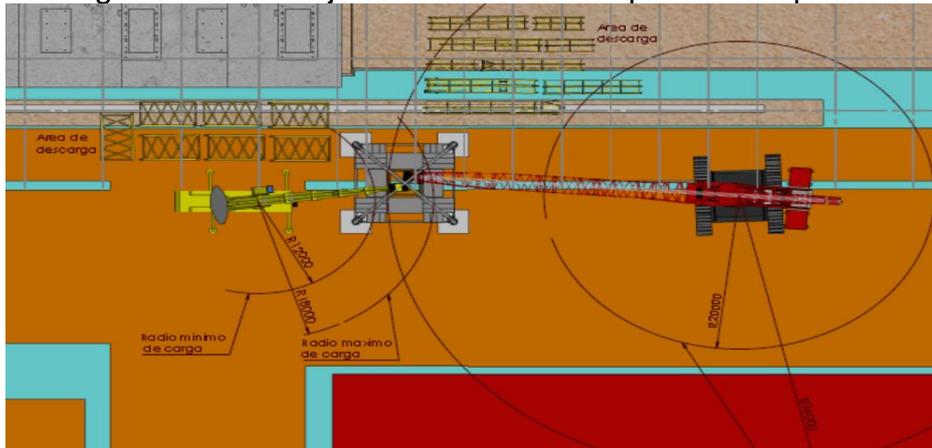
Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R067.

Figura 3.36 Montaje de tornameasa completa- vista lateral.



Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R067.

Figura 3.37 Montaje de tornamesa completa- vista planta.



Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R067.

➤ Montaje de contraflecha:

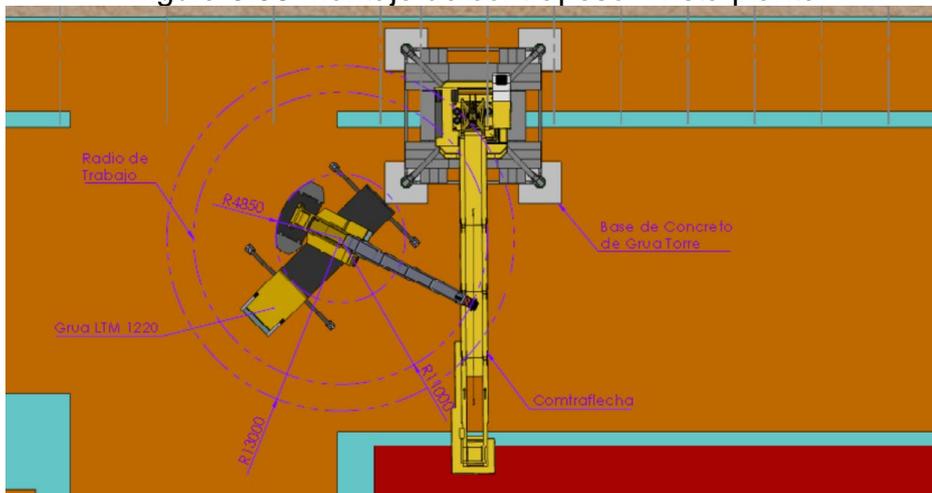
Se tiene la siguiente configuración para el montaje:

Tabla 3.33 Datos de Rigging plan.

RIGGING DATA - CRANE 1:	
Lift Crane (grúa)	Liebherr
Model (modelo)	LTM 1220
Boom type (Pluma tipo)	60 m
Boom configuration (configuración pluma)	52 m
Radio (radio)	11 m
Crane Counterweight (contrapeso grúa)	74,000.00 kg
Carbody counterweight(contrapeso carbody)	0.00 kg
Capacity Chart (capacidad de carga)	29,500.00 kg
Total rigging weigh (peso total de izaje)	26,605.28 kg
% of utilization (% de utilización)	90.2%

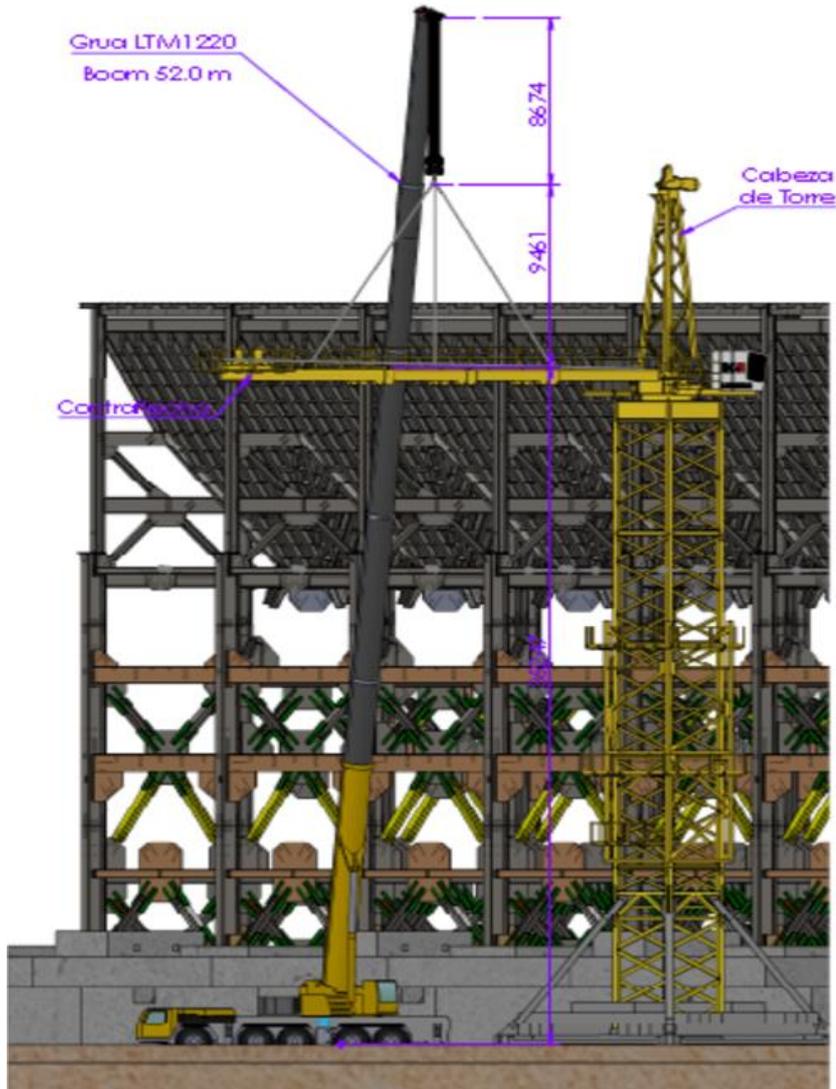
Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R172.

Figura 3.38 Montaje de contrapeso - vista planta.



Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R080.

Figura 3.39 Montaje de contrapeso.



Fuente: K161-C2-3230-15S-R172.

➤ Montaje de flecha tramo I:

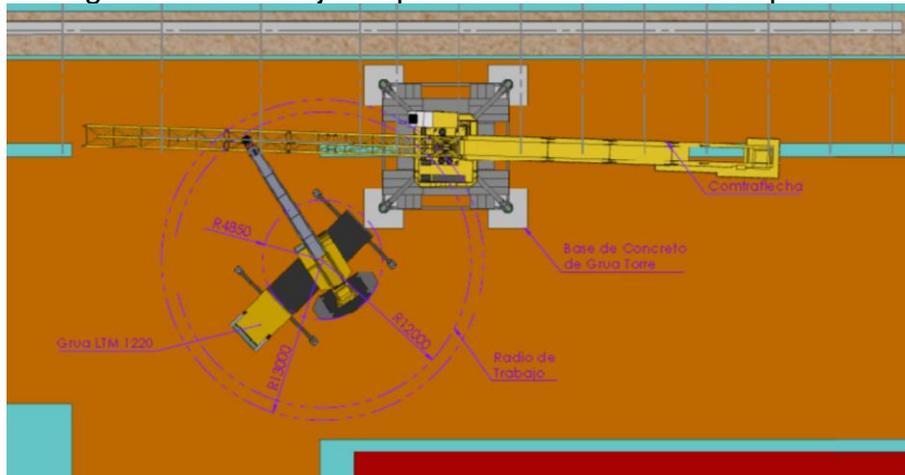
Se tiene la siguiente configuración para el montaje:

Tabla 3.34 Datos de Rigging plan.

RIGGING DATA - CRANE 1:	
Lift Crane (grúa)	Liebherr
Model (modelo)	LTM 1220
Boom type (Pluma tipo)	60 m
Boom configuration (configuración pluma)	56.3 m
Radio (radio)	12 m
Crane Counterweight (contrapeso grúa)	74,000.00 kg
Carbody counterweight(contrapeso carbody)	0.00 kg
Capacity Chart (capacidad de carga)	24,300.00 kg
Total rigging weigh (peso total de izaje)	18,605.28 kg
% of utilization (% de utilización)	76.6%

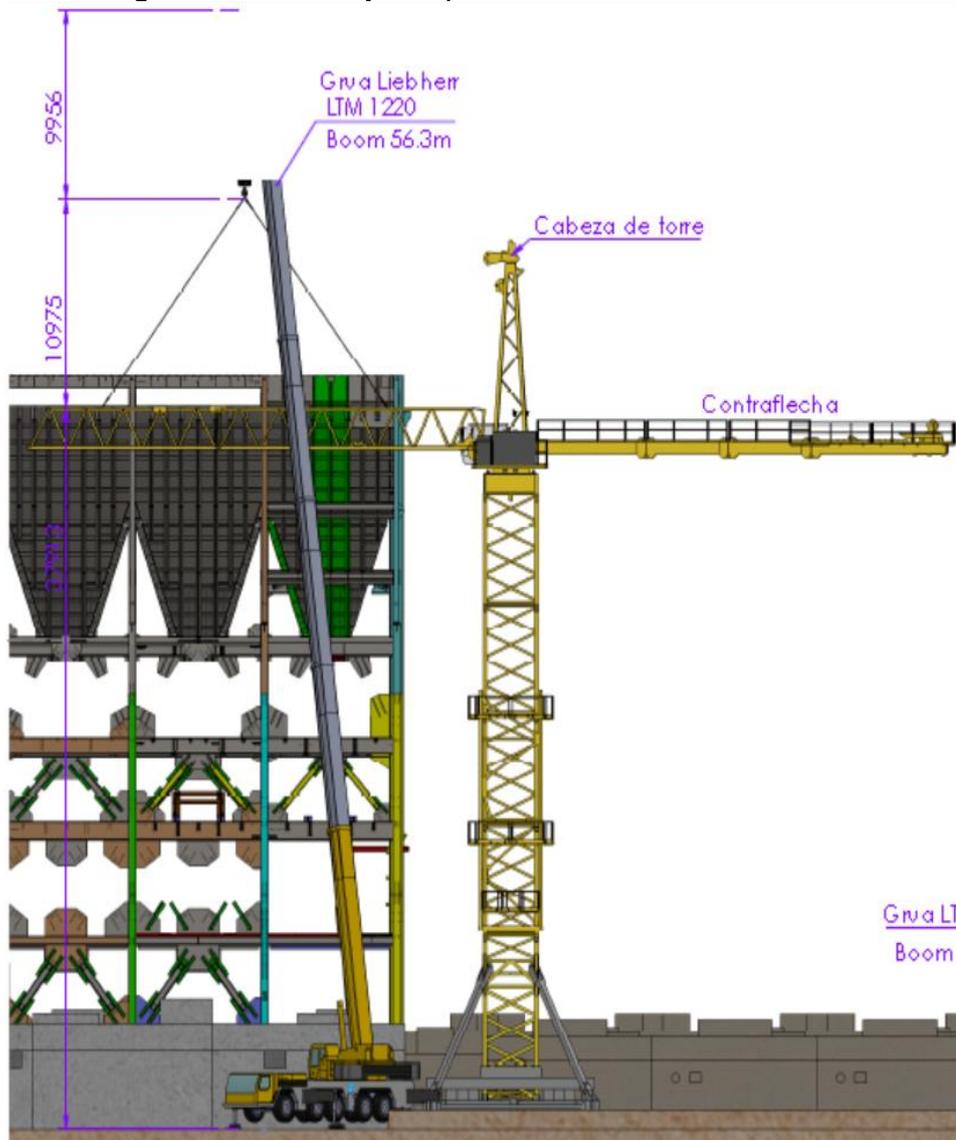
Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R067.

Figura 3.40 Montaje de pluma sección I - vista de planta.



Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R172.

Figura 3.41 Montaje de pluma sección I - vista lateral.



Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R172.

➤ Montaje de flecha tramo II:

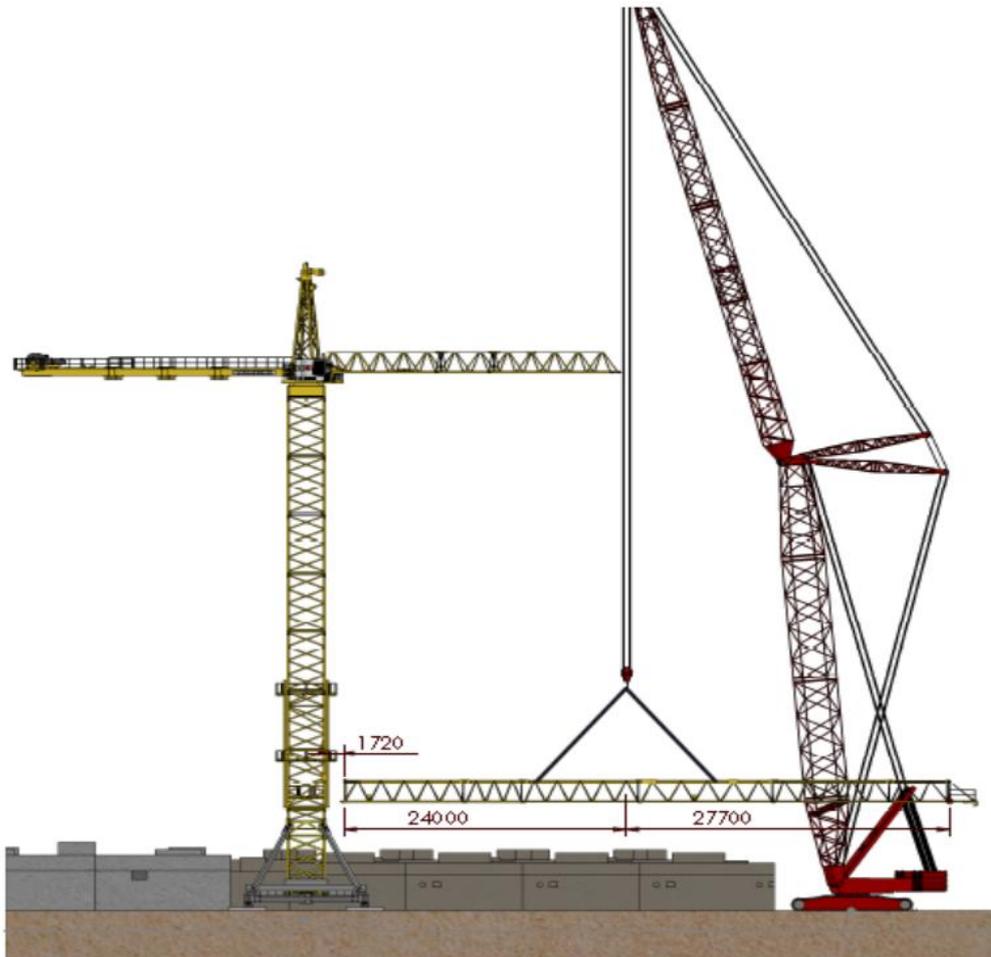
Se tiene la siguiente configuración para el montaje:

Tabla 3.35 Datos de Rigging plan.

RIGGING DATA - CRANE 1:	
Lift Crane (grua)	MANITOWOC
Model (modelo)	16000
Boom type (Pluma tipo)	42 m
Boom configuration (configuracion pluma)	42 m
Radio (radio)	24 m
Crane Counterweight (contrapeso grua)	150,590.00 kg
Carbody counterweight(contrapeso carbody)	0.00 kg
Capacity Chart (capacidad de carga)	80,100.00 kg
Total rigging weigh (peso total de izaje)	42,135.60 kg
% of utilization (% de utilizacion)	52.6%

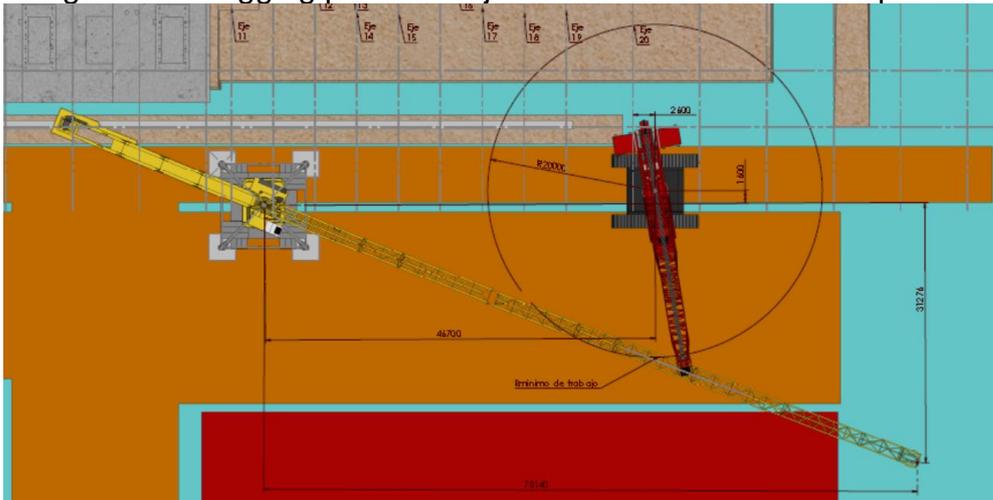
Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R080.

Figura 3.42 Rigging plan montaje de flecha tramo II – vista lateral.



Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R080.

Figura 3.43 Rigging plan montaje de flecha tramo II – vista planta.

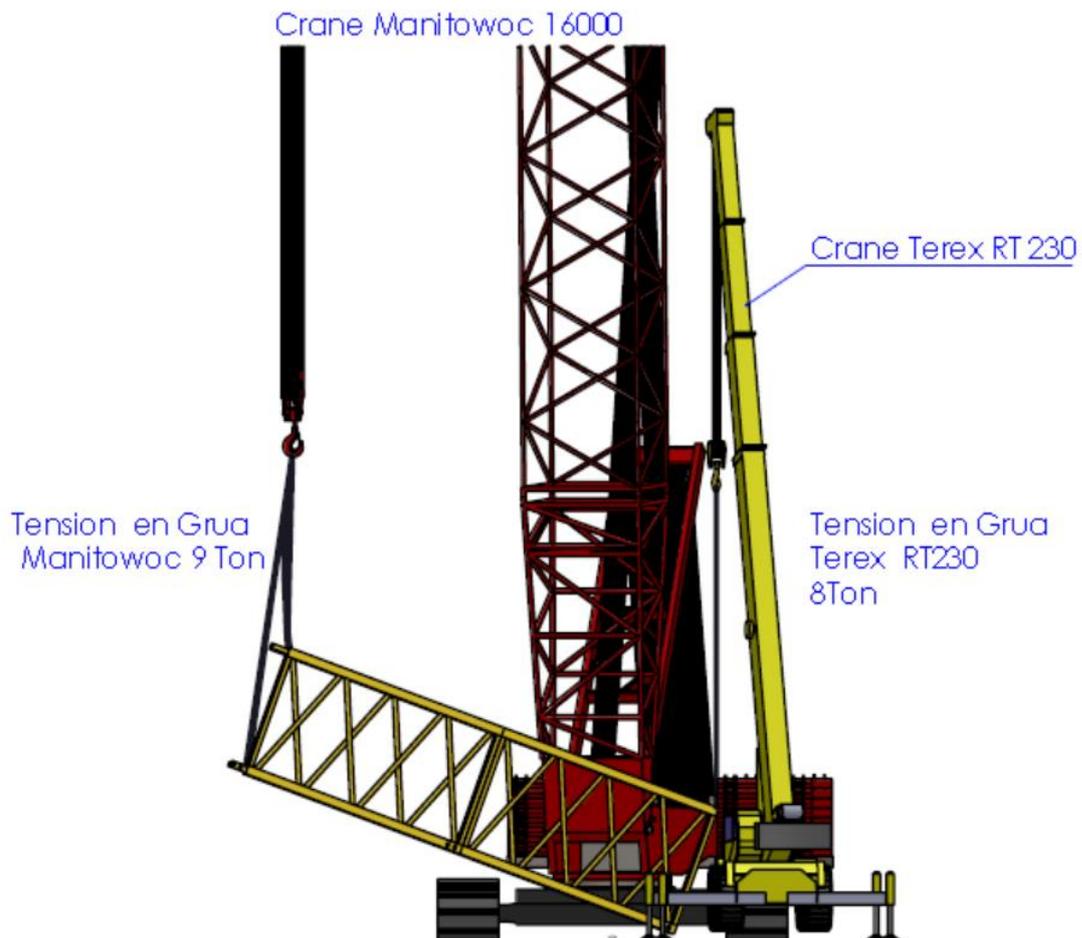


Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R080B.

➤ Otras maniobras:

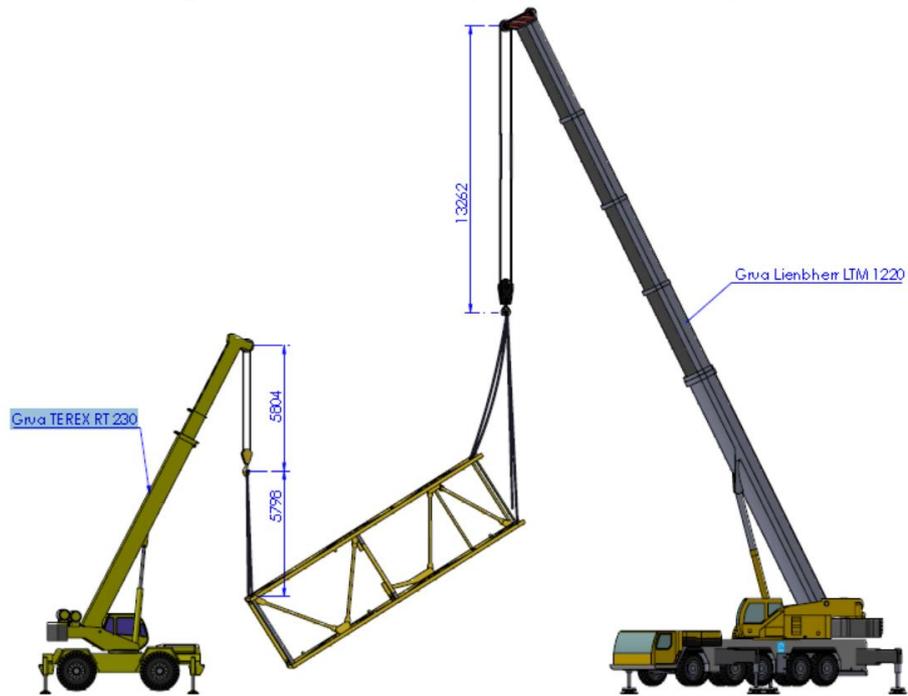
Se tiene la siguiente configuración para maniobras de verticalidad.

Figura 3.44 Volteo de tramo de torre grúa.



Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R069.

Figura 3.45 Volteo de jaula de telescopaje.



Fuente: Plano K161-C2-3230-15S-R069.

5. Ejecución y registro fotográfico del montaje.

a. Montaje de base cruciforme.

Figura 3.46 Montaje de base cruciforme.



Imagen N°01
Base
cruciforme.



Imagen N°02
Tramo base o tramo basal completo.

Fuente: Elaboración propia.

b. Mediciones topográficas de verticalidad.

Figura 3.47 Mediciones topográficas.



Imagen N°03
Mediciones topograficas de la base de la grúa torre.



Imagen N°04
Calibración por plachas de acero.

Fuente: Elaboración propia.

c. Montaje de lastres de piso.

Figura 3.48 Montaje de lastres de piso.



Imagen N°05
Montaje de
lastres de piso
tipo A.



Imagen N°06
Posicionamiento
de 60t de
lastres de piso
tipo A.

Fuente: Elaboración propia.

d. Montaje de tramos de mástil.

Figura 3.49 Montaje tramos de mástil.



Imagen N°07
Montaje de
02 tramos de
mastil.

Fuente: Elaboración propia.

e. Montaje de jaula de telescopaje.

Figura 3.50 Montaje de jaula de telescopaje.



Fuente: Elaboración propia.

f. Montaje de tramo de telescopaje.

Figura 3.51 Montaje de tramo de telescopaje.



Fuente: Elaboración propia.

g. Montaje de tornameza completo.

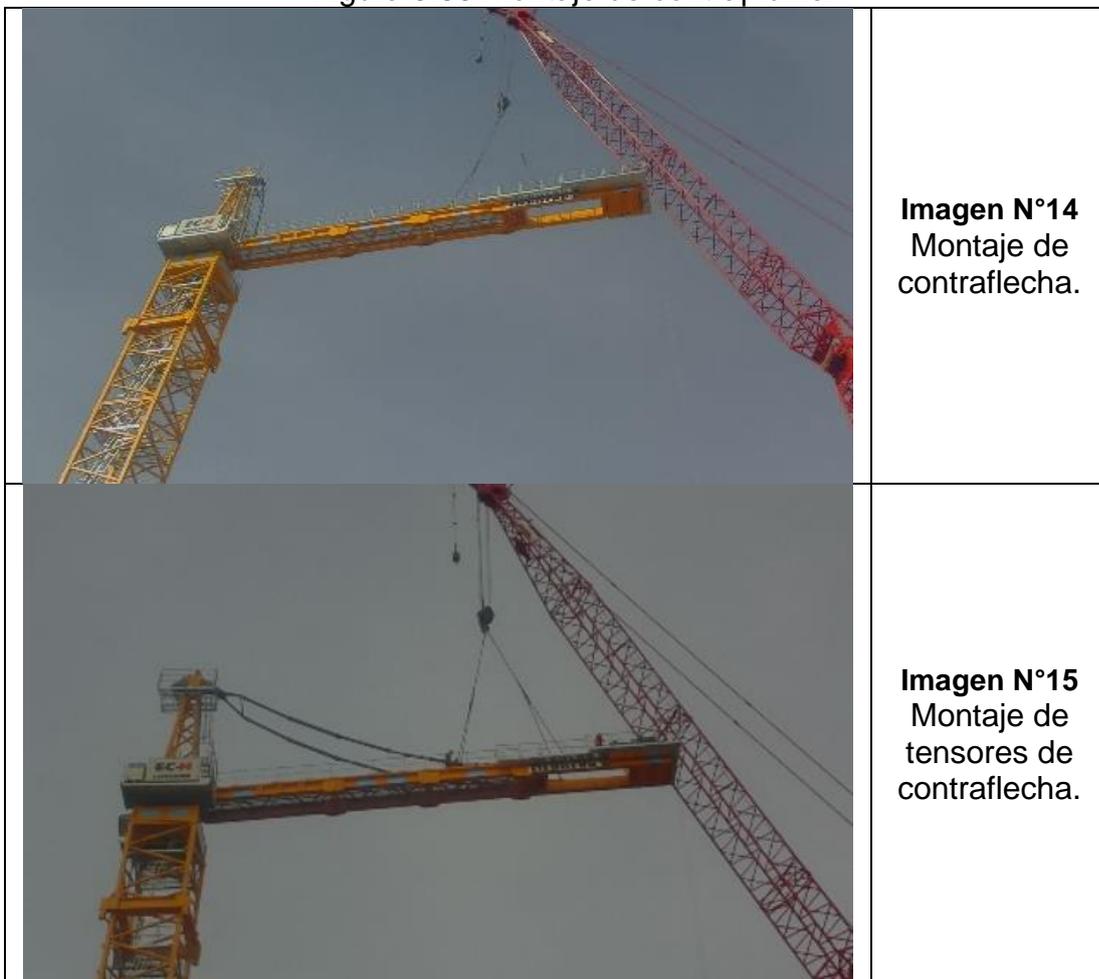
Figura 3.52 Montaje de tornameza.



Fuente: Elaboración propia.

h. Montaje de contrapluma.

Figura 3.53 Montaje de contrapluma.



Fuente: Elaboración propia.

i. Montaje de flecha tramo I.

Figura 3.54 Montaje de flecha tramo I.

	<p>Imagen N°16 Montaje de tramo de flecha I.</p>
	<p>Imagen N°17 Montaje de tensores de tramo de flecha I.</p>

Fuente: Elaboración propia.

j. Montaje de plataformas y carritos de distribución.

Figura 3.55 Montaje de plataformas y carritos.

	<p>Imagen N°18 Montaje de carritos de traslación.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------



Imagen N°19
Montaje de
carritos de
traslación en
flecha.

Fuente: Elaboración propia.

k. Montaje de contrapeso aéreo.

Figura 3.56 Montaje de contrapeso aéreo.



Imagen N°20
Montaje de
contrapeso
aereo tipo A
para
equilibrio.

Fuente: Elaboración propia.

l. Montaje de flecha tramo II.

Figura 3.57 Montaje de flecha tramo II.

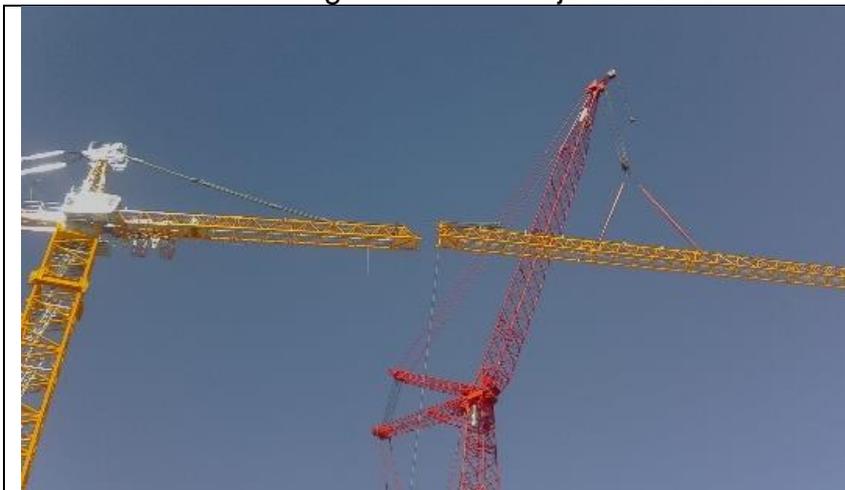


Imagen N°21
Montaje de
flecha tramo
II.



Imagen N°22
Montaje de
tirantes de
flecha tramo
II.

Fuente: Elaboración propia.

m. Montaje de contrapesos.

Figura 3.58 Montaje de contrapesos.



Imagen N°23
Montaje de
contrapesos
aéreos tipo A.

Fuente: Elaboración propia.

n. Montaje de lastres.

Figura 3.59 Montaje de lastres de piso.



Imagen N°24
Montaje de
lastres de piso
tipo B.

Fuente: Elaboración propia.

o. Montaje de gancho doble.

Figura 3.60 Montaje de gancho doble.

	<p>Imagen N°25 Montaje de patescas de ganchos.</p>
	<p>Imagen N°26 Montaje de gancho doble.</p>

Fuente: Elaboración propia.

p. Telescopaje de tramos de mástil.

Figura 3.61 Telescopaje de tramos de mástil.

	<p>Imagen N°27 Telescopaje de tramos de mástil.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------



Imagen N°28
Equilibrio de telescopaje.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5 Certificación y operatividad de grúa torre.

1. Calibración de grúa torre.

Figura 3.62 Calibración de grúa torre.



Imagen N°01
Calibración de grúa torre.

Fuente: Elaboración propia.

2. Certificación del equipo.

Figura 3.63 Pruebas de carga y limitadores.



Imagen N°01
Certificación de dispositivos de seguridad.

	<p>Imagen N°02 Certificación de carga de la grúa torre.</p>
	<p>Imagen N°03 Equipo operativo.</p>

Fuente: Elaboración propia.

3. Puesta en marcha de grúa torre.

a. Interrupción del trabajo.

Las grúas torre, son muy sensibles al viento y siempre que éste sobrepase la velocidad de 64 Km/hr, o aunque el viento tenga una velocidad inferior y se manejen cargas de gran superficie, se debe paralizar el trabajo, dejando la pluma en “veleta”, para que no oponga resistencia al viento y, por ende, no se produzca su volcamiento. Se debe interrumpir el trabajo de la grúa frente a condiciones climáticas adversas como es el caso de: presencia de escarcha, cuando ésta represente un sobrepeso por acumulación en la estructura o dificulte el descenso del gancho cuando esté vacío; también cuando no hay buena visibilidad por la presencia de neblina y ante la proximidad de una tormenta eléctrica.

b. Mantenimiento.

El trabajo de mantenimiento siempre debe realizarse con la grúa desconectada. El trabajo de mantenimiento que no pueda llevarse a cabo desde el suelo deberá efectuarse desde andamios o plataformas adecuadas.

Si el trabajo de mantenimiento sólo puede ser efectuado con la grúa en funcionamiento, se debe asegurar que:

1. No exista riesgo de que una persona pueda quedar atrapada o que caiga.
2. Las personas que deban realizar este trabajo se alejen de elementos por los que pase la corriente eléctrica. Estas personas puedan comunicarse con el gruista de palabra o por medio de señales.

c. Verificaciones.

Las grúas que funcionen con energía eléctrica deben ser verificadas por un especialista antes de la primera puesta en servicio o antes de volver a ser puesta en servicio tras haber sido objeto de importantes modificaciones. También deben ser verificadas las grúas con una capacidad de carga superior a 1000 Kg.

d. Inspección a fondo de un cable de acero.

Las normas internacionales establecen períodos de inspección máximo, cuyo intervalo máximo debe ser cumplido rigurosamente.

- 12 meses para cualquier cable.
- 3 meses para cables que elevan personal.
- 2 meses para cables de Grúas Torre.

El cable de una grúa debe ser severamente inspeccionado, antes y después de un montaje.

- En este último caso, hay que revisar posibles cocas o deformaciones permanentes y debería tenerse un registro de la persona que hizo la revisión y del profesional que controló la inspección, ésta es la única forma de que nos podríamos presentar ante la autoridad, en el caso de un accidente grave.

e. Lubricación.

Normalmente, los cables deben mantenerse engrasados porque su construcción lo necesita para evitar roces interiores. Normalmente hay que respetar las indicaciones del fabricante, con respecto al lubricante a utilizarse y al medio donde está el equipo trabajando. Siempre deben solicitar instrucciones al

Ingeniero jefe de mantención. Hay algunos cables que no se engrasan jamás, ejemplo los de tirfor, de estrobos u otro sistema traga cable. El sistema de fijación del cable debe cumplir con lo establecido en la norma NF E 52-081.

3.1.6 Plan de desmontaje y desarmado de componentes.

1. Desmontaje, desarmado, requisitos y plan de izaje.

Todos los procesos previos para las actividades de desmontaje, desarmado, requisitos y plan de izaje es similar al plan de montaje.

Con respecto a la secuencia del proceso, continua estrictamente en un proceso inverso al montaje y armado de los componentes de la grúa torre.

Para iniciar el desmontaje de esta grúa debemos primero contar con el personal idóneo para llevar a efecto este trabajo, es decir que cada persona cuente con las charlas de seguridad pertinentes, elementos de seguridad y disposición de trabajo. Una vez que el supervisor haya chequeado las condiciones del terreno, podrá determinar con qué grúa de apoyo se debe hacer este trabajo considerando la altura y el radio.

Una vez que se cuenta con todo lo antes mencionado, lo primero que se debe hacer es destelestrar la grúa torre la cantidad de tramos que sean necesarios para el alcance de la grúa auxiliar, en este caso emplearemos la grúa telescópica Liebherr LTM1220, con el cable de elevación de la grúa torre se debe hacer la pasada que permite sacar los lastres aéreos. Por la longitud de la flecha que tenga la grúa torre se deja un lastre en la contra pluma.

Luego se sacan los cables de elevación y carro para dejar la pluma liberada de estos elementos, en seguida se hacen las pasadas con el cable de elevación entre los winches de elevación y distribución del tirante de flecha y portaflecha, la grúa auxiliar se debe estrobar a la flecha de tramo I en los puntos que permitan el equilibrio de este componente, cuando esté totalmente en el aire se debe izar un poco con la grúa auxiliar de tal manera, que se libere un poco la tracción que

ejerce la flecha por efecto de su peso, seguidamente con la elevación de la grúa se debe tensar ésta para sacar los bulones o pines que unen el tirante de la flecha con la cabeza de torre o portaflecha, una vez logrado esto se hace bajar la flecha hasta dejar el tirante completamente liberado sobre la plataforma de la pluma, en ese momento se pueden sacar los bulones de sujeción de la flecha, para que la flecha quede totalmente en el aire, dispuesta para bajarla a tierra, y de esta manera realizar su posterior desarme y carguío sobre las plataformas, esto mismo se repite para el segundo tramo de la flecha.

Luego se debe sacar el lastre aéreo que de acuerdo con el largo de la flecha se debió dejar, para que este sirva de contrapeso hasta antes de sacar la flecha, seguidamente se saca la contraflecha, estrobando esta pieza con la grúa auxiliar se levanta para sacar los bulones de los tirantes y luego sacar los bulones de sujeción de la contraflecha, y llevarla a tierra para su posterior desarme y carguío.

Después se estroba la cabeza de torre o portaflecha en la parte superior, se sacan los bulones de unión y posterior ser desmontado a tierra. En este mismo proceso se debe desmontar el tablero eléctrico de mando principal, la cabina y tornamesa.

Ahora se procede a sacar el tramo de trepado con las vigas de suspensión, luego se procede con desmontar la jaula de telescopaje para su posterior desarmado, y continuamos con el desmontaje y desarmado de los tramos de mástil restantes.

A continuación se procede con desmontar los lastres basales o de piso, por último se desarman los tirantes del tramo basal y se desmontará el tramo basal y se desarmara la base cruciforme para ser cargada en las unidades de transporte correspondiente.

2. Ejecución y registro fotográfico del desmontaje.

Figura 3.64 Registro fotográfico de desmontaje grúa torre.



Imagen N°01
Destelescopaje
de tramos de
mastil.



Imagen N°02
Grúa torre en
minima altura
para desarmado.

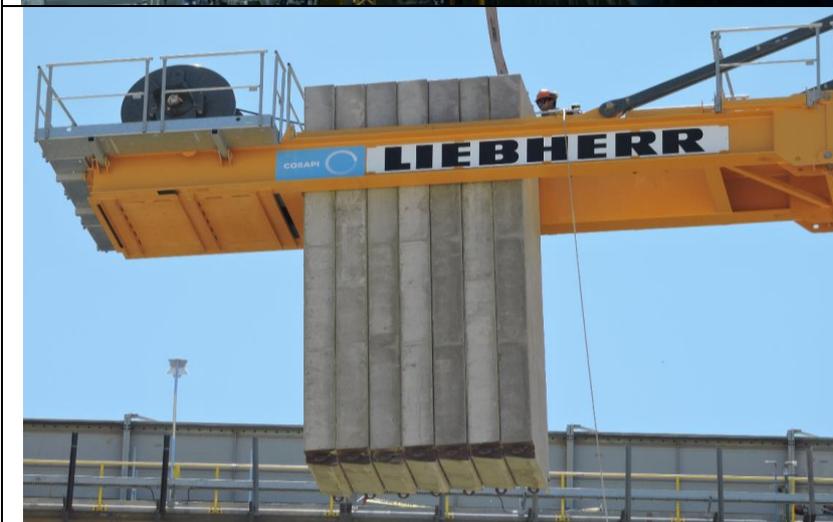


Imagen N°03
Desmontaje de
contrapesos
aereos.



Imagen N°04
Desmontaje de
flecha tramo I.



Imagen N°05
Desmontaje de
flecha tramo II.



Imagen N°06
Desmontaje de
contraflecha.



Imagen N°07
Desmontaje de
portaflecha.



Imagen N°08
Desmontaje de
tableros
eléctricos.



Imagen N°09
Desmontaje de
cabina.



Imagen N°10
Desmontaje de
tornamesa.



Imagen N°11
Desmontaje de
tramo de trepado.



Imagen N°12
Desmontaje de
jaula de
telescopaje.



Imagen N°13
Desmontaje de
tramos de mastil
restantes.



Imagen N°14
Desmontaje y
desarmado del
tramo basal.



Imagen N°15
Desmontaje y
desarmado de la
base cruciforme.



Imagen N°16
Desmontaje de
zapatas de
fundación.

Fuente: Elaboración propia.

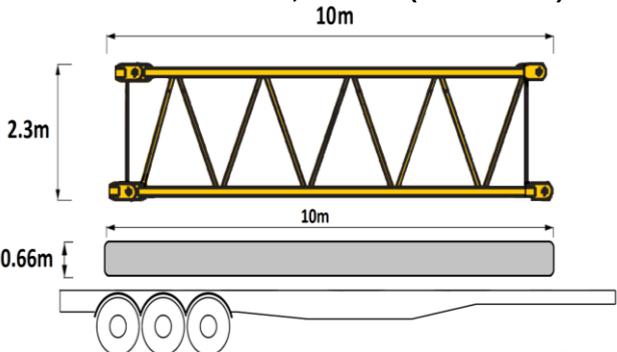
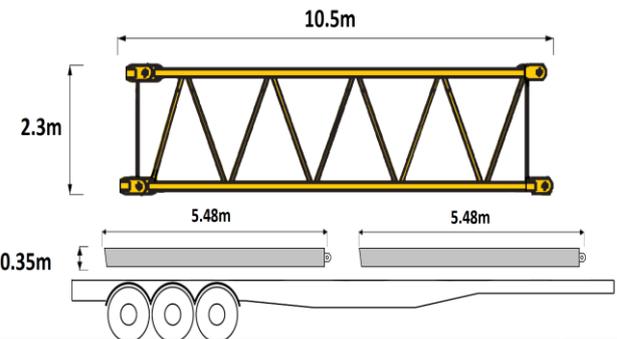
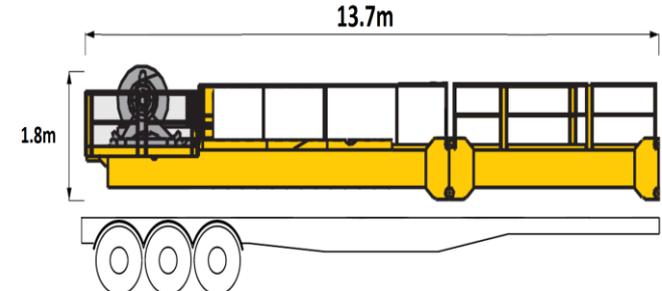
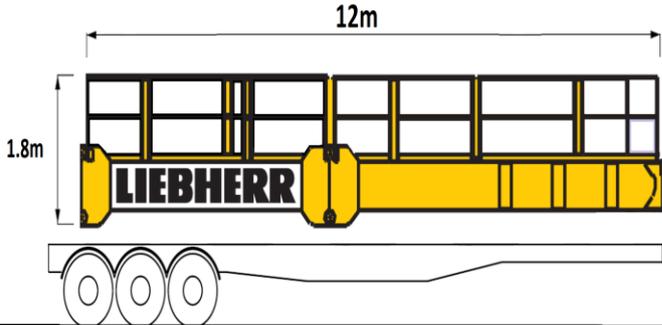
3.1.7 Plan y desmovilización de estructuras de grúa torre.

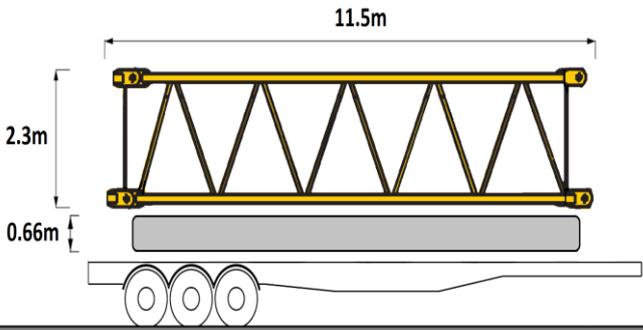
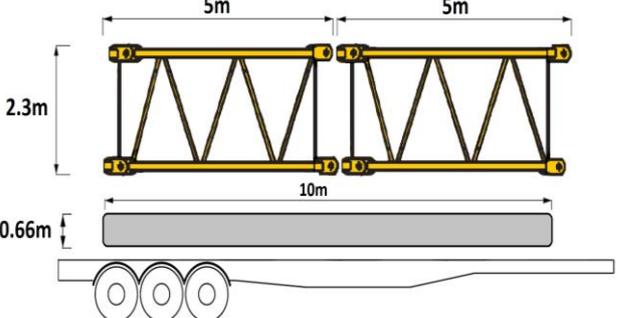
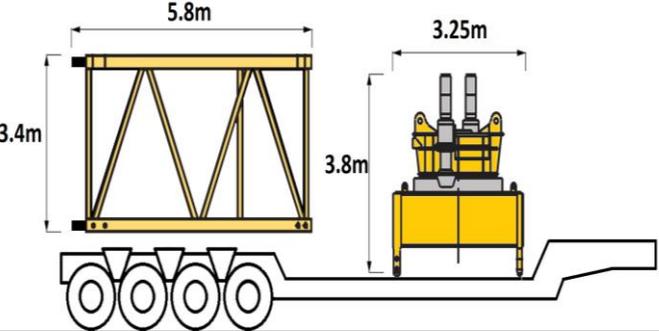
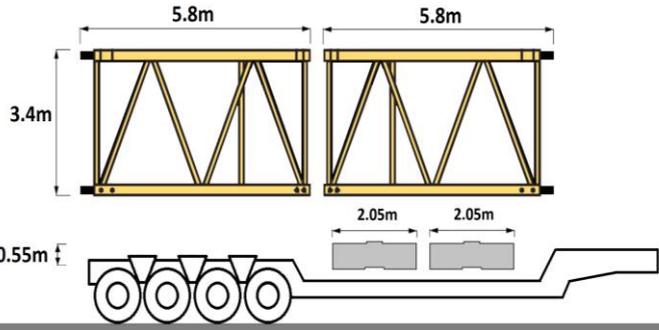
1. Plan de transporte desmovilización.

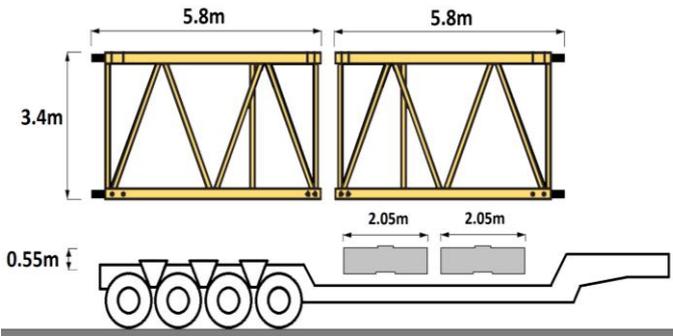
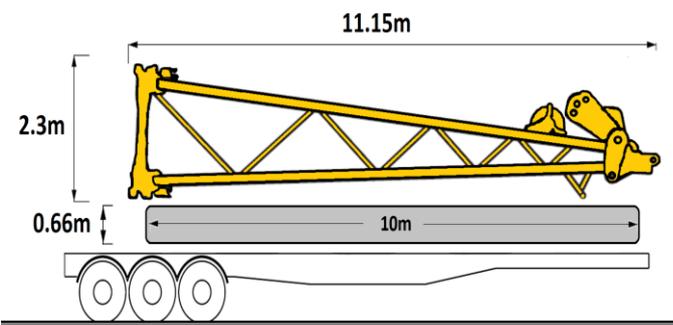
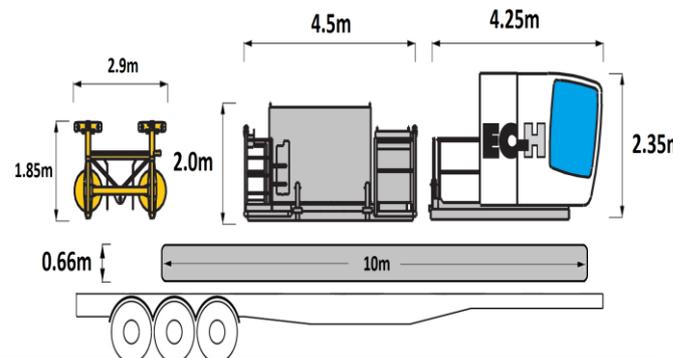
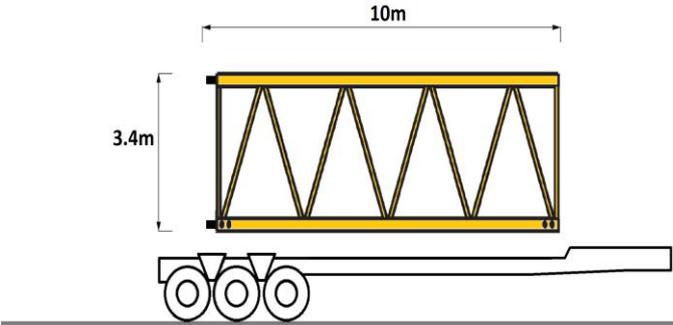
En el siguiente cuadro se resume las unidades de transporte en secuencia inversa al montaje de la grúa para su desmovilización.

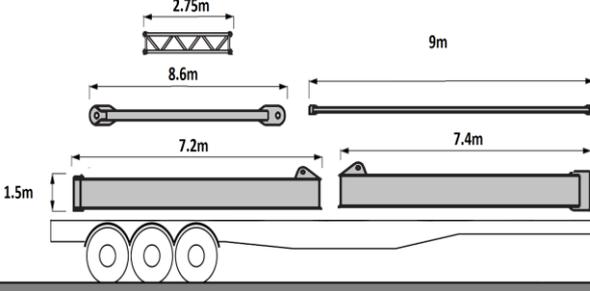
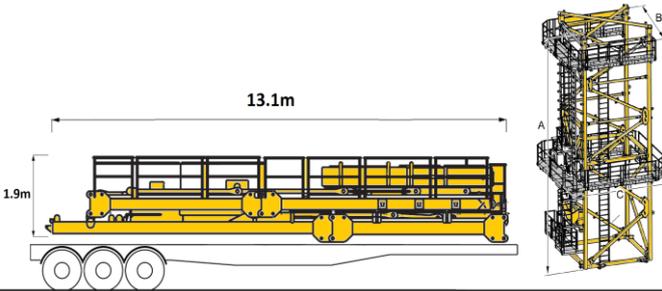
Tabla 3.36 Cronograma de carga por unidad de transporte.

CONFIGURACIÓN	DESCRIPCIÓN	TOTAL PESO
<p>No.01: Carrito, Tramo de flecha (Plataforma).</p>	<p>1 carrito. 1 tramo flecha. 1 tramo de flecha. 4 lastres aéreos.</p>	<p>1.11t 0.73t 0.54t 22.4t</p> <p>Total: 24.78t</p>
<p>No.02: Tramo de flecha, Lastres aéreos (Plataforma).</p>	<p>1 tramo de flecha. 2 lastres aéreo A. 2 lastres aéreo B.</p>	<p>1.98t 11.2t 7.4t</p> <p>Total: 20.58t</p>

<p>No.03: Tramo de flecha, Lastres (Plataforma).</p> 	<p>1 tramo de flecha. 2 lastres piso A.</p>	<p>2.9t 20.0t Total: 22.9t</p>
<p>No.04: Tramo de flecha, contrapesos (Plataforma).</p> 	<p>1 tramo de flecha. 4 lastres aéreos.</p>	<p>3.44t 22.4t Total: 25.84t</p>
<p>No.05: Tramo 2 Contraflecha (Plataforma).</p> 	<p>2do tramo contraflec. + accesorios.</p>	<p>Total: 15.0t</p>
<p>No.06: Tramo 1 Contraflecha (Plataforma).</p> 	<p>1er tramo contraflec. + accesorios.</p>	<p>Total: 9.2t</p>

<p>No.07 y No.08: Tramo de flecha (Plataforma).</p> 	<p>1 tramo interm. 2 lastres piso A.</p>	<p>4.22t 20.0t Total: 24.22t</p>
<p>No.09: Tramo de flecha (Plataforma).</p> 	<p>1 tramo interm. 1 tramo interm. 2 lastres piso A.</p>	<p>2.05t 1.74t 20.0t Total: 23.79t</p>
<p>No.10: Tramo Telescopaje y Tornamesa (Camacuna).</p> 	<p>1 tramo Telescopaje + accs. 1 tornamesa</p>	<p>14.0t 21.7t Total: 35.7t</p>
<p>No.11, No.12 y No.13: Tramo de torre (Camacuna).</p> 	<p>2 tramos de torre.</p>	<p>15.04t Total: 15.04t</p>

<p>No.14: Tramos de Torre (Camacuna).</p> 	<p>2 tramos de torre. 2 lastres piso B.</p>	<p>15.04t 20.0t Total: 35.04t</p>
<p>No.15: Cabeza de Torre, Lastres (Plataforma).</p> 	<p>1 cabeza de torre + accs. 2 lastres piso A.</p>	<p>11.0t 20.0t Total: 31.0t</p>
<p>No.16: Cabina, Tablero y Carrito (Plataforma).</p> 	<p>1 carrito. 1 tablero eléctrico. 1 cabina. 2 lastres piso A.</p>	<p>1.23t 2.05t 1.15t 20.0t Total: 24.43t</p>
<p>No.17: Cuerpo Basal (Camabaja)</p> 	<p>1 tramo basal + accesorios</p>	<p>Total: 16.0t</p>

<p>No.18: Base Cruciforme (Plataforma).</p> 	<p>2 soporte base A. 2 soporte base B. 4 tirantes horiz. 4 tirantes vertic. 2 tirantes central.</p>	<p>3.51t 3.24t 0.61t 2.06t 0.22t</p> <p>Total: 9.64t</p>
<p>No.19: Jaula de Telescopaje (Plataforma).</p> 	<p>Jaula de Telescopaje completa con barandas, grupo hidráulico, escaleras y accesorios.</p> <p>A:13.1m B:5.3m C:6.1m</p>	<p>23.76t</p>
Peso Total de Estructuras		387.0t

Fuente: Elaboración propia.

2. Ejecución y registro fotográfico del plan de transporte.

Conforme a lo planificado, se procedió con la ejecución de carguío y estibamiento sobre las unidades de transporte asignadas para la optimización de recursos, de lo cual se detallan los siguientes registros fotográficos:

Figura 3.65 Registro fotográfico de la actividad de transporte.



	<p>Imagen N°02 Carguio y estibado de Tramo de flecha, Lastres aéreos (Plataforma). correspondiente al transporte No.02: 1 tramo de flecha. 2 lastres aéreo A. 2 lastres aéreo B.</p>
	<p>Imagen N°03 Carguio y estibado de dos tramos de mastil y dos contrapesos tipo B de la base de la Grúa Torre correspondiente al transporte No.01: Tramos de Torre (Camacuna), con una carga total de 35.04t.</p>
	<p>Imagen N°04 Carguio y estibado de dos tramos de mastil y dos contrapesos tipo B de la base de la Grúa Torre correspondiente al transporte No.12, No.13 y No.14: Tramo de torre (Camacuna), con una carga total de 15.04t.</p>
	<p>Imagen N°05 Carguio y estibado de Tramo de flecha, Lastres (Plataforma) No.03: 1 tramo de flecha. 2 lastres piso A. , con una carga total de 22.9t.</p>

	<p>Imagen N°06 Carguio y estibado de Tramo de flecha, contrapesos (Plataforma) No.04: 1 tramo de flecha. 4 lastres aéreos. Total: 25.84t</p>
	<p>Imagen N°07 Carguio y estibado de Tramo 2 Contraflecha (Plataforma). correspondiente al transporte No.05: 2do tramo contraflech. + accesorios con una carga total de 15.0t.</p>
	<p>Imagen N°08 Carguio y estibado de Cabina, Tablero y Carrito (Plataforma). correspondiente al transporte No.16: Tramo de flecha, contrapesos (Plataforma) con una carga total de 24.43t.</p>
	<p>Imagen N°09 Carguio y estibado de Base Cruciforme (Plataforma) Grúa Torre correspondiente al transporte No.18: 2 soporte base A. 2 soporte base B. 4 tirantes horiz. 4 tirantes vertic. 2 tirantes central, con una carga total de 9.64t.</p>

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Evaluación Técnica, Económica.

3.2.1 Movilización y transporte de estructuras.

La movilización de las estructuras a obra se dio desde puerto Callao a obra en UM Cerro Verde – Arequipa, con el equipo totalmente desarmado, los costos asociados a las unidades de transporte seleccionados son variables respecto a la ubicación del proyecto donde se instalará la grúa torre, a continuación, se tienen la cantidad de unidades de transporte.

Tabla 3.37 Cuadro de costo por servicio de movilización.

Tipo de Unidad	Und.	Costo	Parcial - S/.
Plataforma	16	S/ 7,500.00	S/ 120,000.00
Camabaja	7	S/10,000.00	S/ 70,000.00
		TOTAL S/.	S/ 190,000.00
		Tipo de cambio (USD \$3.75)	\$ 50,666.67

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Desarrollo de bloques de fundación.

1. Excavación de bloques de fundación.

El primer factor económico para considerar es el proceso de excavación para el desarrollo de las zapatas de fundación, los cuales son costos variables ya que dependen del tipo de terreno y análisis geotécnico, así como los equipos auxiliares a emplear, para nuestro caso se muestran las tablas siguientes producto de los costos asociados al proceso de excavación:

Tabla 3.38 Cuadro de costos de H-H del proceso de excavación.

PERSONAL	DÍAS	\$-Días	\$ - Parcial
vigía 1	4	\$ 20.00	\$ 80.00
vigía 2	2	\$ 20.00	\$ 40.00
Supervisor 1	2	\$ 50.00	\$ 100.00
		TOTAL	\$ 220.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.39 Cuadro de costos de H-M del proceso de excavación.

PERSONAL	HORAS	\$ H-M	\$ - Parcial
RETROEXCAVADORA (1 m3)	29	\$ 62.68	\$/Dia \$ 1,817.72
VOLQUETE (15 m3)	11	\$ 21.40	\$/Dia \$ 235.40
TOTAL			\$ 2,053.12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.40 Cuadro de costos total del proceso de excavación.

Resumen Costo H-H y H-M	USD
Mano Obra Operativa	\$ 220.00
Equipo Utilizados	\$ 2,053.12
Total	\$ 2,273.12

Fuente: Elaboración propia.

2. Cimentación de bloques de fundación.

Los costos asociados a los recursos para el desarrollo de la actividad de la cimentación dependerán de la ubicación de proyecto y los proveedores, equipos y recursos necesarios para su implementación, por lo cual también se convierte en un costo variable, las zapatas de fundación no son transportables por su peso por lo cual se deben fabricar de acuerdo con el diseño en cada proyecto. En nuestro caso se obtuvieron el siguiente cuadro de costos

Tabla 3.41 Cuadro de costos de suministro de cimentación.

CONCEPTO	Cant. Elementos	ACTIVIDAD	METRADO REAL	PU USD \$	TOTAL USD \$
Fundación Cimentación	4	SUMINISTRO CONCRETO	49.04	\$ 337.85	\$ 16,568.16
		ACERO - f _y =4200 kg/ cm ²	2,190.96	\$ 1.07	\$ 2,340.46
		INSERTO - ASTM A572 gr.50	1,072.00	\$ 4.44	\$ 4,759.68
		Aditivo Sikafiber	48.00	\$ 6.25	\$ 299.79
		Concreto f'c =280 kg/cm ²	51.00	\$ 147.20	\$ 7,507.20
					\$ 31,475.30

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Desarrollo de lastres y contrapesos.

1. Lastres de piso.

Los costos para el desarrollo de la actividad de la construcción de los lastres de base dependerán de la ubicación del proyecto con respecto a la cartera de los proveedores, equipos y recursos necesarios para su implementación, por lo cual también se convierte en un costo variable, sin embargo, la cantidad de lastre es una variable dependiente de la configuración del equipo, por lo que su fabricación es acumulativa, es decir, de configurar la grúa torre a una mayor capacidad de la actual, se tendrían que fabricar los lastres adicionales que se requiera para dicha configuración, los lastres de base son transportables. De acuerdo con esto se tiene el siguiente cuadro de costos asociados a los lastres de base:

Tabla 3.42 Cuadro de suministro para los lastres de base.

CONCEPTO	Cant. Elementos	ACTIVIDAD	METRADO REAL	PU USD \$	TOTAL USD \$
LASTRE 10 TN – A	6	SUMINISTRO CONCRETO	24.58	\$ 337.85	\$ 8,304.32
		ACERO - f'y=4200 kg/ cm2	5,495.79	\$ 1.07	\$ 5,870.80
		INSERTO - ASTM A572 gr.50	192.12	\$ 4.44	\$ 853.01
		Aditivo Sikafiber	24.00	\$ 6.25	\$ 149.89
		Concreto f'c =280 kg/cm2	25.00	\$ 147.20	\$ 3,680.00
					\$ 18,858.03
LASTRE 10 TN – B	2	SUMINISTRO CONCRETO	8.17	\$ 337.85	\$ 2,760.92
		ACERO - f'y=4200 kg/ cm2	660.64	\$ 1.07	\$ 705.72
		INSERTO - ASTM A572 gr.50	120.40	\$ 4.44	\$ 534.58
		Aditivo Sikafiber	8.00	\$ 6.25	\$ 49.96
		Concreto f'c =280 kg/cm2	8.00	\$ 147.20	\$ 1,177.60
					\$ 5,228.77

Fuente: Elaboración propia.

2. Contrapesos aéreos.

Los costos para el desarrollo de la actividad de la construcción de los lastres aéreos dependerán de la ubicación del proyecto con respecto a la cartera de los proveedores, equipos y recursos necesarios para su implementación, por lo cual también se convierte en un costo variable, sin embargo, la cantidad de lastres aéreos fabricadas corresponden a la mayor configuración, de requerir configurar la grúa torre a una menor configuración es posible que requiere de un segundo

tipo por lo cual deberán fabricarse, esto lo convierte en un recurso acumulativo, es decir, los lastres aéreos son transportables. De acuerdo con esto se tiene el siguiente cuadro de costos asociados a los lastres de base:

Tabla 3.43 Cuadro de suministro para la construcción de lastres aéreos.

CONCEPTO	Cant. Elementos	ACTIVIDAD	METRADO REAL	PU US \$	TOTAL US \$
LASTRE 5.6 TN - A	10	SUMINISTRO CONCRETO	22.56	\$ 337.85	\$ 7,620.25
		ACERO - f'y=4200 kg/ cm2	2,305.07	\$ 1.07	\$ 2,462.36
		INSERTO - ASTM A572 gr.50	804.70	\$ 4.44	\$ 3,572.87
		Aditivo Sikafiber	20.00	\$ 6.25	\$ 124.91
		Concreto f'c =280 kg/cm2	23.00	\$ 147.20	\$ 3,385.60
					\$ 17,165.99

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Montaje de componentes.

Los costos para el desarrollo de la actividad de montaje están asociados a las H-H, H-M y servicios adicionales que se utilizaran en su desarrollo, este costo será variable de acuerdo con la tarifa de H-H y H-M actuales, sin embargo, la estimación del tiempo de ejecución efectivo para el proceso de montaje debe fijarse para la optimización de los costos y por los recursos involucrados.

Tabla 3.44 Cuadro de costos de H-H del proceso de montaje.

PERSONAL	DÍAS	\$-Días	\$ - Parcial
Rigger 1	25	\$ 30.00	\$ 750.00
Rigger 2	25	\$ 30.00	\$ 750.00
Rigger 3	23	\$ 30.00	\$ 690.00
Rigger 4	20	\$ 30.00	\$ 600.00
Vigía 1	25	\$ 20.00	\$ 500.00
Vigía 2	25	\$ 20.00	\$ 500.00
Vigía 3	20	\$ 20.00	\$ 400.00
Vigía 4	19	\$ 20.00	\$ 380.00
Montajista 1	25	\$ 30.00	\$ 750.00
Montajista 2	25	\$ 30.00	\$ 750.00
Supervisor 1	25	\$ 50.00	\$ 1,250.00
Operador 1	25	\$ 30.00	\$ 750.00
Técnico Cos 1	20	\$ 30.00	\$ 600.00
técnico Cos 2	15	\$ 30.00	\$ 450.00
Topógrafo 1	2	\$ 50.00	\$ 100.00

topógrafo 2	2	\$ 50.00	\$ 100.00
topógrafo 3	2	\$ 50.00	\$ 100.00
TOTAL			\$ 9,420.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.45 Cuadro de costo H-M del proceso de montaje.

EQUIPOS	DÍAS u HORAS	\$ Uni		\$ - Parcial
SEMITRAILER	20	\$ 210.00	\$/Dia	\$ 4,200.00
SEMITRAILER	20	\$ 210.00	\$/Dia	\$ 4,200.00
SEMITRAILER	13	\$ 210.00	\$/Dia	\$ 2,730.00
GRÚA MANITOWOC 16000	200	\$ 598.87	\$/Hr	\$ 119,774.00
GRÚA GROOVE RT 890E	10	\$ 130.00	\$/Hr	\$ 1,300.00
MAN LIFT JLG	28	\$ 53.75	\$/Hr	\$ 1,505.00
GRÚA TEREX RT330	35	\$ 56.14	\$/Hr	\$ 1,964.90
GRÚA TEREX RT670	37	\$ 79.21	\$/Hr	\$ 2,930.77
TOTAL				\$ 138,604.67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.46 Cuadro de costo por servicio del proceso de montaje.

Servicio	DETALLES	Costo USD
MONTAJE	Conciliado (+)	\$ 61,547.00
	Servicio Adicional	\$ 36,388.06
Total:		\$ 97,935.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.47 Cuadro de costo total montaje.

Resumen Costo H-H y H-M	USD
Mano Obra Operativa	\$ 9,420.00
Equipo Utilizados	\$ 138,604.67
Servicio adicional	\$ 91,308.50
Total Montaje	\$ 239,333.20

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5 Calibración, certificación y operatividad de grúa torre.

La calibración del equipo del equipo se realizó conforme a los parámetros del fabricante y con un peso normalizado, se midió la carga y bloqueo del equipo con el uso de un dinamómetro electrónico, no se tubo observaciones durante el proceso por lo cual se concluye la prueba como satisfactoria, no incurriendo en gastos adicionales por avería de componentes o reclamos al dealer del equipo por condiciones de garantías.

Sobre la certificación del equipo realizada por una empresa homologada en INACAL, realizaron las pruebas e inspección correspondiente, así como se presentó la documentación requerida como parte del protocolo del ASME B30.3 para grúas torre y ASME B30.5 para grúas móviles y locomotoras, el equipo cumplió con todos los requisitos en cuanto a la operatividad y no se incurrió en gastos adicionales por recertificación o levantamiento de observaciones.

Sobre la instalación eléctrica, el equipo fue conectado a un grupo electrógeno de 250Kw para su funcionamiento respectivo.

Tabla 3.48 Cuadro de costo por servicio de certificación.

Servicio	DETALLES	Costo USD
CERTIFICACIÓN	Servicio	\$ 500.0
	Total	\$ 500.0

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6 Desmontaje de componentes.

Los costos para el desarrollo de la actividad de desmontaje están asociados a las H-H, H-M y servicios adicionales que se utilizaran en su desarrollo, en este caso durante la actividad de desmontaje se redujo los costos involucrados en el factor tiempo y recursos utilizados mediante un plan elaborado para la optimización de desmontaje, desarmado y transporte por desmovilización, a continuación, se tiene el siguiente cuadro de costos:

Tabla 3.49 Cuadro de costo H-H desmontaje.

PERSONAL	DÍAS	\$/Día	\$ - Parcial
Rigger 1	18	\$ 30.00	\$ 540.00
Rigger 2	18	\$ 30.00	\$ 540.00
Rigger 3	7	\$ 30.00	\$ 210.00
Rigger 4	7	\$ 30.00	\$ 210.00
Vigía 1	18	\$ 20.00	\$ 360.00
Vigía 2	18	\$ 20.00	\$ 360.00
Vigía 3	16	\$ 20.00	\$ 320.00
Vigía 4	7	\$ 20.00	\$ 140.00
Supervisor 1	24	\$ 50.00	\$ 1,200.00
Supervisor 2	18	\$ 50.00	\$ 900.00
Operador 1	11	\$ 30.00	\$ 330.00
Operador 2	18	\$ 30.00	\$ 540.00
Operador 3	5	\$ 30.00	\$ 150.00

Técnico Cos 1	21	\$ 30.00	\$ 630.00
Técnico Cos 2	21	\$ 30.00	\$ 630.00
Técnico Cos 3	18	\$ 30.00	\$ 540.00
Técnico Cos 4	18	\$ 30.00	\$ 540.00
Técnico Cos 5	18	\$ 30.00	\$ 540.00
TOTAL			\$ 8,680.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.50 Cuadro de costo H-M desmontaje.

PERSONAL	DÍAS u HORAS	\$		\$ - Parcial
SEMITRAILER 1	4	\$ 210.00	\$/Dia	\$ 840.00
SEMITRAILER 2	4	\$ 210.00	\$/Dia	\$ 840.00
SEMITRAILER 3	2	\$ 210.00	\$/Dia	\$ 420.00
GRUA TEREEX RT230 - 1	72	\$ 56.14	\$/Hr	\$ 4,042.08
GRUA TEREEX RT230 - 2	56	\$ 56.14	\$/Hr	\$ 3,143.84
GRUA LIEBEHERS 1220	78	\$ 187.23	\$/Hr	\$ 14,603.94
MAN LIFT JLG	10	\$ 56.14	\$/Hr	\$ 561.40
GRÚA SUMITOMO	6	\$ 158.00	\$/Hr	\$ 948.00
GRÚA TEREEX RT670	60	\$ 79.21	\$/Hr	\$ 4,752.60
TOTAL				\$ 30,151.86

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.51 Cuadro de costo por servicio de desmontaje.

Servicio	DETALLES	Costo USD
DESMONTAJE	Conciliado (+)	\$ 30,649.06
	Servicios adicionales	\$ 0.00
	Total	\$ 30,649.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.52 Cuadro de costo total de desmontaje.

Resumen Costo H-H y H-M	USD
Mano Obra Operativa	\$ 8,680.00
Equipo Utilizados	\$ 30,649.06
Servicio adicional	\$ 30,649.06
Total Montaje	\$ 69,978.12

Fuente: Elaboración propia.

3.2.7 Desmovilización y transporte de estructuras.

La desmovilización de las estructuras de la grúa torre se realizó conforme al plan de transporte y de acuerdo a la secuencia de desmontaje desde obra en UM Cerro Verde hasta los almacenes de Lima, respecto a los costos asociados a las unidades de transporte seleccionados para la desmovilización son variables respecto a la ubicación del proyecto hacia los almacenes de Lima o traslado a otro proyecto donde se instalará la grúa torre, por lo que dependiendo de esta variable se estimaran los costos asociados.

Tabla 3.53 Cuadro de costo por servicio de desmovilización.

Tipo de Unidad	Und.	Costo	Parcial - S/.
Plataforma	13	S/ 7,500.00	S/ 97,500.00
Camabaja	1	S/10,000.00	S/ 10,000.00
Camacuna	5	S/12,000.00	S/ 60,000.00
TOTAL S/.			S/ 167,500.00
Tipo de cambio (USD \$3.75)			\$ 44,666.67

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Análisis de resultados.

Tabla 3.54 Cuadro resumen de costo total por actividad.

PROCESO	TOTAL USD
Costo Excavación Fundación.	\$ 2,273.12
Costo de Cimentación.	\$ 31,475.30
Costo de movilización y transporte de estructuras.	\$ 50,666.67
Costo de construcción de lastres de piso tipo A+B.	\$ 24,086.80
Costo de construcción de lastres aéreos.	\$ 17,165.99
Costo de montaje de grúa torre.	\$ 239,333.2
Costo de certificación de grúa torre.	\$ 500.00
Costo de desmontaje de grúa torre.	\$ 69,978.12
Costo de desmovilización y transporte de estructuras.	\$ 44,666.67
Costo Total de puesta en marcha	\$ 480,145.87

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 Análisis geotécnico.

El terreno donde se ubicó la grúa torre Liebherr 1000EC-H40 presento observaciones por condición de terreno, por lo que se tubo que realizar el mejoramiento correspondiente para habilitar las zapatas de fundación y no modificar la ubicación del equipo, incurriendo en reprogramaciones de trabajos para lo cual inicialmente fue contemplado.

3.3.2 Selección de la grúa para el montaje.

Los beneficios económicos que se obtengan al finalizar un determinado proyecto están directamente relacionados con la planificación y programación que se haga desde un principio. Estas herramientas de trabajo van a determinar

finalmente si existirá un éxito o fracaso en las pretensiones económicas que se esperaban obtener.

Uno de los puntos principales a considerar dentro de la planificación, es la elección de la maquinaria a utilizar. Específicamente cuando hablamos de una configuración de la grúa torre a gran altura, donde un punto importante es solucionar adecuadamente las necesidades de izamiento, se debe pensar cuidadosamente en la máquina que mejor va a responder a los requerimientos.

Las máquinas que se consideran en este caso son las grúas, de las que existe una amplia variedad en el mercado, por lo que se deben estudiar minuciosamente las diferentes alternativas existentes.

3.3.3 Area de almacenamiento.

Para disponer de un área de almacenamiento temporal para los componentes de la grúa torre y comenzar con el armado y montaje en el punto de ubicación nos llevaría a incrementar los costos de operación con respecto a la capacidad instalada en obra y recursos adicionales para la movilización de personal y equipos auxiliares a emplear, por lo cual no se ve conveniente almacenar los componentes por el costo adicional, sino también porque se debe disponer de un área considerable para el almacenamiento, por lo cual se concluye que los componentes deben ser montados y armado in situ conforme la secuencia de armado/montaje o desarmado/desmontaje de la grúa torre.

3.3.4 Equipos auxiliares.

Los equipos auxiliares a emplear deben ser el mínimo para la descarga de los componentes in situ, con respecto al montaje propio se ha demostrado con las tablas de carga y el Rigging Plan que la grúa telescópica LTM1220 también de propiedad de la empresa puede realizar el armado/desarmado y montaje/desmontaje correspondiente de la grúa torre, por lo que se ha generado el procedimiento o PETS de las actividades que correspondan para la puesta en operatividad de la grúa torre.

3.3.5 Tiempo de Ejecución.

1. Transporte y movilización de estructuras.

El tiempo ejecutado para la movilización de componentes de acuerdo al cronograma comprendió 10 días con una totalidad de 19 unidades de transporte, de acuerdo a la poca capacidad de almacenamiento temporal, se ejecutó el plan de que cada unidad de transporte llegada a obra debe contar con los componentes correspondientes para ejecutar de forma secuencial el armado y montaje de la grúa torre de alto tonelaje in situ al mismo tiempo que se ejecuta la descarga de componentes y de esta forma reducir la capacidad instalada de equipos auxiliares y las H-H por almacenamiento temporal. Este margen de referencia será de mucha ayuda para los próximos proyectos donde se instalará la grúa torre de alto tonelaje.

2. Actividad de desarrollo de bloques de fundación.

La actividad de ejecución de los bloques de fundación corresponden al preparativo previo para la ejecución del montaje de la grúa torre de alto tonelaje, por lo cual debe esta labor debe ser planificada en el tiempo previste, en nuestro caso incluido la realización de la memoria de cálculo, las aprobaciones correspondiente por parte del cliente y hasta el finalizado de la construcción de las zapatas de fundación demandando un tiempo de 22 días para poder iniciar al término de este proceso con el inicio del montaje de la grúa torre de alto tonelaje. Cabe indicar que esta actividad fue desarrollada por las áreas correspondientes a Ingeniería, Oficina Técnica y el área civil con participación del área de equipos.

3. Actividad de producción de lastres y contrapesos.

Para las actividades de la construcción de los lastres de piso y contrapesos aéreos se contó con un tiempo de ejecución efectivo de construcción de 13 días, este tiempo fue desarrollado en paralelo a la construcción de los bloques de fundación por lo que no fue un tiempo en adición, debemos tener en cuenta que

este recurso de construcción podrá ser reutilizado en otros proyectos donde se pretenda instalar la grúa torre con la misma configuración, en caso se pretenda maximizar la configuración deberán construirse lastres de piso o contrapesos aéreos adicionales, en otros caso de construcción adicionales podrían deberse a deterioro o daño de los lastres de piso o contrapesos aéreos, ya que siendo construido de concreto y acero están expuestos a daños por manipulación incorrecta.

4. Actividad de armado y montaje de componentes.

Para desarrollar esta actividad se debe tener en cuenta que los proceso previos como la construcción de los bloques de fundación, lastres de piso y contrapesos aéreos deben estar finalizados, en caso contrario demandaran tiempos de stand by que impactara en costos adicionales de instalación de la grúa torre de alto tonelaje, del mismo modo tampoco debemos dilatar el tiempo de inicio de ejecución de la instalación de la grúa torre de alto tonelaje debido a que se marcaran tiempo de atraso en la construcción del proyecto por no contar a tiempo con la grúa torre de alto tonelaje impactando en costos adicionales por retrasos de producción, finalmente este tiempo 20 días de ejecución que demando la instalación de la grúa torre de alto tonelaje en este proyecto servirá de referencia para otros proyectos y puedan ser mejorado de acuerdo a las restricciones que se pudieran encontrar.

5. Actividad de certificación y operatividad de grúa torre.

Para el desarrollo de esta actividad se debe tener en cuenta la finalización de las pruebas y calibraciones de la grúa torre de alto tonelaje para la certificación por una certificadora de prestigio o inscritos en Inacal, las coordinaciones deben estar correctamente programados debido a cualquier demanda de tiempo adicional, impactara en retraso para la operación de la grúa torre de alto tonelaje y la disposición de uso del equipo por parte del proyecto, en este caso demando un tiempo de 2 días para el inicio de operaciones de la grúa torre de alto tonelaje.

6. Actividad de desarmado y desmontaje de componentes.

Para desarrollar esta actividad se tuvieron en cuenta las coordinaciones previas y un cronograma de llegada de unidades transporte para iniciar desde el primer día del desmontaje y desarmado de componentes de la grúa torre de alto tonelaje e inmediatamente el carguío de las partes desmontadas a las unidades de transporte programadas de acuerdo a la secuencia de desmontaje, esto permitió que el tiempo de ejecución diera a lugar de 20 días considerando las restricciones e interferencias por la disponibilidad del área de almacenamiento temporal.

7. Actividad de transporte y desmovilización de estructuras.

Finalmente, para el tiempo de ejecución de la actividad de transporte y desmovilización que se ejecutó en paralelo al desmontaje y desarmado de acuerdo a la secuencia y cronograma, se tuvo un tiempo de ejecución de 10 días correspondiente hasta la última salida de unidad de transporte del proyecto, no se considero tiempo de llegada a los almacenes de la empresa.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

4.1 Discusión.

Para esta discusión de resultados se toma como referencia la planificación, ejecución y control de etapas de donde se obtiene el significado de los resultados obtenidos y la relación de estos hallazgos conforme se producían cada una de estas actividades:

- En la actividad 3.1.1 de movilización de las estructuras de la grúa torre de alto tonelaje tenemos una ejecución maximizada con una cantidad de unidades de transporte por sobre lo esperado, sin embargo, esta movilización sería por primera y única vez, esto debido a que los componentes se encontraban en su totalidad desarmados y tuvieron que ser dirigidos desde puerto Callao hasta el punto de operación de la Obra y por las restricciones in situ, no fue posible mejorar u optimizar el proceso de movilización, sin embargo sirvió de referencia para un replanteo de proceso de transporte.
- Para la actividad 3.1.2 sobre los cálculos y desarrollo de los bloques de fundación, se pudo lograr una optimización de recursos de fabricación como la cuantía de acero y volumen de concreto debido a que se optó por considerar solo los datos de utilización u operación de la grúa torre de alto tonelaje y cuya variación a la configuración de autonomía máxima fue la de reducción de la altura bajo gancho, para este proyecto se utilizó 60.5m bajo gancho que significó montar dos estructuras menos de mástil. En esta parte se tiene en claro que se tiene una variable dependiente del estudio geotécnico y las restricciones de terreno, por ejemplo para nuestro caso en este proyecto se tuvo que hacer un mejoramiento de terreno en la posición de las zapatas de fundación debido a las interferencias por tuberías lo cual encareció esta actividad, pero sin embargo en el costo total neto es factible descartarlo para realizar un comparativo en cuanto a una posible reubicación en el mismo proyecto, esto nos permitiría sustituir equipos similares en distintos radios de trabajo.

- Los resultados obtenidos de la actividad en el punto 3.1.3 del desarrollo de lastres de piso y contrapesos aéreos fabricados de concreto, acero e insertos, se pudo optimizar la cantidad de recursos de utilización de lastres y contrapesos de acuerdo a la configuración de operación y/o utilización de la grúa torre de alto tonelaje, como se sabe la grúa de alto tonelaje posee distintas configuraciones adaptables a cualquier proyecto lo que significa una variedad de fabricación de lastres y contrapesos que significarían obtener un sobre costo elevado de fabricación si la toma de decisión fuera construir la totalidad como inicialmente se optó en este proyecto, sin embargo mediante la reunión de jefatura de mando se determinó que la grúa torre de alto tonelaje operaría bajo una sola configuración por lo que se determinó que para el proyecto solo es necesario la construcción de una cantidad determinada de lastres de piso y contrapesos, sin incurrir en sobre costos adicionales por fabricación. En este punto debemos tener en cuenta que cada proyecto futuro podría utilizar una configuración distinta de operación de la grúa torre de alto tonelaje que determinará usar una cantidad de lastres de piso y contrapesos que podría significar usar una cantidad menor a la fabricada o requerir fabricar una cantidad adicional, esto debido a que los lastres y/o contrapesos son fabricados de concreto para ser reutilizados en otros proyectos de acuerdo a su estado físico.
- En la ejecución de la actividad 3.1.4 para el armado y montaje de componentes de la grúa torre de alto tonelaje, se determinó utilizar una grúa celosía de 400t con una altura de alcance de 96m que en teoría nos daría un mejor tiempo de ejecución vs un costo considerable debido a que podría montarse las estructuras del mástil en conjunto de dos, así también podría aprovecharse su alcance para el montaje de los componentes pesados como la contraflecha, montar en conjunto armado la cabina, tornamesa y portaflecha, montar los tramos I y II de flecha bajo un menor porcentaje de carga de acuerdo al análisis del rigging plan ejecutado.

- En la actividad 3.1.5 para la certificación y operatividad de la grúa torre de alto tonelaje rige una normativa internacional que no va a diferir en cuanto a la evaluación y/o requisitos que emplea la norma y su variación en el costo no es muy significativo dependiendo de la ubicación del proyecto en donde se pondrá en operación la grúa torre de alto tonelaje.
- Para la ejecución de la actividad 3.1.6 desmontaje y desarmado de la grúa torre de alto tonelaje se determinó que finalmente no era necesario retener un mayor tiempo la grúa celosía de 400t en el proyecto para utilizarlo como equipo auxiliar, esto debido a que se contaba con la jaula de telescopaje para disminuir en su mínima expresión la grúa torre para analizar su desmontaje y desarmado con otras grúas que permanecerían en el proyecto, es por esto que se procedió a analizar los rigging plan con distintas grúas telescópicas que se encontraban en el proyecto (150t, 200t y 220t), analizando los porcentajes de carga se determinó la utilización como equipo auxiliar la grúa telescópica de 220t, esto también significaría proceder con desmontar componentes independientes y reubicando la grúa hasta en dos puntos por lo que debería emplearse un tiempo mayor para la actividad de desmontaje, sin embargo en el análisis de costo beneficio se obtuvo un menor costo muy significativo en comparación con la actividad de montaje siendo entre ambas actividades de montaje y desmontaje procesos inversos y de igual magnitud. Finalmente siendo el equipo auxiliar de desmontaje una grúa telescópica propia de la empresa, la grúa torre de alto tonelaje fue puesta en operación en dos proyectos adicionales en las cuales tanto la grúa torre de alto tonelaje y la grúa telescópica de 220t tuvieron que ser asignados para la puesta en operación.
- Finalmente, para la actividad 3.1.7 desmovilización de los componentes de la grúa torre de alto tonelaje se ejecutó un análisis que nos permitiría reducir la capacidad de almacenamiento temporal empleando el desmontaje de la actividad 3.1.6 directamente a las unidades de

transporte asignadas para lo cual se desarrollo un cronograma de carguío conforme se desmontaba de forma secuencial y llegaban las unidades de transporte al punto de operaciones, con este plan se obtuvo una reducción de unidades de transporte en comparación con la actividad 3.1.1 de la movilización de estructuras por lo que se tuvo un menor costo beneficio no solo por la cantidad de transporte reducida, sino también por la reducción o utilización mínima de recursos auxiliares como horas máquinas (HM) y horas hombre (HH). Posterior a este plan y análisis, se trasladó a un procedimiento de transporte y que se replico en otros proyectos donde se puso en operación la grúa torre de alto tonelaje.

4.2 Conclusiones.

Como se mencionó en los objetivos del presente trabajo, el estudio se desarrolló según los objetivos específicos planeados. Por lo tanto, según los resultados obtenidos por cada actividad se concluye lo siguiente:

- Durante el proceso de desmovilización de estructuras se optimizó la cantidad de unidades de transporte en comparación con la movilización de los componentes totalmente desarmados obteniendo un ahorro de USD\$6,000.00, así también se puso se desarrollo el plan de desarmado secuencial para aplicar el carguío directo a las unidades de transporte minimizando el tiempo de almacenamiento temporal y la utilización de equipos auxiliares y mano de obra directa adicionales, minimizando el impacto de sobrecostos y tiempo de ejecución que duro 10 días, cabe mencionar que durante el desarmado se mantuvo componentes preensamblados para optimizar la cantidad de unidades de transporte. Para esta etapa de transporte por movilización y/o desmovilización se dejó establecido el procedimiento escrito de carguío y transporte para optimizar recursos durante el montaje o desmontaje, según aplique.
- En el liderazgo para la elaboración del diseño y construcción de la cimentación o bloques de fundación en conjunto con el área civil y oficina técnica se obtuvieron resultados óptimos en el costo total de excavación

y fabricación por USD\$33,748.42, se define este costo como optimo debido a que los parámetros utilizados para la elaboración del diseño estructural fueron los correctos en base a la configuración y peso total de la grúa torre que se utilizó para las operaciones y no se consideró la configuración máxima de la grúa torre debido a que no se utilizaría y que además los parámetros de diseño de incrementarían así como los costos de fabricación, adicional el tiempo optimizado para este proceso duro 22 días.

- En la determinación para la fabricación de los lastres de piso, se concluyó que solo es necesario enviar a producir la cantidad necesaria para la configuración de operación de la grúa torre, obteniendo un costo total para los lastres de piso de USD\$24,086.80 y un costo total de USD\$17,165.99 para la fabricación de contrapesos aéreos, de esta forma optimizamos una mejor gestión de los recursos en función a la configuración de operación de la grúa torre de alto tonelaje, así también se optimizo el tiempo de construcción realizándolo en paralelo con los bloques de fundación llegando a ser de 13 días.
- Por último, se concluye que con el uso de una grúa auxiliar de mayor tonelaje y alcance para el armado y montaje con un costo total de USD\$239,333.20 pudo ser optimizado mediante un análisis comparativo de rigging plan utilizando una grúa auxiliar de menor capacidad, pero de alcance optimo durante el proceso de desarmado y desmontaje que consiste en un proceso inverso y cuyo costo total de USD\$69,978.12, adicional, se ha podido observar que los tiempos de ejecución entre ambas actividades de armados y desarmado no tuvieron variación considerable tomando un tiempo de ejecución de 20 días por cada actividad siendo entre ambas procesos inversos.

V. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar el procedimiento escrito del armado y montaje con grúas propias de la empresa y de esta forma no depender de otro tipo de equipos para el montaje/desmontaje de la grúa torre de alto tonelaje Liebherr 1000EC-H40 y optimizar los recursos de capacidad instalada.
- Se recomienda buscar financiamiento para investigar sobre el diseño de grúas torre de alto tonelaje y autónomas para las dimensiones similares a la grúa torre Liebherr 1000EC-H40, ya que se observa en la demanda interna de los distintos sectores de construcción de contar con una grúa torre de gran capacidad y alcance, con los costos reducidos por instalaciones auxiliares como los sistemas de arriostriamiento.
- Las grúas torre constituyen hoy en día una poderosa herramienta de trabajo en la industria de la construcción, en obras de mediana y gran altura, así como también en cualquier otra actividad en cualquier punto del país donde se puedan utilizar una grúa de alto tonelaje, por lo que bajo esta premisa se recomienda a otros sectores y especialidades que se pueden diseñar y fabricar plataformas de transporte acorde a las dimensiones de las estructuras del mástil, flecha y contraflecha de la grúa torre de alto tonelaje, así como también soportes para abarcar mayor capacidad de estructuras dentro de los tramos de mástil.
- El alto costo de riesgos de accidentes graves y elevado impacto en la productividad de una obra donde se utiliza una grúa torre de alto tonelaje como la Liebherr 1000EC-H40 obligan a cumplir estrictamente las medidas de seguridad que se recomiendan en todas las etapas (traslado, montaje, operación, desmontaje y desmovilización) por lo que se recomienda utilizar la tecnología adecuada en todos estos procesos y actividades para la puesta en operación.
- La innovación es un proceso al que no están ajenas las grúas torre de alto

tonelaje como la Liebherr 1000EC-H40. A todo momento se trabaja en hallar la mejor solución para cada necesidad, ya sea con nuevas versiones, modelos o innovando los ya existentes, utilizando materiales nuevos o con nuevos componentes, aplicando la más alta tecnología disponible en el mercado, por ello que se recomienda realizar proyecto de investigación similares con alta tecnología, replanteo de procesos y con costos reducidos.

- Se recomienda tomar este informe de experiencia profesional como base para el desarrollo de innovaciones similares o afines en la utilización de grúas torre de alto tonelaje u otros equipos de características similares a la grúa torre Liebherr 1000EC-H40.
- Se recomienda la creación del ministerio de ciencia y tecnología para investigar temas afines sobre todo lo concerniente a grúas torre de alto tonelaje.

¿Qué sucedería si la grúa torre Liebherr 1000EC-H40 fuera requerida de ser instalada en un proyecto de difícil acceso como la selva, cerro de pasco o cerca a la orilla del mar?

De acuerdo a las condiciones presentadas, se recomiendan los siguientes puntos:

Selección: el proceso de selección del tipo de grúa torre, que se utilizará en un determinado proyecto, debe llevarse a cabo en forma responsable por un equipo que maneje información adecuada sobre las distintas posibilidades. La decisión final debe corresponder a aquella grúa torre, que mejor se adapte a las necesidades en cuanto a capacidad de levante, alcance, altura y ubicación de la obra, y que ante todo represente una buena inversión.

Transporte: respecto al transporte se debe realizar un recorrido previo para las limitaciones municipales y restricciones en vías, puentes y otros accesos.

Cimentación: en lo que concierne al diseño de la cimentación de este tipo de maquinaria no se encuentran ni referencias, ni limitaciones de diseño, más allá de cumplir los mínimos requisitos que se le podrían exigir cualquier tipo de cimiento, como son los de no superar la tensión admisible del terreno y cumplir la normativa de hormigón en vigor. Al respecto debemos recordar que el usuario de la grúa torre es el único responsable del correcto diseño y ejecución de la cimentación del equipo, es decir, de la correcta definición del cimiento y de la idoneidad del suelo situado bajo este para soportar las cargas transmitidas por la grúa. De acuerdo con la norma E0.50 suelos y cimentaciones, debemos realizar un estudio geotécnico, el cual nos brindara información de tipo de suelo y considerar lo siguiente:

- Asentamientos.
- Profundidad de cimentación.
- Cimentación sobre rellenos.
- Cimentaciones superficiales en taludes.
- Cimentación por pilotes.
- Cimentación por pilares.
- Cajones de cimentación.
- Suelos colapsables.
- Ataque químico a las cimentaciones.
- Suelos expansivos.
- Licuación de suelos.

Montaje: El personal que trabaja directamente con la grúa torre, tanto en la instalación, mantención y operación, deben ser personas especialmente calificadas y capacitados para las condiciones de trabajo que se suscitaran durante las operaciones.

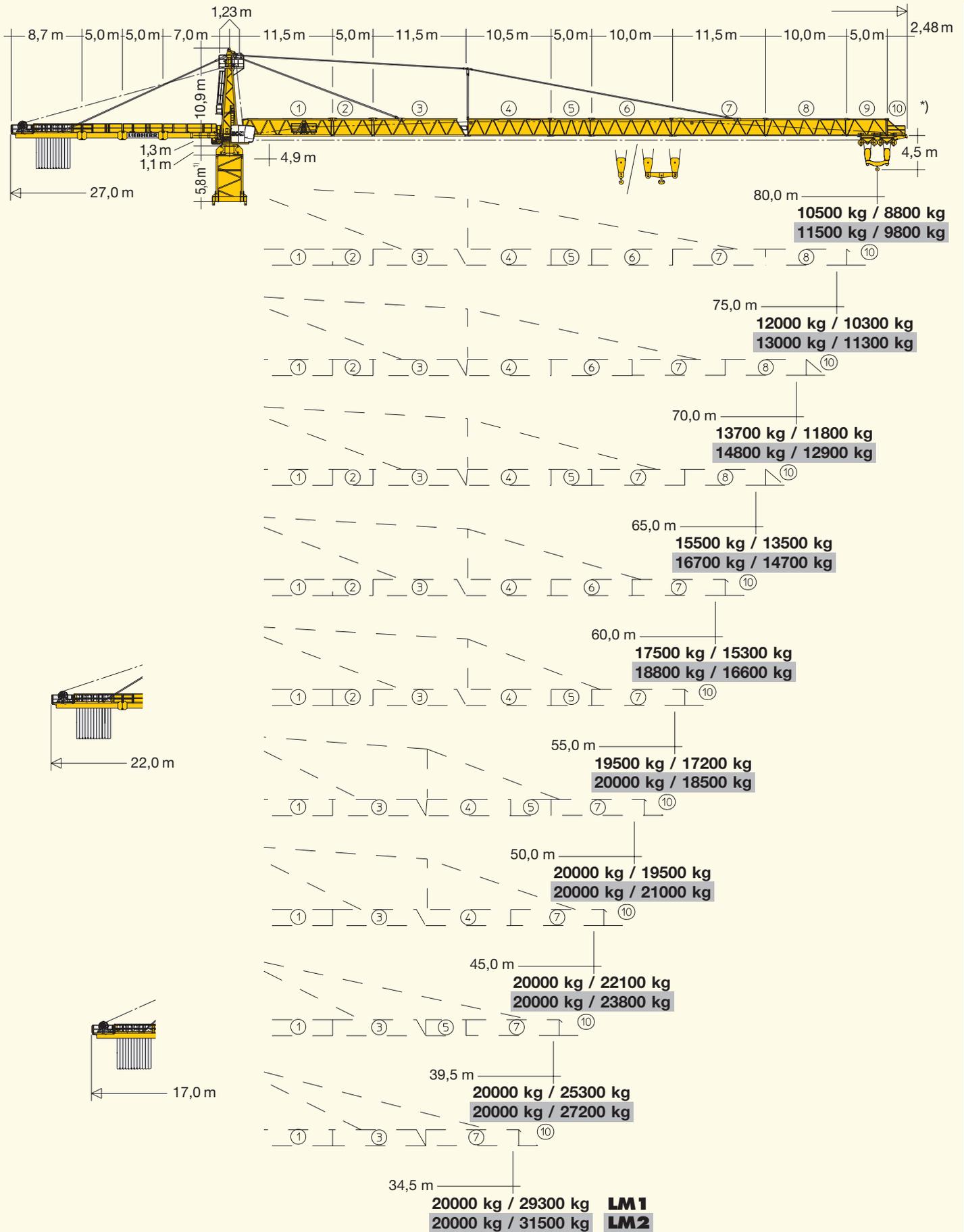
VI. BIBLIOGRAFIA.

- B1: Sección de Documentación Técnica LBC (lbcbcd1-LBCAdmins). Edición: 2014-07-01. manual original del conductor - manual grúa torre Liebherr 1000 EC-H 40 Tn 2014.
- B2: Liebherr-Werk Biberach GmbH. Manual de instrucciones Torre de montaje para torre 1000 HC. Manual de sistema telescopaje Liebherr 1000ECH v2.
- B3: Liebherr-Werk Biberach GmbH. Ficha técnica para torre 1000 HC 40 Litronic. Ficha Técnica Liebherr 1000EC-H40.
- B4: Cartes Cossío, Mariela Edith, 2004. grúas torre. Tesis para optar al título de: Constructor Civil. VALDIVIA-CHILE. Universidad Austral de Chile.
- B5: Alfaro Félix, Omar; Altamirano Villegas, Víctor; Félix Guerrero, Mónica. 2009. Uso de grúas torre en edificaciones. PROYECTO DE DIPLOMADO. Lima-Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- B6: Ney Mauricio Ochoa Barros. Diseño de una torre grúa para la construcción del edificio portal del ejido en la ciudad de cuenca. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico. Cuenca-Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana.
- B7: N°058-2003-MTC Decreto Supremo [Ley N.º 27181]. Reglamento Nacional de Vehículos. Diario Oficial el peruano.
- B8: Ellioth M. Tarazona Alvarez. 2018. Clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares Estandarización de Asociación Automotriz del Perú (AAP).
- B9: N°058-2003-MTC Decreto Supremo [Ley N.º 27181]. Reglamento Nacional de Vehículos. extracto de pesos y medidas Diario Oficial el peruano. Vehículos pesos y medidas máximas permitidas MTC. publicación en el Diario Oficial El Peruano.
- B10: N° 406-2018-VIVIENDA, RESOLUCIÓN MINISTERIAL. 2018. Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones; Norma técnica de edificación E.020 – “Cargas”. publicación en el Diario Oficial El Peruano.

- B11: N° 003-2016-vivienda, decreto supremo. 2016. Decreto supremo que modifica la norma técnica e.030 “diseño sismorresistente”. Del reglamento nacional de edificaciones. Aprobada por decreto supremo N° 011-2006-vivienda, publicación en el Diario Oficial El Peruano.
- B12: N° 010-2014-VIVIENDA Decreto Supremo. 2018. Modificación de la Norma Técnica E.050 S”uelos y cimentaciones” del Reglamento Nacional de Edificaciones. publicación en el Diario Oficial El Peruano.
- B13: N° 010-2009 - VIVIENDA Decreto Supremo. 2009. Decreto supremo que modifica la norma técnica e.060 “concreto armado” del Reglamento Nacional de Edificaciones. publicación en el Diario Oficial El Peruano.
- B14: Carlos Aguirre Ahumada. AISC 2010. Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero. Santiago de Chile. Asociación Latinoamericana del Acero. 238 páginas.
- B15: Preparado por el Comité ACI 318. ACI 2014. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14). Es propiedad © 2014, American Concrete Institute. 592 páginas.
- B16: Daniel Torrealva Dávila. 2012. foro: evaluación de la vulnerabilidad y medidas de prevención ante riesgo sísmico y tsunami. 8 páginas.
- B17: César Rodolfo Bocanegra Malca. 17 de junio de 2005. desarrollo de un software para el diseño de zapatas rectangulares por flexión biaxial. tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de Piura.
- B18: Jorge E. Alva hurtado. S/f. Diseño de cimentaciones. Conceptos teóricos y aplicaciones prácticas. Sección post grado. Universidad Nacional de Ingeniería.
- B19: William Rodríguez Serquén. S/S. “diseño de zapatas aisladas”.
- B20: EN14439:2009/FEM1.005-C25. 2014. Manual de Datos Estáticos Grúa Torre Liebherr 1000 EC-H40.
- B21: Grupo Vivargo. S/F. Ficha Técnica de Grúa Manitowoc 16000.
- B22: Liebherr-Werk Biberach GmbH. S/F. “Ficha Técnica de Grúa Telescópica Liebherr”.
- B23: ASME-B30-3-2004. 15 de noviembre de 2004. Revisión de ASME B30.3-1990.” Grúas torre para construcción”. 50 páginas.

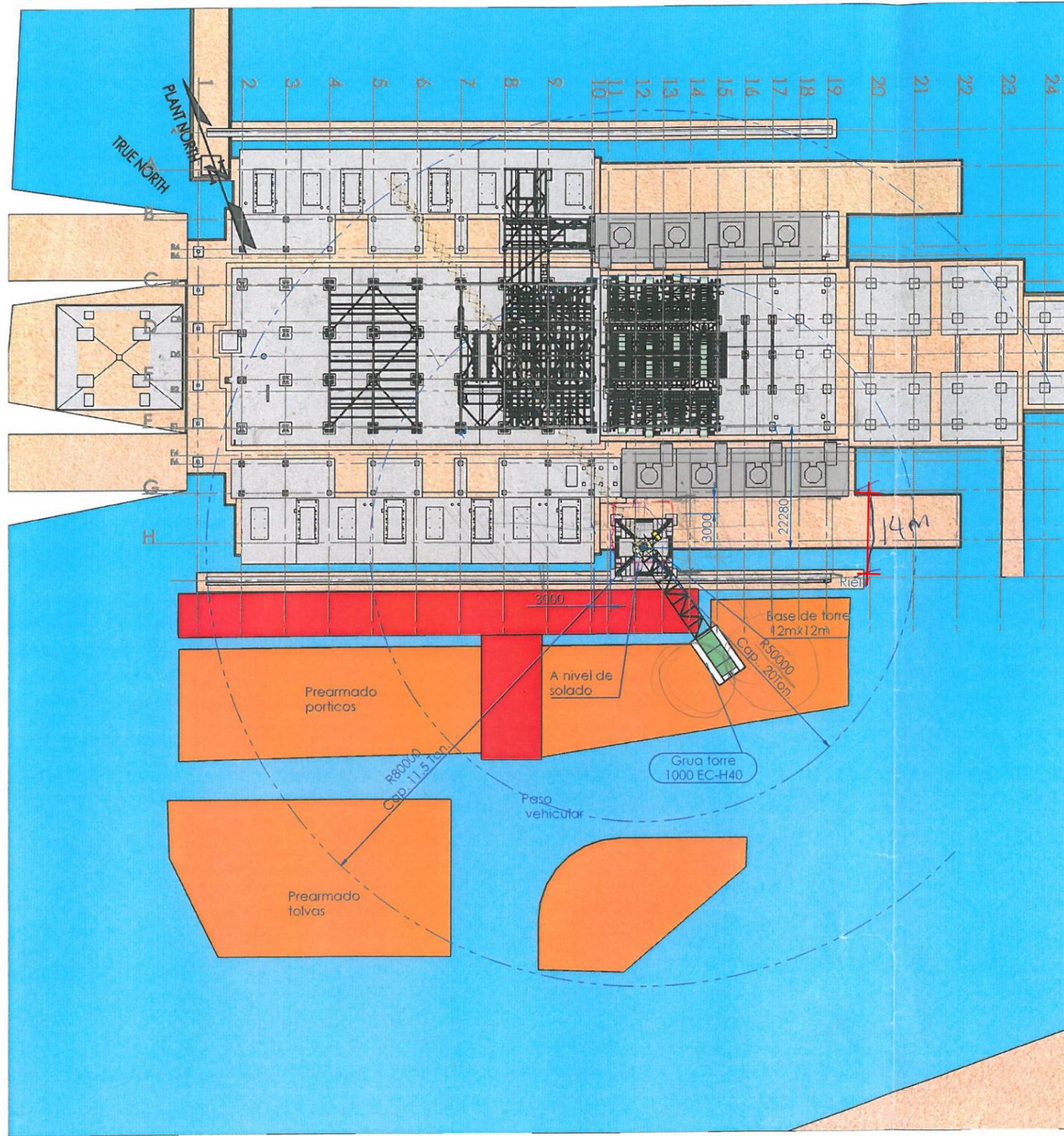
ANEXOS

- Anexo 1 - Plano Ubicación K161-C2-3230-15S-A027.
- Anexo 2 - Ficha configuración flecha 1000EC-H40.
- Anexo 3 - Cálculo de presión admisible (AUSENCO).
- Anexo 4 - Esquema inicial de excavación.
- Anexo 5 - Mejoramiento de esquema de excavación.
- Anexo 6 - Plano vista de planta mejoramiento de terreno.
- Anexo 7 - Plano1 CET0323.03-GE-PL-S-0001.
- Anexo 8 - Plano2 K161-C2-1000 EC-H 40-REV-0B.
- Anexo 9 - Plano3 K161-C2-C075 001-718-310-411.
- Anexo 10 - Plano4 K161-C2-C075.001-718-310-412.
- Anexo 11 - Plano5 K161-C2-C075 001-718-310-411.
- Anexo 12 - Plano6 Montaje de Flecha I - K161-C2-3230-15S-R059.
- Anexo 13 - Plano7 Montaje de Flecha II - K161-C2-3230-15S-R080.
- Anexo 14 - Plano8 - Desmontaje de tornamesa - K161-C2-3230-15S-R080.
- Anexo 15 - Plano9 Volteo de tramo de torre grúa - K161-C2-3230-15S-R069.
- Anexo 16 - Plano10 Desmontaje Pluma Sección I K161-C2-3230-15S-R173.
- Anexo 17 - Plano11 Desmontaje Pluma II y Contraflecha K161-C2-3230-15S-R172.
- Anexo 18 - Plano12 Montaje de tornamesa.
- Anexo 19 - Diseño de cajuela para izaje.
- Anexo 20 - Plano de Insertos fabricacion-5.6 ton - INS.7.1Y7.2.
- Anexo 21 - Plano de Insertos fabricacion-5.6 ton - INS.8-9-10 y 11.
- Anexo 22 - Plano de Insertos fabricacion-10 ton - INS.8 y 9.
- Anexo 23 - Plano de Insertos fabricacion-10 ton - INS.8 y 9.
- Anexo 24 - Plano de Insertos fabricacion-10 ton - INS.9 y 10.
- Anexo 25 - Plano de Insertos fabricacion-10 ton - INS.9 y 10.

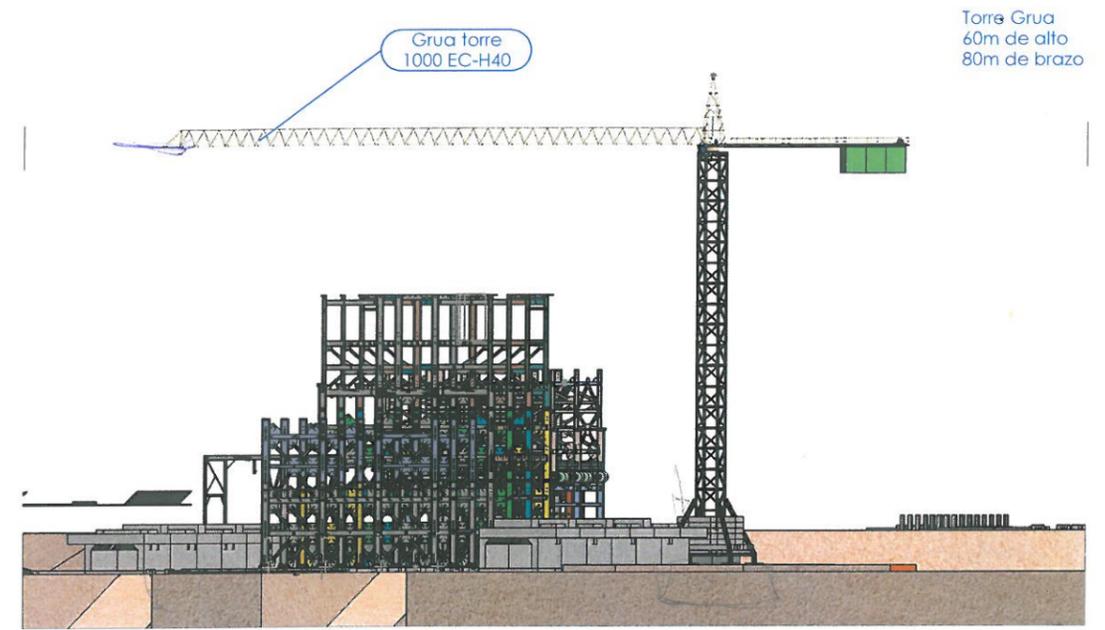


¹⁾ **Turmstück oder Kletterturmstück.** / Tower section or climbing tower section. / Élément de mât ou élément de mât télescopable. / Elemento torre oppure elemento torre telescopabile. / Tramo torre o tramo torre trepable. / Segmento de torre ou segmento de torre para ascensão. / Башенная секция или секция наращивания.

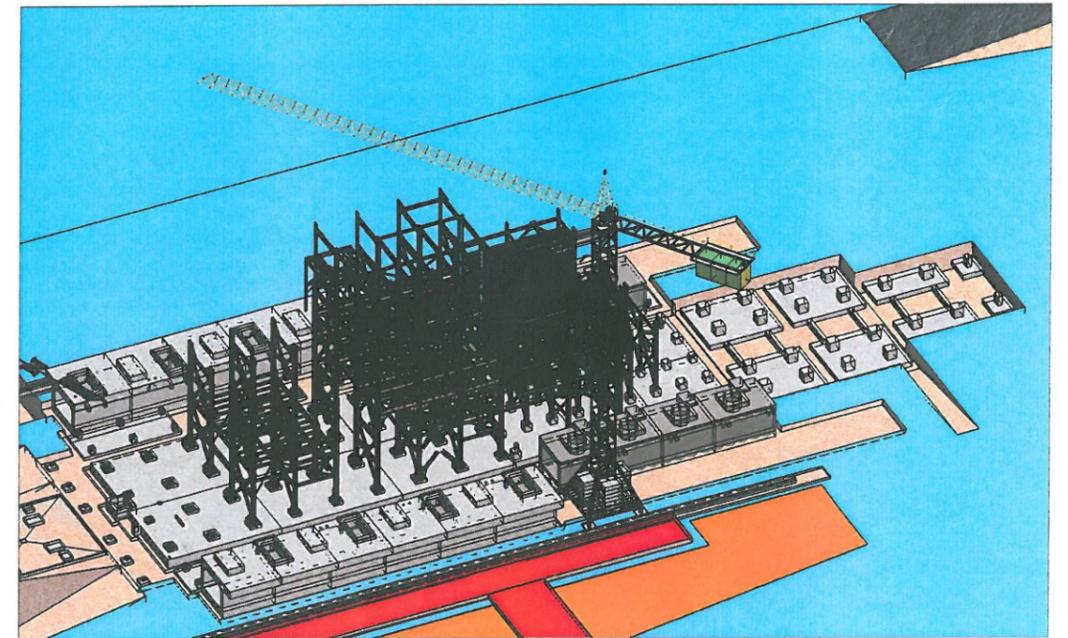
²⁾ **Weitere Auslegerlängen auf Anfrage.** / Other jib lengths available to order. / Autres longueurs de flèche sur demande. / Altre lunghezze braccio su richiesta. / Otras longitudes de pluma a petición. / Possibilidade de fornecimento de outros alcances a pedido. / Другие длины стрелы – по запросу.



PLANTA



VISTA LATERAL



VISTA ISOMETRICA

COD. DE PERMISO DE IZAJE CRITICO:
 COD. DE HOJA VERDE:
 COD. DE DISEÑO:
 TIPO:
 IZAJE CRITICO:

REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REFERENCE DRAWING No.	REFERENCE DRAWINGS
A	—	ISSUED FOR SQUAD CHECK	A.C. R.A.	JG JV							
B	—	ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED									

sociedad minera cerro verde s.a.a.
AREQUIBA - PERU
CERRO VERDE PRODUCTION UNIT EXPANSION

DESIGNED BY: R. AJALLA
CHECK DESIGN: C. CASTILLO
LEAD ENGINEER: J. GUTIERREZ
AREA MANAGER: J. VILLAR
ENG. MANAGER: N/A
CLIENT: N/A

DRAWN BY: A. CHIPA
CHECK DRAWING: A. MONTALICO
APPROVAL DATE: 15 SETIEMBRE
APPROVAL DATE: 15 SETIEMBRE
APPROVAL DATE: N/A
APPROVAL DATE: N/A

TERTIARY CRUSHING BUILDING
UBICACION DE GRUA TORRE

CONFIDENCIAL!
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL MISMO PROHIBIDA SU COPIA, SU REPRODUCCION O SU USO EN LA PRODUCCION DE INFORMACION SIN EL CONSENTIMIENTO PREVIO DE LOS PROYECTOS.

COSAPI
INGENIERIA Y CONSTRUCCION

ESCALE: Indicada
DRAWING NUMBER: K161-C2-3230-15S-A027

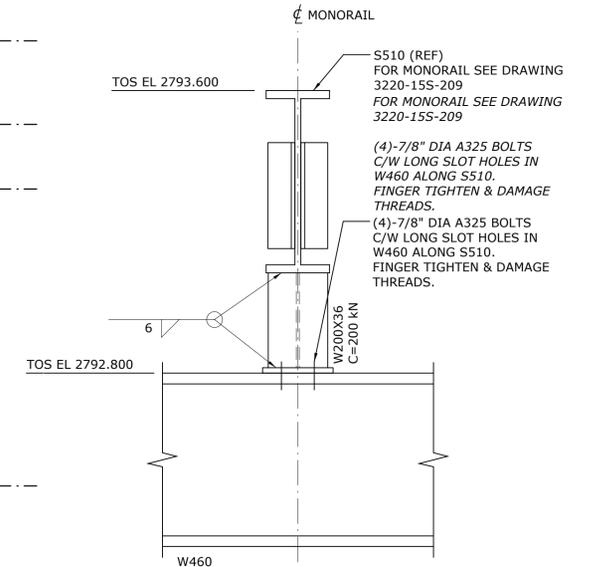
REV. D

NOTES:

- FOR NOTES SEE DWG. 3230-155-101 & 3230-155-150
- UNLESS NOTED OTHERWISE ON ELEVATION, FACTORED CONNECTION FORCES OF VERTICAL BRACING ARE AS FOLLOWS FOR ELEVATION 10
W360x287: C = 10000 kN; T = 9500kN
W360x216: C = 8000 kN; T = 5300kN
W360x196: C = 8000 kN; T = 4800kN
L102X102X12.7: T/C = 500kN.

NOTES:

- FOR NOTES SEE DWG. 3230-155-101 & 3230-155-150.
- UNLESS NOTED OTHERWISE ON ELEVATION, FACTORED CONNECTION FORCES OF VERTICAL BRACING ARE AS FOLLOWS FOR ELEVATION 10
W360x287: C = 10000 kN; T = 9500kN
W360x216: C = 8000 kN; T = 5300kN
W360x196: C = 8000 kN; T = 4800kN
L102X102X12.7: T/C = 500kN.



DETAIL

SCALE 1:10

3 3
3220-155-209

ELEVATION @ LINE 10

LOOKING WEST

ELEVATION @ LINE 10

LOOKING WEST

WBI: 323010AAC1

ENGLISH LANGUAGE SHALL GOVERN.
LA LENGUA INGLESA TENDRA PRECEDENCIA

REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REFERENCE DRAWING No.	REFERENCE DRAWINGS
A	18OCT12	ISSUED FOR SQUAD CHECK ISSUED FOR SQUAD CHECK	ET	PH							
B	.....	ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED									
C	04JAN13	ISSUED FOR FABRICATOR'S INFORMATION ISSUED FOR FABRICATOR'S INFORMATION	ET	RML							
0	30JAN13	ISSUED FOR CONSTRUCTION ISSUED FOR CONSTRUCTION	ET	PH							
1	21JUN13	IFC - STEEL ADDED IFC - STEEL ADDED	ET	PH							
2	18DEC13	ISSUED FOR CONSTRUCTION - REVISED AS NOTED	ET	PH							

sociedad minera cerro verde s.a.a
AREQUIPA - PERU

Cerro Verde CERRO VERDE PRODUCTION UNIT EXPANSION

FLUOR

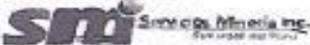
NOTICE: THIS DRAWING HAS NOT BEEN PUBLISHED AND IS THE SOLE PROPERTY OF FLUOR AND IS LENT TO THE BORROWER FOR THEIR CONFIDENTIAL USE ONLY, AND IN CONSIDERATION OF THE LOAN OF THIS DRAWING, THE BORROWER PROMISES AND AGREES TO RETURN IT UPON REQUEST AND AGREES THAT IT WILL NOT BE REPRODUCED, COPIED LENT OR OTHERWISE DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY, NOR USED FOR ANY OTHER PURPOSE OTHER THAN WHICH IT IS FURNISHED.

DESIGNED BY E. THOMSON	DRAWN BY A. FANG	SECONDARY AND TERTIARY CRUSHING TERTIARY CRUSHING BUILDING LOWER ELEVATION AT LINE 10 SECONDARY AND TERTIARY CRUSHING TERTIARY CRUSHING BUILDING LOWER ELEVATION AT LINE 10
CHECK DESIGN F. PIRBAZARI	CHECK DRAWING J. PADEREWSKA	
LEAD ENGINEERS/SPECIALIST P. HAAGEN	APPROVAL DATE 30JAN13	
AREA MANAGER R. THORPE	APPROVAL DATE 31JAN13	
ENGINEERING MANAGER A. KING	APPROVAL DATE 31JAN13	
CLIENT N/A	APPROVAL DATE N/A	SCALE 1:125
		DRAWING NUMBER 240K-C2-3230-15S-165
		REV. 2



Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.
Cerro Verde Production Unit Expansion
Project No ASCV

240K-C2-05-002 Site Quality Manual
000 509 F00501
Revision 01, 03 October 2013



REQUEST FOR INFORMATION (RFI)

PROJECT NAME: CSMP	PROJECT # CONTRACT K181	DATE 09/10/2014	RFI # K181-RFI0396 Rev0
WBS (Work Breakdown Structure): 3330	WORK PACKAGE: General	TURNOVER/STARTUP SYSTEM	DISCIPLINE: CIVIL
REQUEST TO (RESPONDENT): Frank Chen	RESPONDENT'S COMPANY/LOCATION: Fluor	PHONE/EMAIL: 3522898477 frank.chen@fluor.com	
SUBJECT: CAPACIDAD PORTANTE EN AREA PARA LAS BASES DE CIMENTACION DE LA GRUA TORRE 1333 EC- H40			
SPECIFICATIONS/DOCUMENTS/DWG'S REFERENCED OR IMPACTED:			
QUESTION/DESCRIPTION OF CONFLICT: Se solicita la capacidad portante del área mostrada en el esquema adjunto, en la cual se ubicarán las bases para la torre grúa 1000 EC-H40.			
ORIGINATOR'S RECOMMENDED SOLUTION:			

ORIGINATOR (Sign)	TITLE	DATE	APPROVED (Sign)	TITLE	DATE
	In-ira Cahasta TECHNICAL OFFICE ENGINEER	09/10/2014		Julio Sufiana TECHNICAL OFFICE HEAD	09/10/2014
ORIGINATOR'S (SUB) CONTRACTOR COMPANY NAME: COSAPI			ORIGINATOR'S (SUB) CONTRACT #:		

REPLY REQUIRED BY:
RESPONSE:

See attached information for soil requirements for the requested area.
Notice that for the requested foundations there are two different types of Soil.
See additional information from Ausenco attached, and data giving as a result a bearing capacity of 3.67 kg/cm²

RESPONDENT (Sign)	TITLE	DATE	APPROVED (Sign)	TITLE	DATE
	E. Lopez	14/10/14		Juan	14/10/14
	F. Gu	10/10/14		Juan	10/10/14

ARE THE QUESTION AND RESPONSE ADEQUATE FOR CLOSURE OF THIS RFI? YES NO

IS THERE A COST IMPACT DUE TO THIS RFI? YES NO

IS THERE A SCHEDULE IMPACT DUE TO THIS RFI? YES NO

IF YES, SITE INSTRUCTION TO BE ISSUED

THE WORK WAS COMPLETED AS NOTED ON THIS CLOSED RFI AND VERIFIED BY DATE:

DISTRIBUTION: S. Chartrand, C. Huoplos

The response to this RFI is NOT an authorization to perform a change to the contract. Work may proceed in accord with the response only if such work involves NO change in cost or schedule. If the response involves change in cost or schedule, a Site Instruction or similar document must be received before the response can be executed. Where no Site Instruction is indicated, action must be taken in accordance with the contractual conditions established in the Contract signed by "Company" and "Contractor"

Based on additional information given by cusapi
see attached new recommendations by Ausenco and new bearing capacity of 3.00 kg/cm² to fit cusapi's requirements
E. Lopez 16/10/14 Juan Juan 16/10/14
Frank



REQUEST FOR INFORMATION (RFI)

PROJECT NAME: CSMP		PROJECT #: CONTRACT K161	DATE 09/10/2014	RFI # K161-RFI-0696 Rev 0
WBS (Work Breakdown Structure): 3200	WORK PACKAGE: General	TURNOVER/STARTUP SYSTEM		DISCIPLINE: CIVIL
REQUEST TO (RESPONDENT): Frank Chen		RESPONDENT'S COMPANY/LOCATION: Fluor		PHONE/EMAIL: 952266647/ frank.chen@fluor.com
SUBJECT: BEARING CAPACITY IN THE AREA FOR FOUNDATION BASES OF TOWER CRANE 1000 EC- H40				
SPECIFICATIONS/DOCUMENTS/DWGS REFERENCED OR IMPACTED:				
QUESTIONS/DESCRIPTION OF CONFLICT: The present is a request for the bearing capacity of the area shown in the attached graphic, in which the tower crane 1000 EC- H40 bases will be placed.				
ORIGINATOR'S RECOMMENDED SOLUTION:				
ORIGINATOR (Sign) 	TITLE Indira Cahuata TECHNICAL OFFICE ENGINEER	DATE 09/10/2014	APPROVED (Sign) 	TITLE Julio Gutierrez TECHNICAL OFFICE HEAD
ORIGINATOR'S (SUB) CONTRACTOR COMPANY NAME: COSAPI			ORIGINATOR'S (SUB) CONTRACT #:	
REPLY REQUIRED BY: RESPONSE:				
RESPONDENT (Sign)	TITLE	DATE	APPROVED (Sign)	TITLE
ARE THE QUESTION AND RESPONSE ADEQUATE FOR CLOSURE OF THIS RFI? <input type="radio"/> YES <input type="radio"/> NO		IS THERE A COST IMPACT DUE TO THIS RFI? <input type="radio"/> YES <input type="radio"/> NO <input type="checkbox"/> IF YES, SITE INSTRUCTION TO BE ISSUED		
IS THERE A SCHEDULE IMPACT DUE TO THIS RFI? <input type="radio"/> YES <input type="radio"/> NO <input type="checkbox"/> IF YES, SITE INSTRUCTION TO BE ISSUED		THE WORK WAS COMPLETED AS NOTED ON THIS CLOSED RFI AND VERIFIED BY DATE:		
DISTRIBUTION:				

The response to this RFI is NOT an authorization to perform a change to the contract. Work may proceed in accord with the response only if such work involves NO change in cost or schedule. If the response involves change in cost or schedule, a Site Instruction or similar document must be received before the response can be executed. Where no Site Instruction is indicated, action must be taken in accordance with the contractual conditions established in the Contract signed by " Company " and " Contractor "



RE: Consulta

Luis Balboa

to:

Edgardo.Lopez@fluor.com

10/10/2014 10:32 a.m.

Cc:

"Eduardo.Indacochea@Fluor.com"

Hide Details

From: Luis Balboa <Luis.Balboa@ausenco.com>

To: "Edgardo.Lopez@fluor.com" <Edgardo.Lopez@fluor.com>,

Cc: "Eduardo.Indacochea@Fluor.com" <Eduardo.Indacochea@Fluor.com>

Default custom expiration date: 10/10/2015

Edgardo,

De acuerdo a las secciones obtenidas de la topografía original del área de fundación para la grúa, se prevé que las fundaciones hacia el norte serán en roca gneis mientras que hacia el sur serán en material de relleno no controlado (tipo I), por lo cual se alcanza los siguientes parámetros geotécnicos de dichos materiales obtenidas en el estudio geotécnico del proyecto (2011, Ausenco) y del estudio del Permanent Warehouse (Memo 07, Ausenco,2013) para el cálculo de la capacidad portante del terreno:

Fundación en Material Tipo I

γ_s	=	18 kN/m ³	Peso unitario del suelo
c	=	0.00 MPa	Cohesión
E_s	=	60 MPa	Modulo de Elasticidad del suelo de fundación
v	=	0.30	Coefficiente de poisson del suelo de fundación
ϕ	=	30°	Angulo de fricción interna del suelo de fundación
	=	0.52 Rad	

Fundación en Roca Gneis :

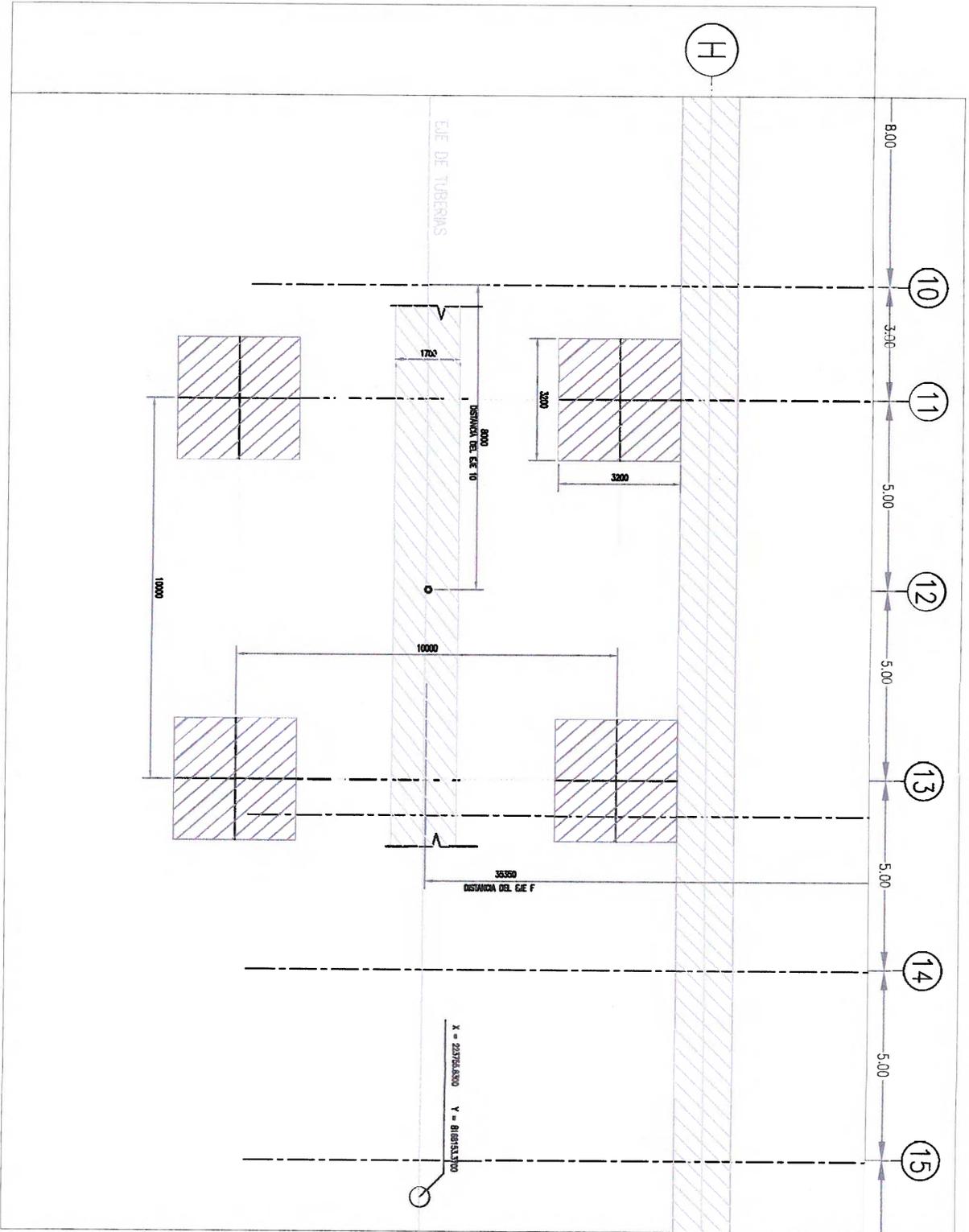
γ_s	=	23 kN/m ³	Peso unitario de la roca
c	=	0.05 MPa	Cohesión
E_s	=	2850 MPa	Módulo de Elasticidad estático de la roca gneis
	=	9500 MPa	Módulo de Elasticidad máximo de la roca gneis.
v	=	0.30	Coefficiente de poisson de la roca de fundación
ϕ	=	43°	Angulo de fricción interna de la roca de fundación
	=	0.74 Rad	

Estaré atento a cualquier consulta.

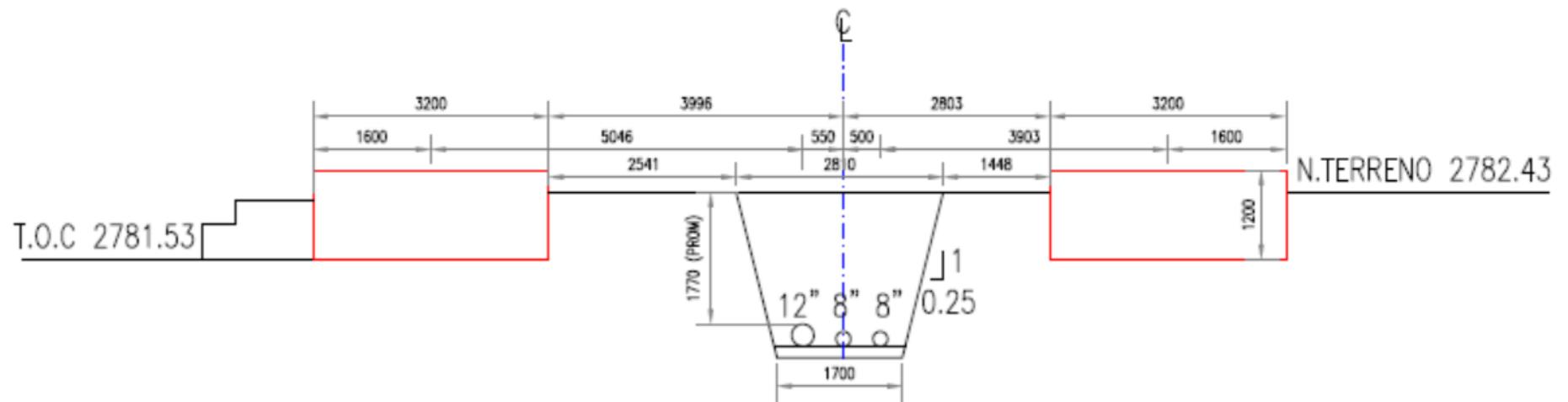
Saludos,

Luis

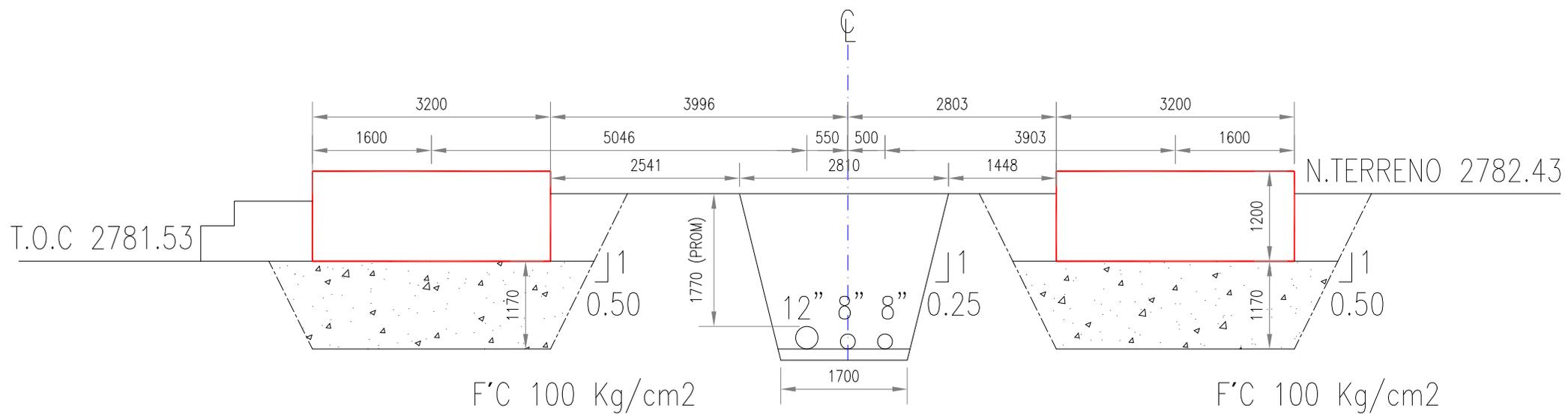
SKETCH DE UBICACIÓN DE BASES DE GRÚA TORRE VS TUBERIAS ENTERRADAS



ESQUEMA DE EXCAVACION

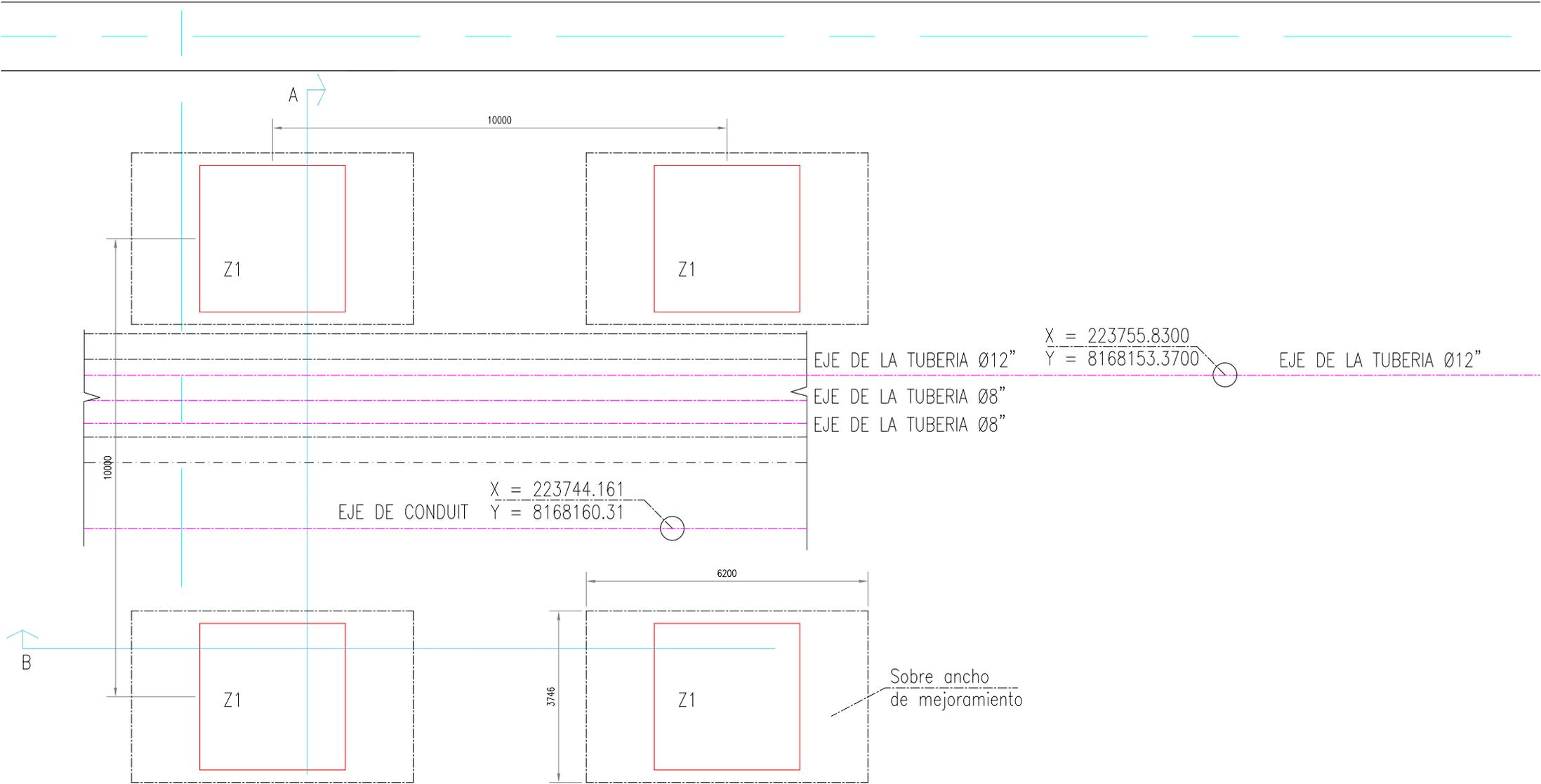


ESQUEMA DE EXCAVACION



10

PLANTA



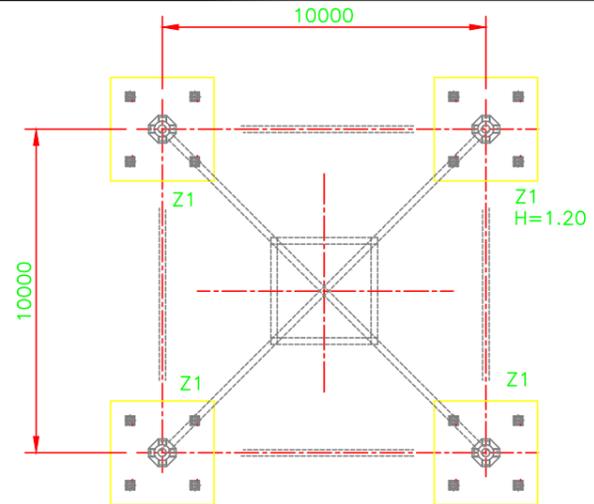
EJE DE LA TUBERIA $\varnothing 12''$
EJE DE LA TUBERIA $\varnothing 8''$
EJE DE LA TUBERIA $\varnothing 8''$

$X = 223755.8300$
 $Y = 8168153.3700$

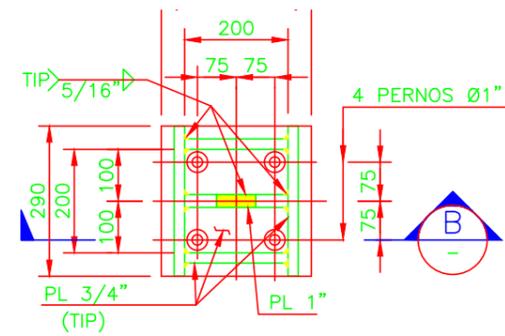
EJE DE LA TUBERIA $\varnothing 12''$

EJE DE CONDUIT $X = 223744.161$
 $Y = 8168160.31$

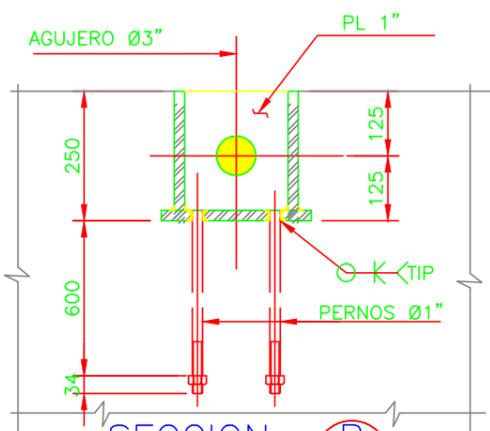
Sobre ancho de mejoramiento



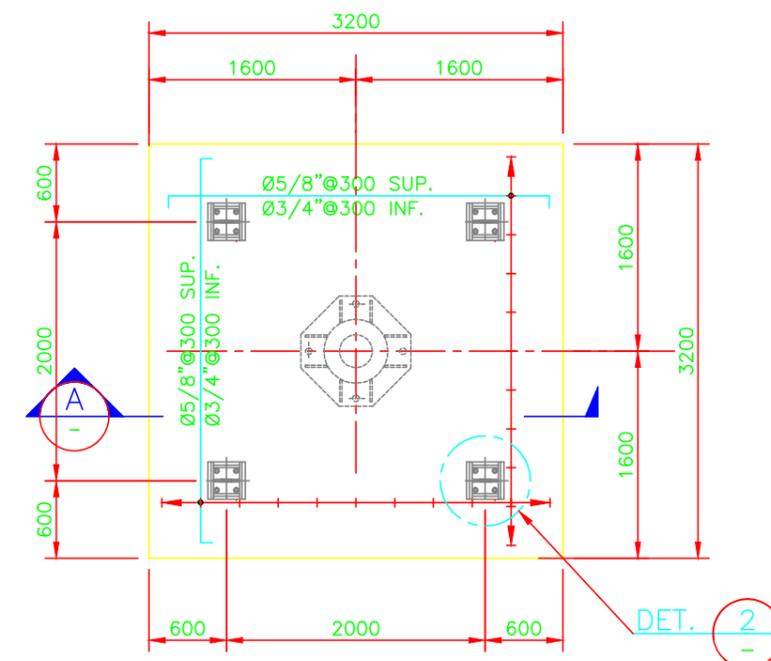
CIMENTACIÓN GRUA
ESCALA 1/200



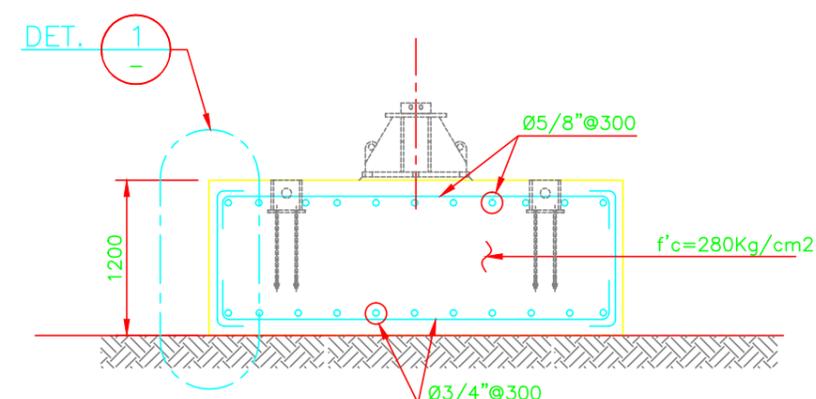
DETALLE 2 IZAJE
ESCALA 1/12.5



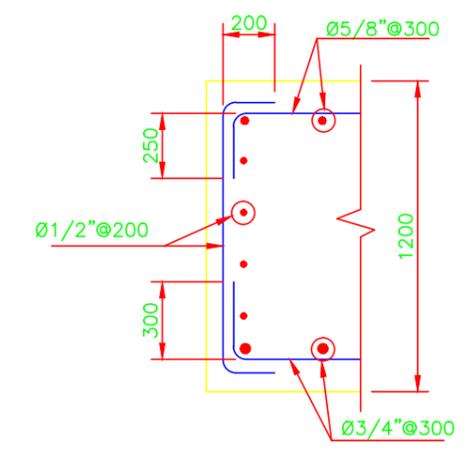
SECCION B
ESCALA 1/12.5



ZAPATA Z1 - PLANTA
ESCALA 1/50

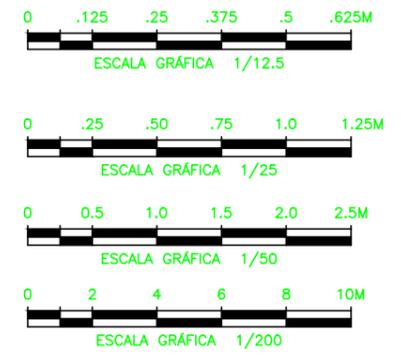


SECCION A
ESCALA 1/50



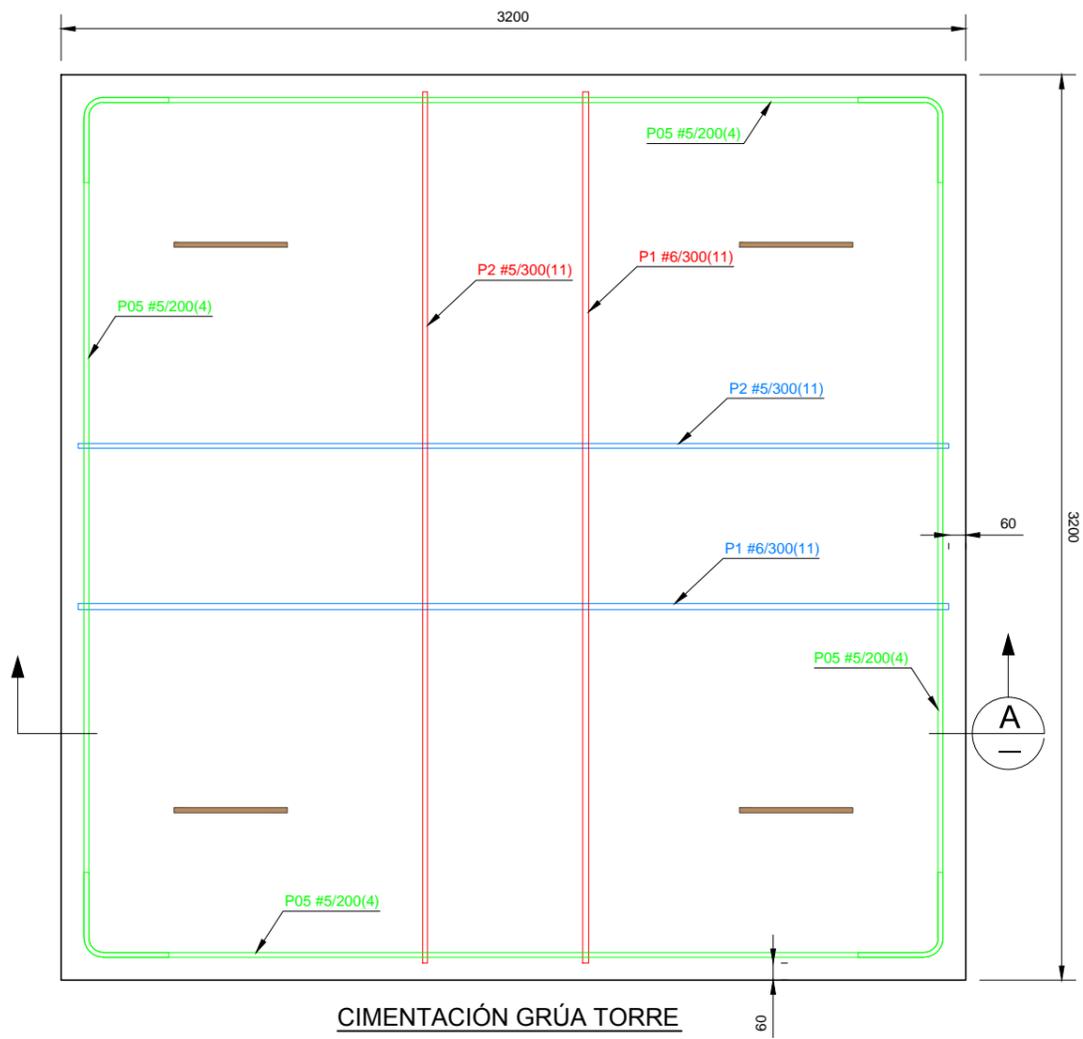
DETALLE 1
ESCALA 1/25

- NOTAS GENERALES:**
- DIMENSIONES EN MILIMETROS.
 - ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO $\sigma_{adm} = 3.92 \text{ Kg/cm}^2$
- CONCRETO ARMADO:**
- CONCRETO ARMADO $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
 - ACERO DE REFUERZO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ ASTM-A-615 GRADO 60
- ACERO ESTRUCTURAL:**
- SOLDADURA: AWS D1.1 E70XX
 - PLANCHAS Y BARRAS: ASTM A36

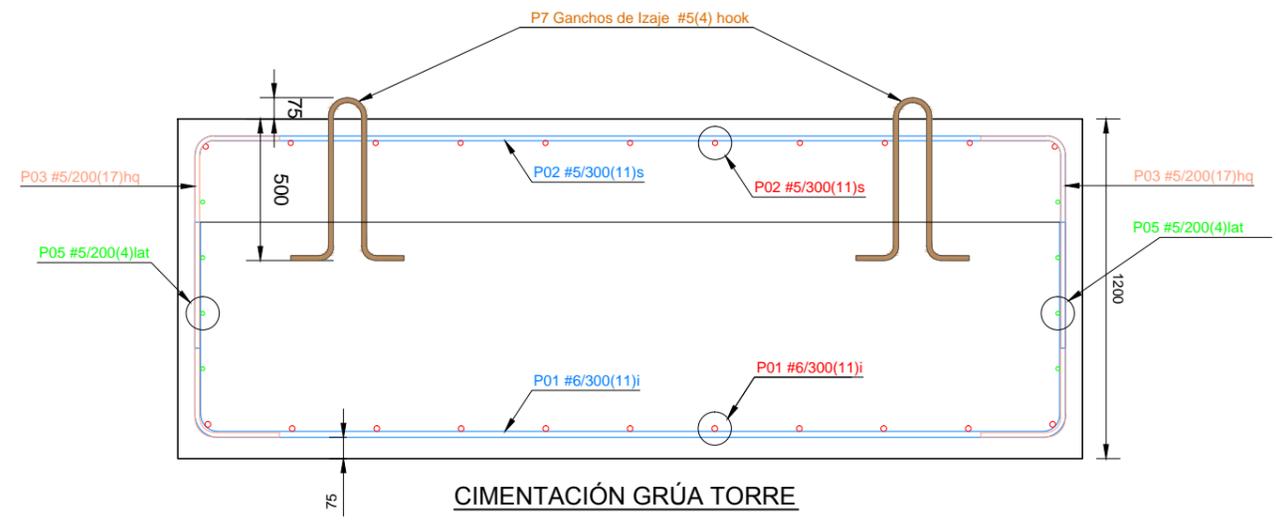


REV. N°	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	DISEÑO POR	REVISO POR	APROB. POR	GERENTE DE PROYECTO:	PLANOS DE REFERENCIA
A	06/10/14	EMITIDO PARA REVISIÓN DEL CLIENTE	A.M.	J.P.	J.P.	J.T.	
CONTRATISTA:		CLIENTE:	PROYECTO:			NOMBRE PLANO:	
COSAPI			CERRO VERDE K161			CIMENTACIÓN DE GRÚA TORRE 1000 EC-H 40 LITRONIC PLANTA, SECCIÓN Y DETALLE	
			SUB-PROYECTO:			PLANO N°:	
			CIMENTACIÓN DE GRÚA TORRE			CET0323.03-GE-PL-S-0001	
			DIBUJADO POR:			NUMERO DE REVISION:	
			R.K.			A	
			DISEÑO POR:				
			A.M.				
			REVISADO POR:				
			J.P.				
			APROBADO POR:				
			J.P.				
			ESCALA:				
			INDICADA				
			FECHA:				
			06/10/14				
			PROYECTO N°:				
			CET0323.03				
			GERENTE DE PROYECTO:				
			J.T.				

FECHA: 3-dic-14
HORA: 9:36 a.m.
USUARIO: CESAR



CIMENTACIÓN GRÚA TORRE
 1000 EC-H 40 LITRONIC
 PLANTA (Cantidad = 04und)

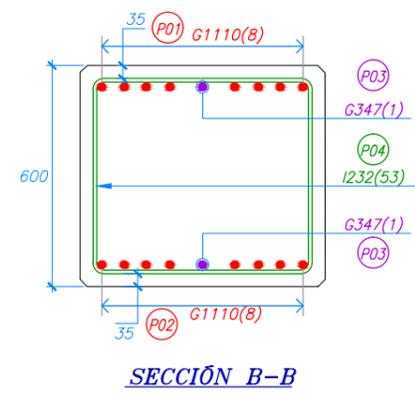
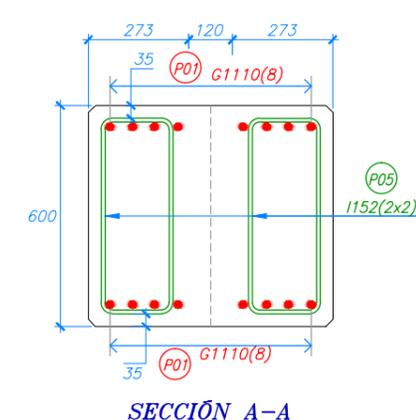
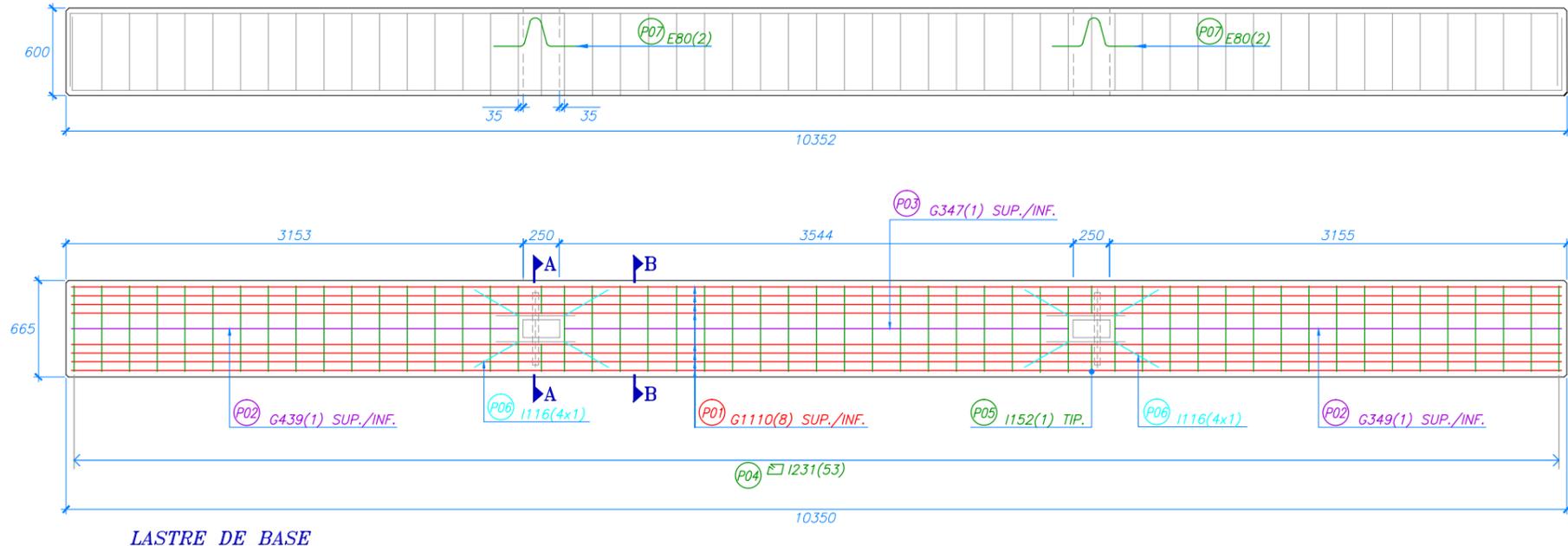
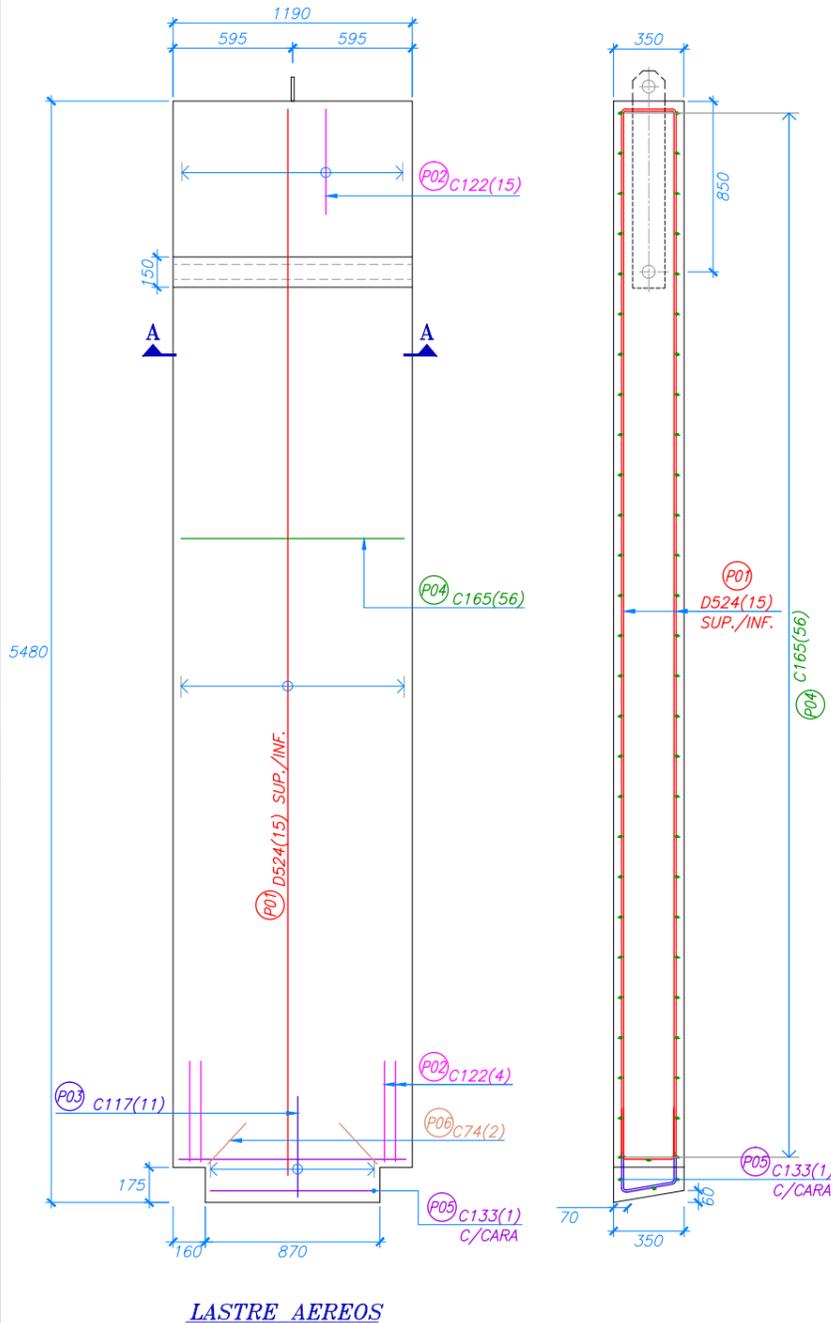


CIMENTACIÓN GRÚA TORRE
 1000 EC-H 40 LITRONIC
 SECCION A-A

RESUMEN	
DIAM	PESO(kg)
# 3	0.00
# 4	707.25
# 5	649.36
# 6	885.06
# 8	0.00
# 11	0.00
TOTAL	2,241.67

REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REFERENCE DRAWING No.	REFERENCE DRAWINGS					CIMENTACIÓN GRÚA TORRE 1000 EC-H 40 LITRONIC PLAN & SECTIONS
A	10AGO14	ISSUED FOR SQUAD CHECK	AV. EA.	JG JM							SKETCH ZAPATA GRUA TORRE 1000 EC-H 40 LITRONIC	DESIGNED BY: A.VILCHEZ CHECK DESIGN: I.CAHUATA LEAD ENGINEER: J.GUTIERREZ AREA MANAGER: J.VILLAR ENGINEERING MANAGER: N/A CLIENT: N/A APPROVAL DATE: N/A	DRAWN BY: [Signature] CHECK DRAWING: [Signature] APPROVAL DATE: 08OCT14 APPROVAL DATE: 08OCT14 APPROVAL DATE: N/A	ESCALE	DRAWING NUMBER		REV.
B	02SEP14	ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED	AV. EA.	JG JM												
O	30SEP14	ISSUED FOR CONSTRUCTION	AV. EA.	JG JM												

NOTA:
 PARA LASTRES BASE LAS POSICIONES 8 y 9
 SERAN HABILITADAS EN OBRA.
 PARA LASTRES AEREOS LAS POSICIONES 7.1, 7.2, 8, 9
 10, 11, y 12 SERAN HABILITADOS EN OBRA



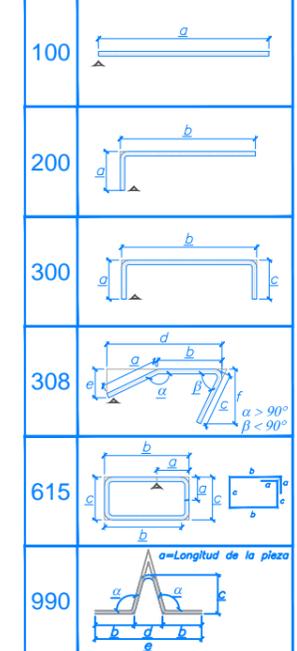
LISTA DE DESPIECE

ESTRUCTURA_APLICACION	TIPO_POS	N_DE_ELEM	PIEZA	FORMA	a	b	c	d	e	CANT_X_ELEM	DIAM	LONGITUD	TOTAL
LASTRE DE BASE	P01	4	G1110	300	0.48M	10.28M	0.48M			16	1"	11.10M	2822.419Kg
	P02	4	G349	200	0.48M	3.08M				4	1"	3.49M	221.852Kg
	P03	4	G347	100	3.47M					2	1"	3.47M	110.290Kg
	P04	4	I231	615	0.10M	0.59M	0.53M			53	12"	2.31M	434.871Kg
	P05	4	I152	615	0.10M	0.20M	0.53M			4	12"	1.52M	21.596Kg
	P06	4	I116	300	0.35M	0.53M	0.35M			8	12"	1.16M	32.963Kg
	P07	4	E80	990	0.80M	0.20M	0.20M	0.15M	0.55M	4	5/8"	0.80M	19.866Kg
TOTAL												3663.858Kg	

LISTA DE DESPIECE

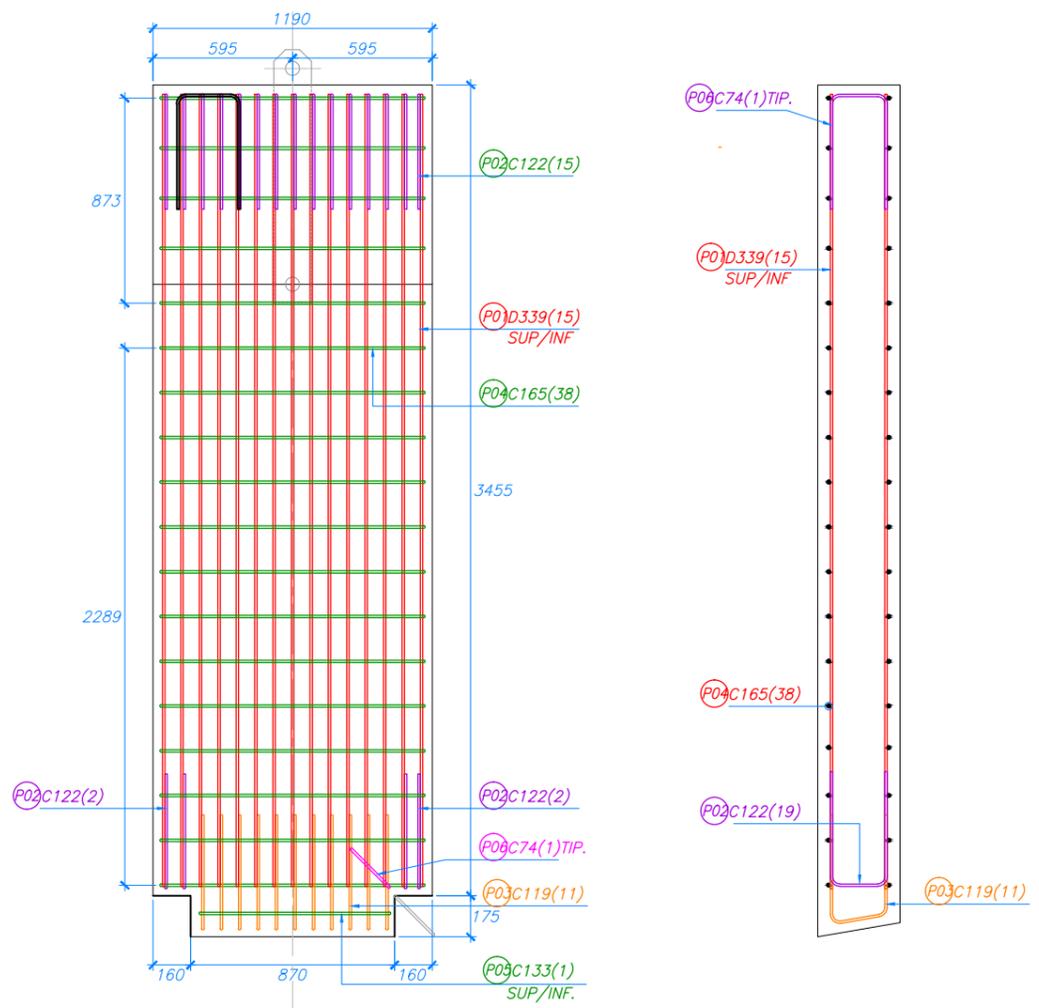
ESTRUCTURA_APLICACION	TIPO_POS	N_DE_ELEM	PIEZA	FORMA	a	b	c	d	e	f	CANT_X_ELEM	DIAM	LONGITUD	TOTAL
LASTRES AEREOS	P01	11	D524	100	5.24M						30	1/2"	5.24M	1718.825Kg
	P02	11	C122	300	0.50M	0.27M	0.50M				19	3/8"	1.22M	142.789Kg
	P03	11	C117	308	0.44M	0.27M	0.49M	0.37M	0.43M	0.49M	11	3/8"	1.17M	79.279Kg
	P04	11	C165	300	0.29M	1.13M	0.29M				56	3/8"	1.65M	569.184Kg
	P05	11	C133	300	0.29M	0.80M	0.29M				2	3/8"	1.33M	16.386Kg
	P06	11	C74	300	0.25M	0.29M	0.25M				2	3/8"	0.74M	9.117Kg
TOTAL												2535.579Kg		

CUADRO DE FORMAS

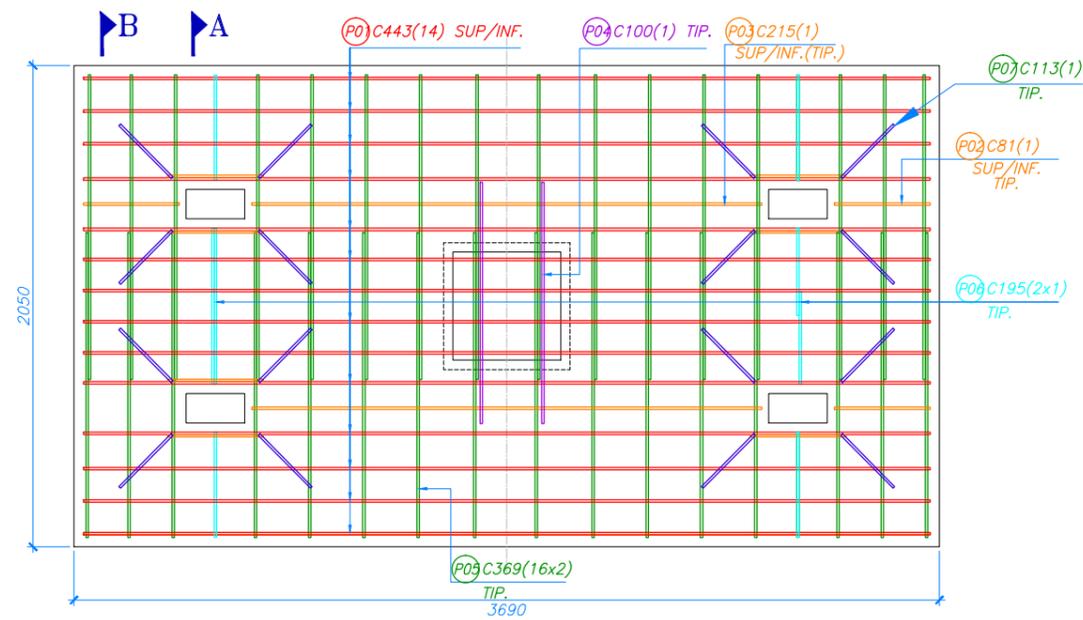


WBI: 320010AAB1

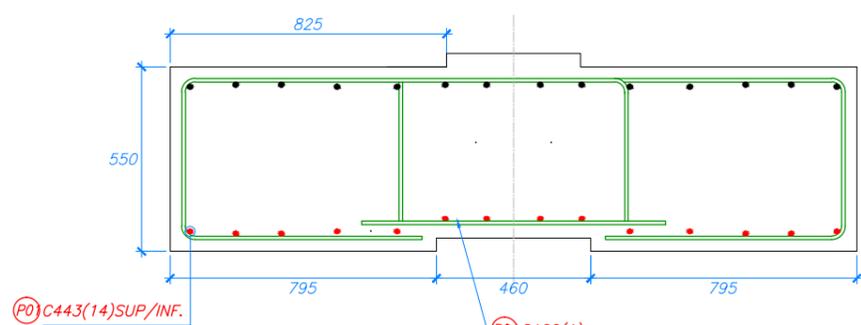
REV	DATE	DESCRIPTION / DESCRIPCIÓN	DET	DWG	CHK	APR	DWG No.	DRAWING REFERENCES	CONFIDENTIAL	DET	DATE	PROJECT No.	SCALE	DRAWING NUMBER	REV	
0	14/07/14	ISSUED FOR REVIEW EMITIDO PARA APROBACIÓN	V.M.	R.S.	V.M.				THIS DRAWING AND THE INFORMATION ARE PROPERTY OF CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A. ITS USE AND PRODUCTION WITHOUT PREVIOUS AUTHORIZATION IS FORBIDDEN.	V.MINAYA	11/07/14		N/S	K161-C2-C075.001-718-310-411	0	
									7.5.1 LÁMINA DE DETALLE OBRA CIVIL	R.SUDARIO	11/07/14					
									CODE : LRMV006ID	V.MINAYA	11/07/14					
									REVISION : 00	RELATED DISPATCHES :						
									APPROVED : RZG / FOM	PROJECT No.						
									DATE : 24/11/11	REVISION						
									CERRO VERDE PRODUCTION UNIT ESPANSION		CONTRACT : A6CV-20-K161		BALLAST BLOCK LASTRES BASE Y AEREOS			
									Cerro Verde		COSAPI		ACEROS AREQUIPA		ACERO DIMENSIONADO	
									7.5.1 LÁMINA DE DETALLE OBRA CIVIL		PROJECT No.		BALLAST BLOCK LASTRES BASE Y AEREOS			



CONTRAPESOS AEREOS



CONTRAPESOS BASES

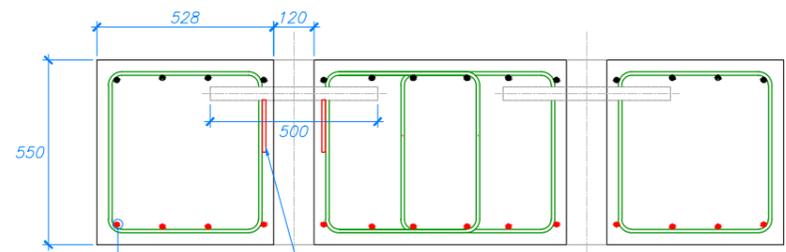


SECCION B

CUADRO DE FORMAS

100	
200	
300	
308	
615	
990	

a=Longitud de la pieza



SECCION A

LISTA DE DESPIECE															
ESTRUCTURA APLICACION AEREO	TIPO_POS	NRO_DE_EL	PIEZA	FORMA	a	b	c	d	e	f	CANT_X_ELEM	DIAM	LONGITUD	TOTAL	
AEREO	P01	2	D339	100	3.39M						30	1/2"	3.39M	202.180Kg	
	P02	2	C122	300	0.50M	0.27M	0.50M				19	3/8"	1.22M	25.962Kg	
	P03	2	C119	308	0.44M	0.28M	0.50M	0.38M	0.43M	0.50M	11	3/8"	1.19M	14.661Kg	
	P04	2	C165	300	0.29M	1.13M	0.29M					38	3/8"	1.65M	70.224Kg
	P05	2	C133	300	0.29M	0.80M	0.29M					2	3/8"	1.33M	2.979Kg
	P06	2	C74	300	0.25M	0.29M	0.25M					2	3/8"	0.74M	1.658Kg
BASES	P01	2	C443	300	0.43M	3.62M	0.43M					28	3/8"	4.43M	138.925Kg
	P02	2	C81	200	0.43M	0.41M					8	3/8"	0.81M	7.258Kg	
	P03	2	C215	100	2.15M						4	3/8"	2.15M	9.632Kg	
	P04	2	C100	100	1.00M						2	3/8"	1.00M	2.240Kg	
	P05	2	C369	615	0.10M	1.32M	0.48M				32	3/8"	3.69M	132.250Kg	
	P06	2	C195	615	0.10M	0.45M	0.48M				8	3/8"	1.95M	17.472Kg	
	P07	2	C113	300	0.35M	0.48M	0.35M				16	3/8"	1.13M	20.250Kg	
	P08	2	D80	990	0.80M	0.20M	0.20M	0.15M	0.55M		8	1/2"	0.80M	12.723Kg	
													TOTAL	658.412Kg	

bases

REV	DATE	DESCRIPTION / DESCRIPCION	DET	DWG	CHK	APR	DWG No.	DRAWING REFERENCES
A	25/07/14	ISSUED FOR REVIEW EMITIDO PARA APROBACION	V.M.	R.S.	V.M.			

CONFIDENTIAL
THIS DRAWING AND THE INFORMATION ARE PROPERTY OF CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A. ITS USE AND PRODUCTION WITHOUT PREVIOUS AUTHORIZATION IS FORBIDDEN.

7.5.1 LAMINA DE DETALLE OBRA CIVIL
CODE : LRMV006ID
REVISION : 00
APPROVED : RZG / FQM
DATE : 24/11/11

DET : V.MINAYA
DWC : R.SUDARIO
CHK : V.MINAYA

DATE : 11/07/14
DATE : 11/07/14
DATE : 11/07/14

PROJECT No.
RELATED DISPATCHES :

CERRO VERDE PRODUCTION UNIT ESPANSION

BALLAST BLOCK
CONTRAPESOS BASE Y AEREOS

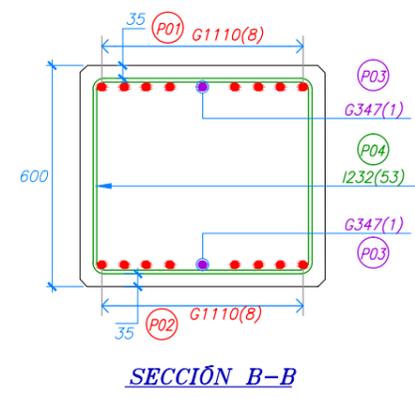
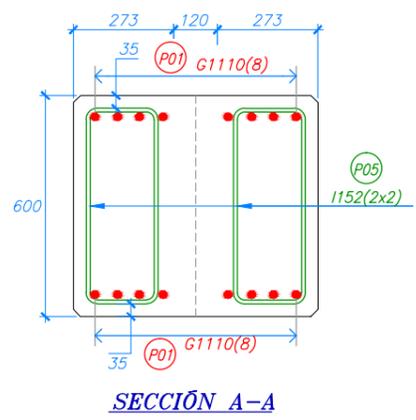
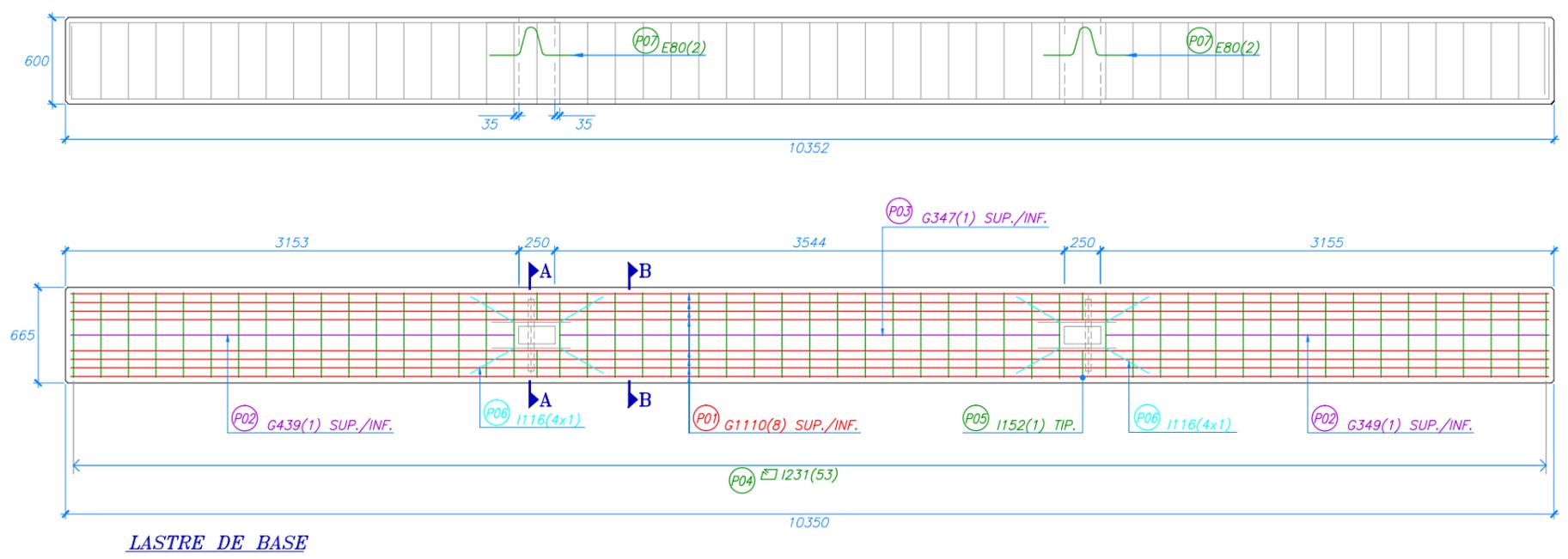
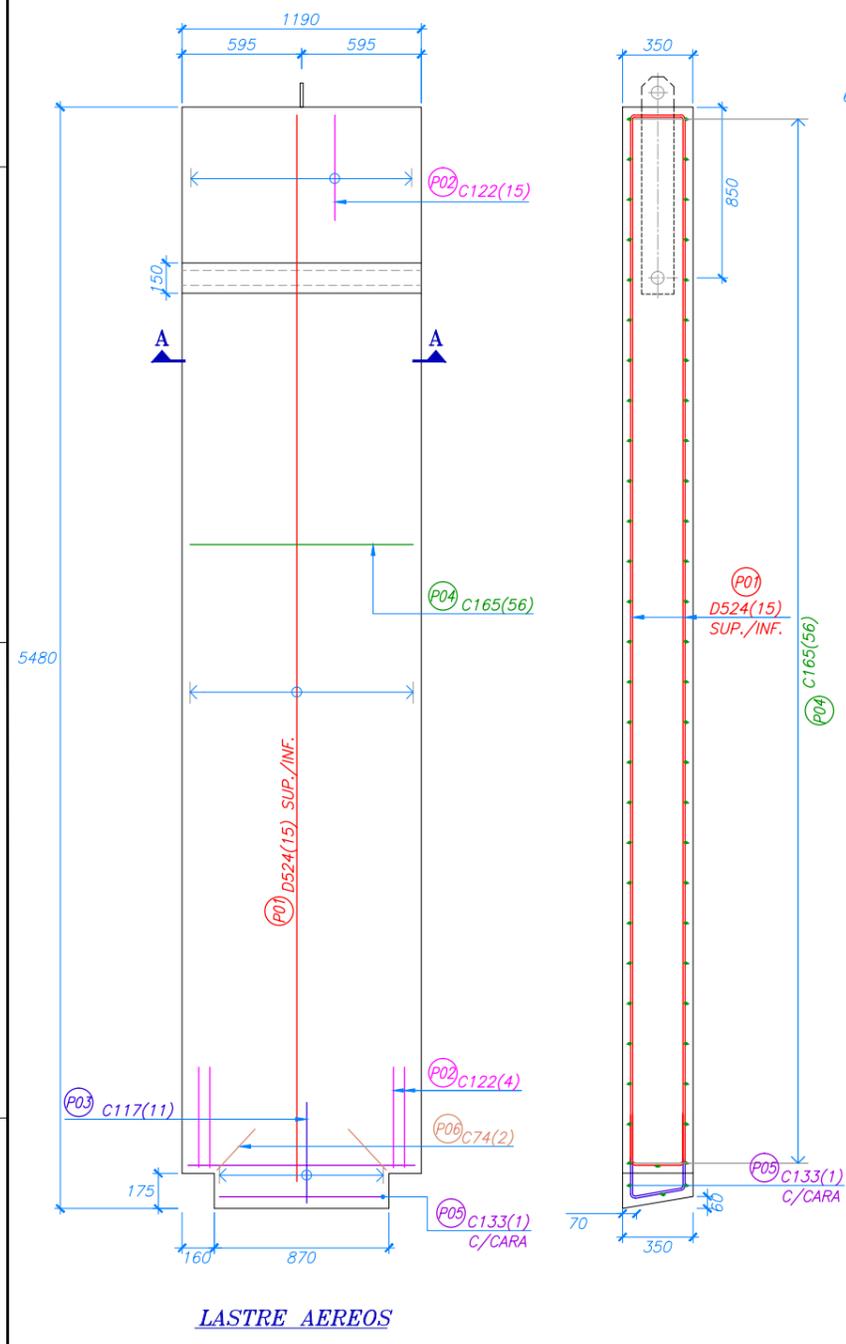
BALLAST BLOCK
CONTRAPESOS BASE Y AEREOS

D.O. SCALE DRAWING NUMBER
N/S K161-C2-C075.001-718-310-412

CONTRACT : A6CV-20-K161

REV A

NOTA:
 PARA LASTRES BASE LAS POSICIONES 8 y 9
 SERAN HABILITADAS EN OBRA.
 PARA LASTRES AEREOS LAS POSICIONES 7.1, 7.2, 8, 9
 10, 11, y 12 SERAN HABILITADOS EN OBRA



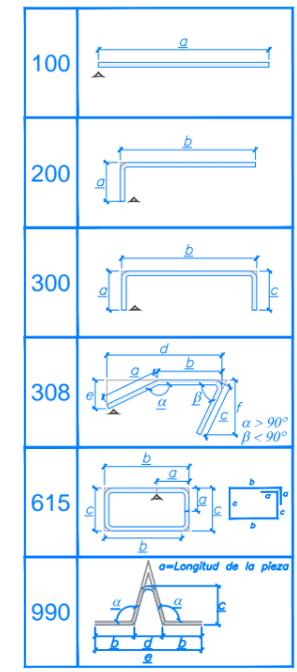
LISTA DE DESPIECE

ESTRUCTURA_APLICACION	TIPO_POS	N_DE_ELEM	PIEZA	FORMA	a	b	c	d	e	CANT_X_ELEM	DIAM	LONGITUD	TOTAL
LASTRE DE BASE	P01	4	G1110	300	0.48M	10.28M	0.48M			16	1"	11.10M	2822.419Kg
	P02	4	G349	200	0.48M	3.08M				4	1"	3.49M	221.852Kg
	P03	4	G347	100	3.47M					2	1"	3.47M	110.290Kg
	P04	4	I231	615	0.10M	0.59M	0.53M			53	12"	2.31M	434.871Kg
	P05	4	I152	615	0.10M	0.20M	0.53M			4	12"	1.52M	21.596Kg
	P06	4	I116	300	0.35M	0.53M	0.35M			8	12"	1.16M	32.963Kg
	P07	4	E80	990	0.80M	0.20M	0.20M	0.15M	0.55M	4	5/8"	0.80M	19.866Kg
TOTAL												3663.858Kg	

LISTA DE DESPIECE

ESTRUCTURA_APLICACION	TIPO_POS	N_DE_ELEM	PIEZA	FORMA	a	b	c	d	e	f	CANT_X_ELEM	DIAM	LONGITUD	TOTAL
LASTRES AEREOS	P01	11	D524	100	5.24M						30	1/2"	5.24M	1718.825Kg
	P02	11	C122	300	0.50M	0.27M	0.50M				19	3/8"	1.22M	142.789Kg
	P03	11	C117	308	0.44M	0.27M	0.49M	0.37M	0.43M	0.49M	11	3/8"	1.17M	79.279Kg
	P04	11	C165	300	0.29M	1.13M	0.29M				56	3/8"	1.65M	569.184Kg
	P05	11	C133	300	0.29M	0.80M	0.29M				2	3/8"	1.33M	16.386Kg
	P06	11	C74	300	0.25M	0.29M	0.25M				2	3/8"	0.74M	9.117Kg
TOTAL												2535.579Kg		

CUADRO DE FORMAS



WBI: 320010AAB1

REV	DATE	DESCRIPTION / DESCRIPCIÓN	DET	DWG	CHK	APR	DWG No.	DRAWING REFERENCES
0	14/07/14	ISSUED FOR REVIEW EMITIDO PARA APROBACIÓN	V.M.	R.S.	V.M.			

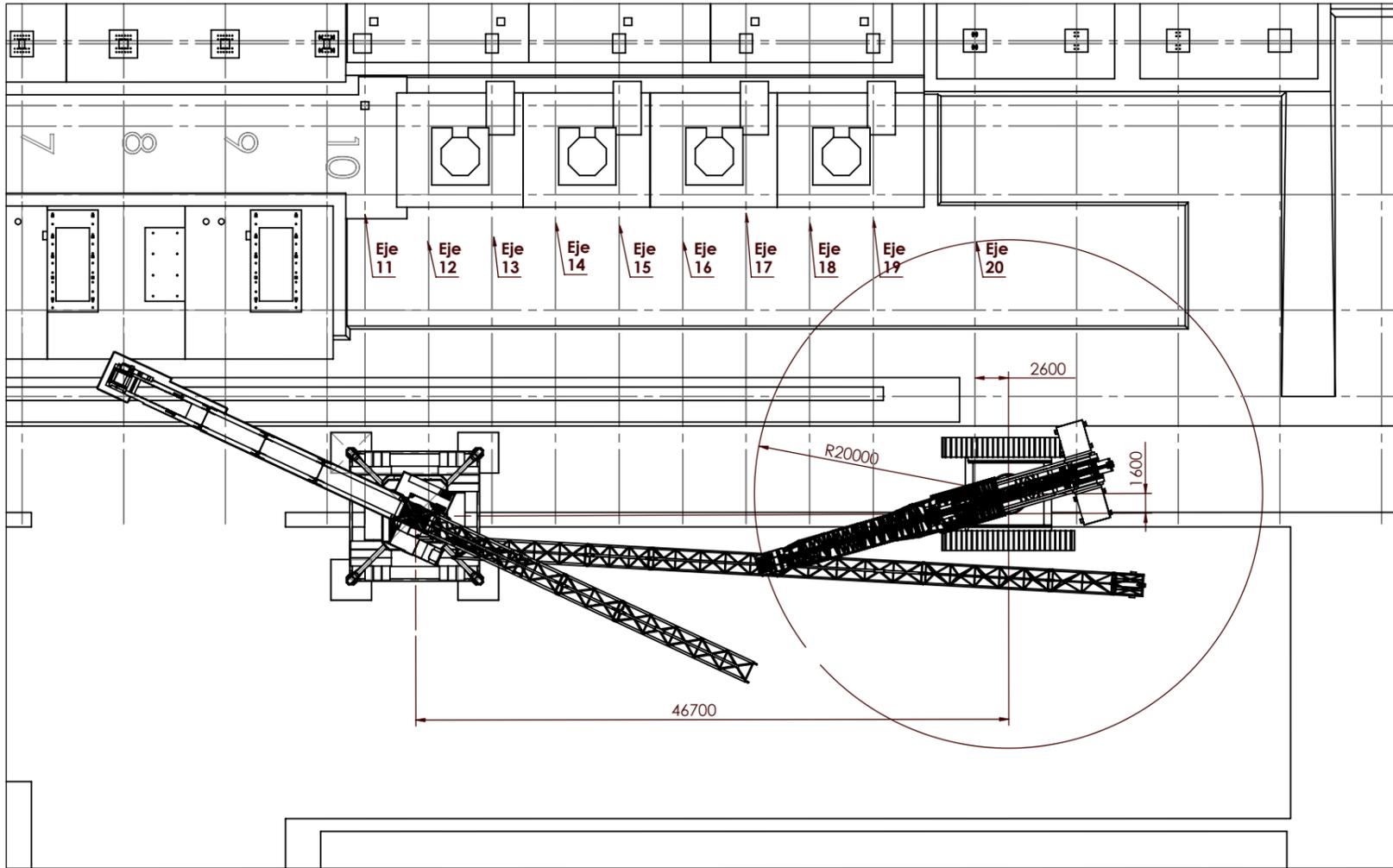


ACEROS AREQUIPA
ACERO DIMENSIONADO

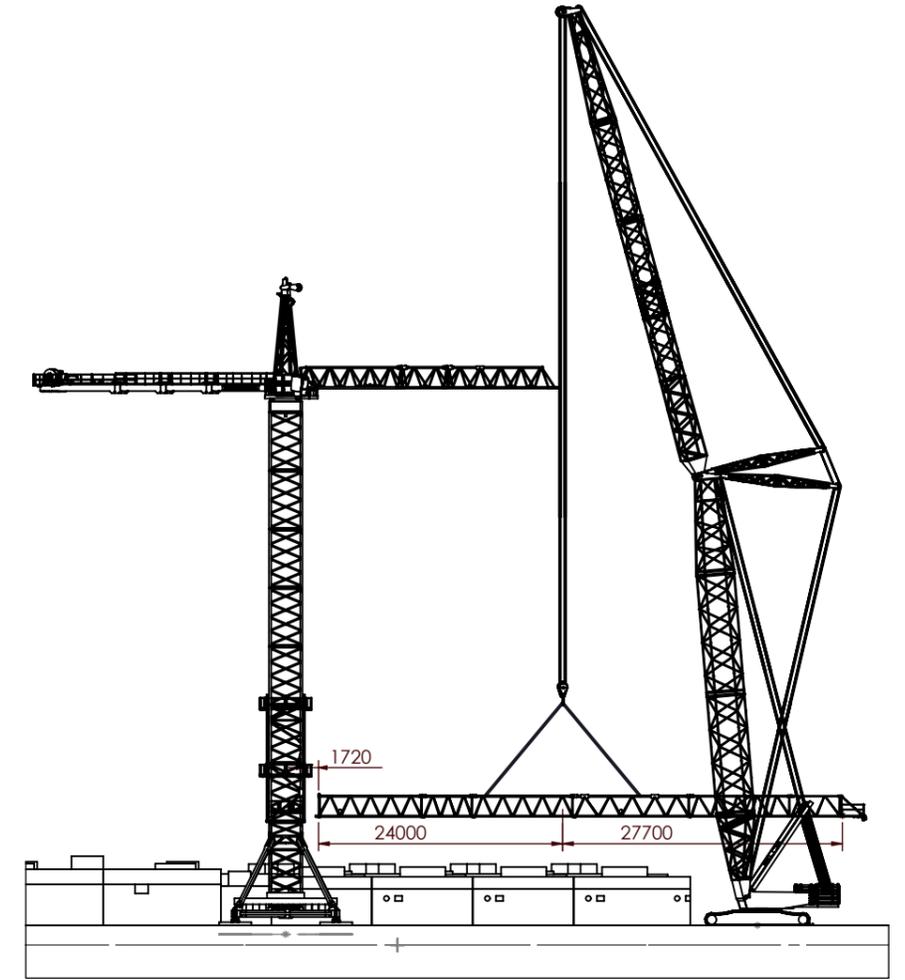
7.5.1 LÁMINA DE DETALLE OBRA CIVIL
 CODE : LRMV006ID
 REVISION : 00
 APPROVED : RZG / FOM
 DATE : 24/11/11

DET :	V.MINAYA	DATE :	11/07/14
DWG :	R.SUDARIO	DATE :	11/07/14
CHK :	V.MINAYA	DATE :	11/07/14

CERRO VERDE PRODUCTION UNIT ESPANSION		CONTRACT :	A6CV-20-K161
BALLAST BLOCK LASTRES BASE Y AEREOS			
BALLAST BLOCK LASTRES BASE Y AEREOS			
D.O.	SCALE	DRAWING NUMBER	REV
	N/S	K161-C2-C075.001-718-310-411	0



Planta



Lateral

CONSIDERACIONES

- * Verificar medidas en campo
- * Radio minimo de trabajo 20m
- * Primero se realiza el recojo y retroceder hasta eje 20 aprox.

IZAJE DE FLECHA DE 50m

1. EQUIPMENT TO BE LIFTED / EQUIPO A IZAR						
DESCRIPTION / DESCRIPCION	CANT.	WEIGHT UN. (kg) / PESO	TOTAL WEIGHT (kg)/PESO T	CAPACITY (ton)/CAP	LOAD (ton)/CARGA	LOAD / CAP
TORNAMESA	1.00	35,000.00	35,000.00	-	-	-
TOTAL			35,000.00			
2. LIFTING EQUIPMENT / APAREJOS DE IZAJE						
DESCRIPTION / DESCRIPCION	CANT.	WEIGHT UN. (kg) / PESO	TOTAL WEIGHT (kg)/PESO T	CAPACITY (ton) CAP	LOAD (ton)CARGA	LOAD / CAP
Eslingas 12"x12m	1.00	4.50	36.00	56.00	35,000.00	1.60
Grilletes 2 1/2"	1.00	60.00	120.00	55.00	35,000.00	1.57
TOTAL			156.00			

3. CRANE COMPONENTS / COMPONENTES GRUA

DESCRIPTION / DESCRIPCION	CANT.	WEIGHT UN. (kg) / PESO	TOTAL WEIGHT (kg)/PESO T	CAPACITY (ton) CAP	LOAD (ton)CARGA	LOAD / CAP
Block/Hook (Bloque y Gancho)	1.00	5,500.00	5,500.00	80.00	42,135.60	1.90
ball (Bola)	0.00	-	0.00	0.00	-	-
Upper Boom (Pluma superior)	-	-	-	-	-	-
Block/hook/ball upper boom(Bloque/Gancho/bola pluma super)	-	-	-	-	-	-
Fixed Jib	-	-	-	-	-	-
wire rope 1 1/8" below Hook (60 m)	6.00	4.11	1,479.60	154.00	42,135.60	3.65
TOTAL			6,979.60			

ADJUNTO	
1. Equipment to be lifted (Equipo a izar)	35,000.00
2. Lifting equipment (Aparejos de izaje)	156.00
3. crane components (componentes grua)	6,979.60
TOTAL RIGGING WEIGHT	42,135.60

CRITICAL POSITION - SINGLE LIFT POSICION CRITICA - GRUA MANITOWOC	
RIGGING DATA - CRANE 1:	
Lift Crane (grua)	MANITOWOC
Model (modelo)	16000
Boom type (Pluma tipo)	42 m
Boom configuration (configuracion pluma)	42 m
Radio (radio)	24 m
Crane Counterweight (contrapeso grua)	150,590.00 kg
Carbody counterweight(contrapeso carbody)	0.00 kg
Capacity Chart (capacidad de carga)	80,100.00 kg
Total rigging weigh (peso total de izaje)	42,135.60 kg
% of utilization (% de utilizacion)	52.6%

REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REFERENCE DRAWING No.	REFERENCE DRAWINGS
A	---	ISSUED FOR SQUAD CHECK	AC	JG							
B	---	ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED	RA	JV							

sociedad minera cerro verde s.a.a.
AREQUIPA - PERU
CERRO VERDE PRODUCTION UNIT EXPANSION

DESIGNED BY: R. AJALLA
CHECK DESIGN: C. CASTILLO
LEAD ENGINEER: O. RAMIREZ
AREA MANAGER: J. VILLAR
ENG. MANAGER: N/A
CLIENT: N/A
APPROVAL DATE: N/A

DRAWN BY: A. CHIPPA
CHECK DRAWING: A. MONTALICO
APPROVAL DATE: 12 OCT
APPROVAL DATE: 12 OCT
APPROVAL DATE: N/A
APPROVAL DATE: N/A

TERTIARY CRUSHING BUILDING
VOLTEO DE REDUCTORES TANDEM

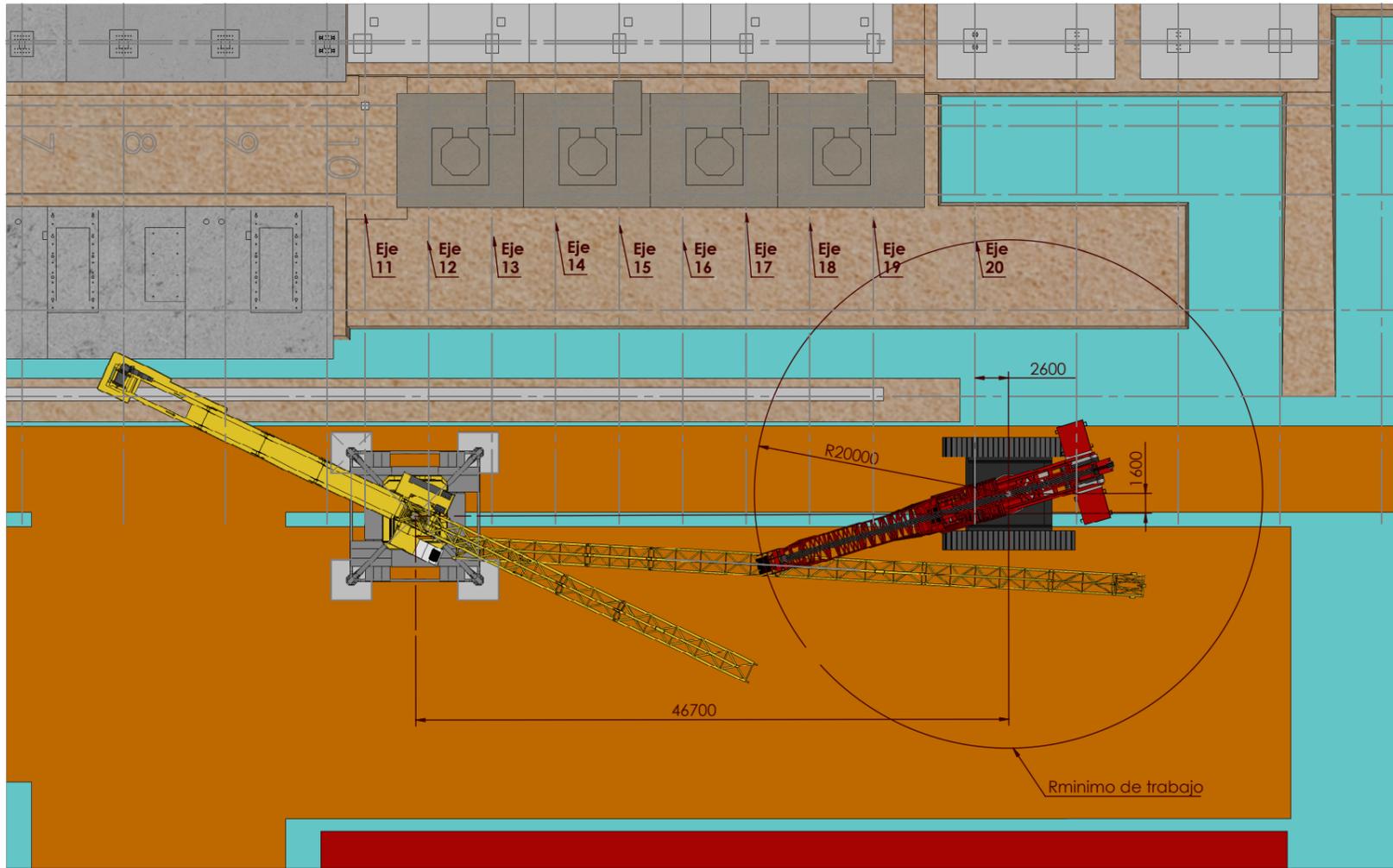
CONFIDENCIAL: ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL, SON PROPIEDAD DE COSAPI SA. SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA ES UN PROHIBIDO.

COSAPI INGENIERIA Y CONSTRUCCION

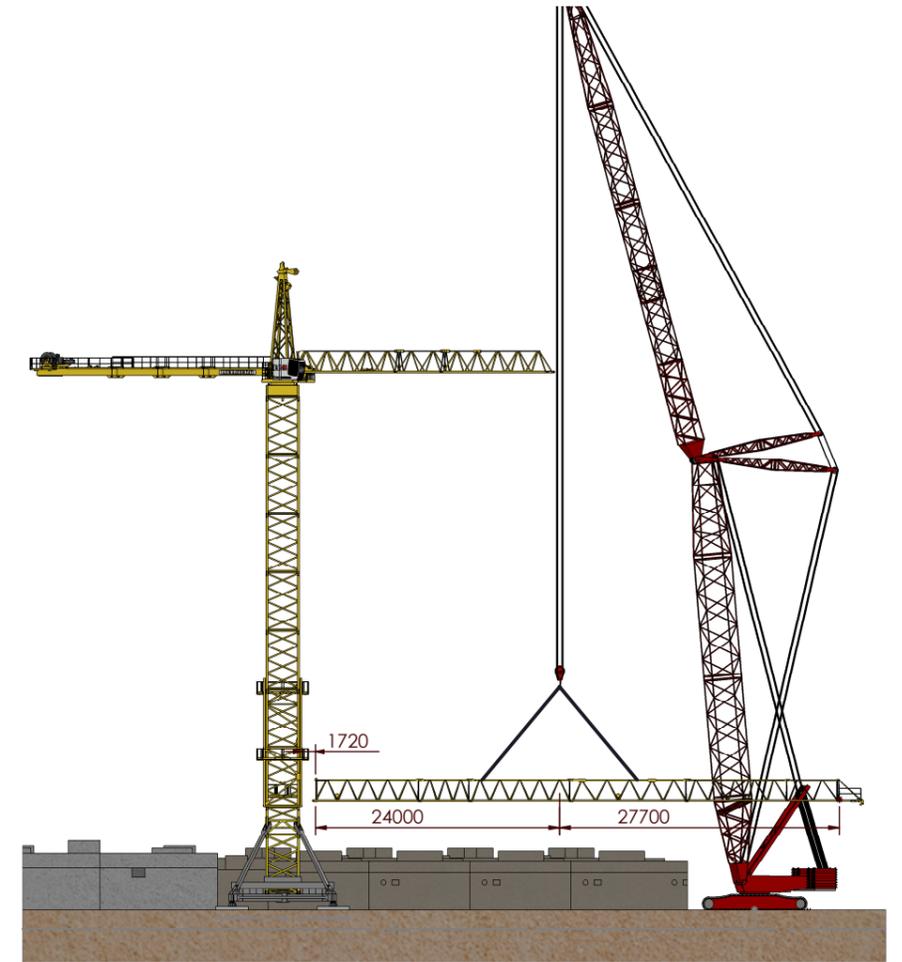
ESCALE: Indicada

DRAWING NUMBER: K161-C2-3230-15S-R059

REV. B



Planta



Lateral

CONSIDERACIONES

- * Verificar medidas en campo
- * Radio minimo de trabajo 20m
- * Primero se realiza el recojo y retroceder hasta eje 20 aprox.

IZAJE DE FLECHA DE 50m

1. EQUIPMENT TO BE LIFTED / EQUIPO A IZAR						
DESCRIPTION / DESCRIPCION	CANT.	WEIGHT UN. (kg) / PESO	TOTAL WEIGHT (kg)/PESO T	CAPACITY (ton)/CAP	LOAD (ton)/CARGA	LOAD / CAP
TORNAMESA	1.00	35,000.00	35,000.00	-	-	-
TOTAL			35,000.00			
2. LIFTING EQUIPMENT / APAREJOS DE IZAJE						
DESCRIPTION / DESCRIPCION	CANT.	WEIGHT UN. (kg) / PESO	TOTAL WEIGHT (kg)/PESO T	CAPACITY (ton) CAP	LOAD (ton)CARGA	LOAD / CAP
Eslingas 12"x12m	1.00	4.50	36.00	56.00	35,000.00	1.60
Grilletes 2 1/2"	1.00	60.00	120.00	55.00	35,000.00	1.57
TOTAL			156.00			

3. CRANE COMPONENTS / COMPONENTES GRUA

DESCRIPTION / DESCRIPCION	CANT.	WEIGHT UN. (kg) / PESO	TOTAL WEIGHT (kg)/PESO T	CAPACITY (ton) CAP	LOAD (ton)CARGA	LOAD / CAP
Block/Hook (Bloque y Gancho)	1.00	5,500.00	5,500.00	80.00	42,135.60	1.90
ball (Bola)	0.00	-	0.00	0.00	-	-
Upper Boom (Pluma superior)	-	-	-	-	-	-
Block/hook/ball upper boom(Bloque/Gancho/bola pluma super)	-	-	-	-	-	-
Fixed Jib	-	-	-	-	-	-
wire rope 1 1/8" below Hook (60 m)	6.00	4.11	1,479.60	154.00	42,135.60	3.65
TOTAL			6,979.60			

ADJUNTO	
1. Equipment to be lifted (Equipo a izar)	35,000.00
2. Lifting equipment (Aparejos de izaje)	156.00
3. crane components (componentes grua)	6,979.60
TOTAL RIGGING WEIGHT	42,135.60

CRITICAL POSITION - SINGLE LIFT
POSICION CRITICA - GRUA MANITOWOC

RIGGING DATA - CRANE 1:	
Lift Crane (grua)	MANITOWOC
Model (modelo)	16000
Boom type (Pluma tipo)	42 m
Boom configuration (configuracion pluma)	42 m
Radio (radio)	24 m
Crane Counterweight (contrapeso grua)	150,590.00 kg
Carbody counterweight(contrapeso carbody)	0.00 kg
Capacity Chart (capacidad de carga)	80,100.00 kg
Total rigging weigh (peso total de izaje)	42,135.60 kg
% of utilization (% de utilizacion)	52.6%

REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REFERENCE DRAWING No.	REFERENCE DRAWINGS
A	---	ISSUED FOR SQUAD CHECK	AC	JG	JV						
B	---	ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED	RA								



sociedad minera cerro verde s.a.a.
AREQUIPA - PERU
CERRO VERDE PRODUCTION UNIT EXPANSION



COSAPI
INGENIERIA Y CONSTRUCCION

DESIGNED BY: R. AJALLA
CHECK DESIGN: A.CHIPA
C.CASTILLO
LEAD ENGINEER: O. RAMIREZ
AREA MANAGER: J.VILLAR
ENG. MANAGER: N/A
CLIENT: N/A
APPROVAL DATE: N/A

DRAWN BY: A.CHIPA
CHECK DRAWING: A.MONTALICO
APPROVAL DATE: 12 NOV
APPROVAL DATE: 12 NOV
APPROVAL DATE: 12 NOV
APPROVAL DATE: N/A
APPROVAL DATE: N/A

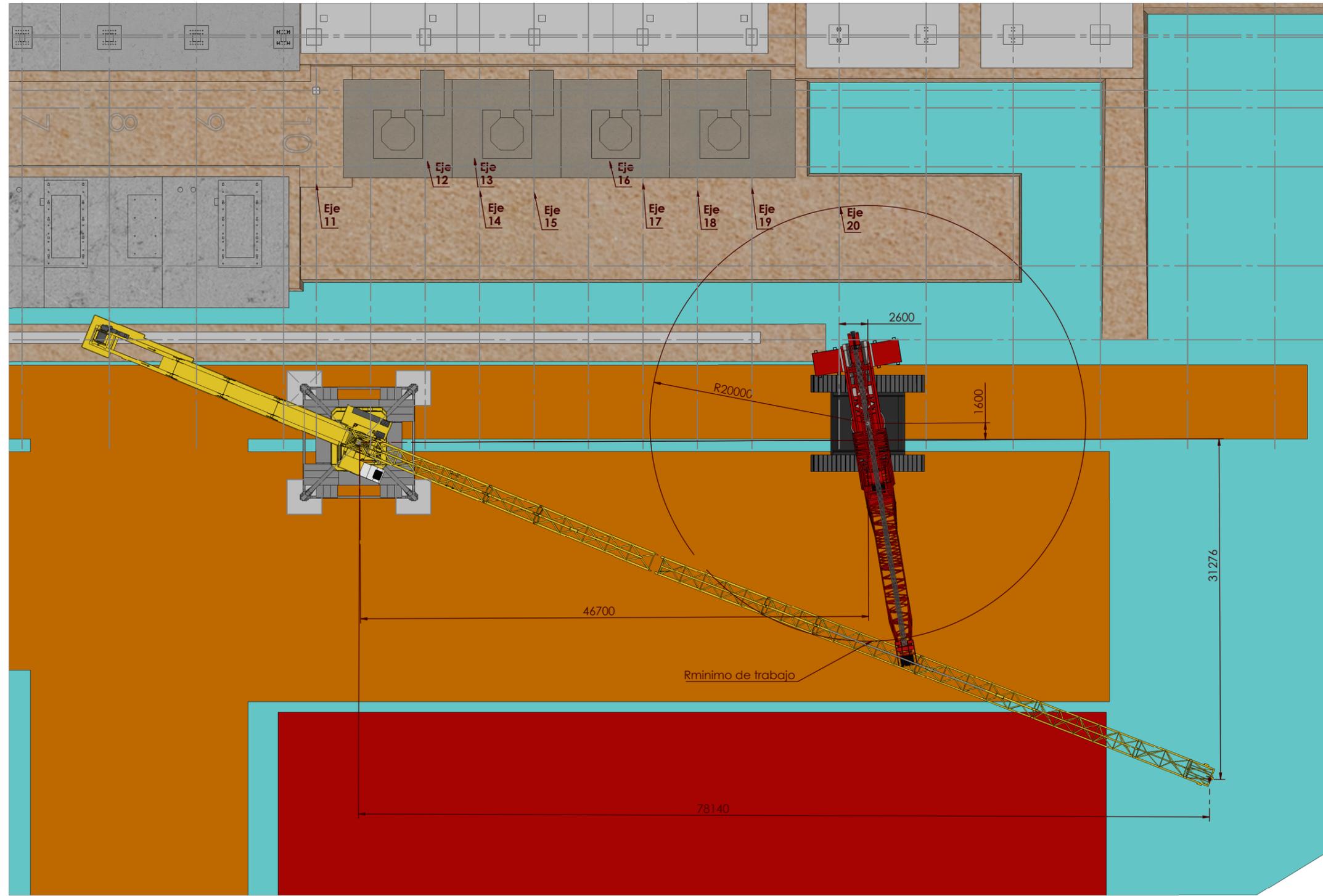
TERTIARY CRUSHING BUILDING
IZAJE DE FLECHA DE GRUA TORRE DE 50M

CONFIDENCIAL:
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL, SON PROPIEDAD DE COSAPI SA. SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA ES UN PROHIBIDO.

ESCALE: Indicada

DRAWING NUMBER: K161-C2-3230-15S-R080

REV. B

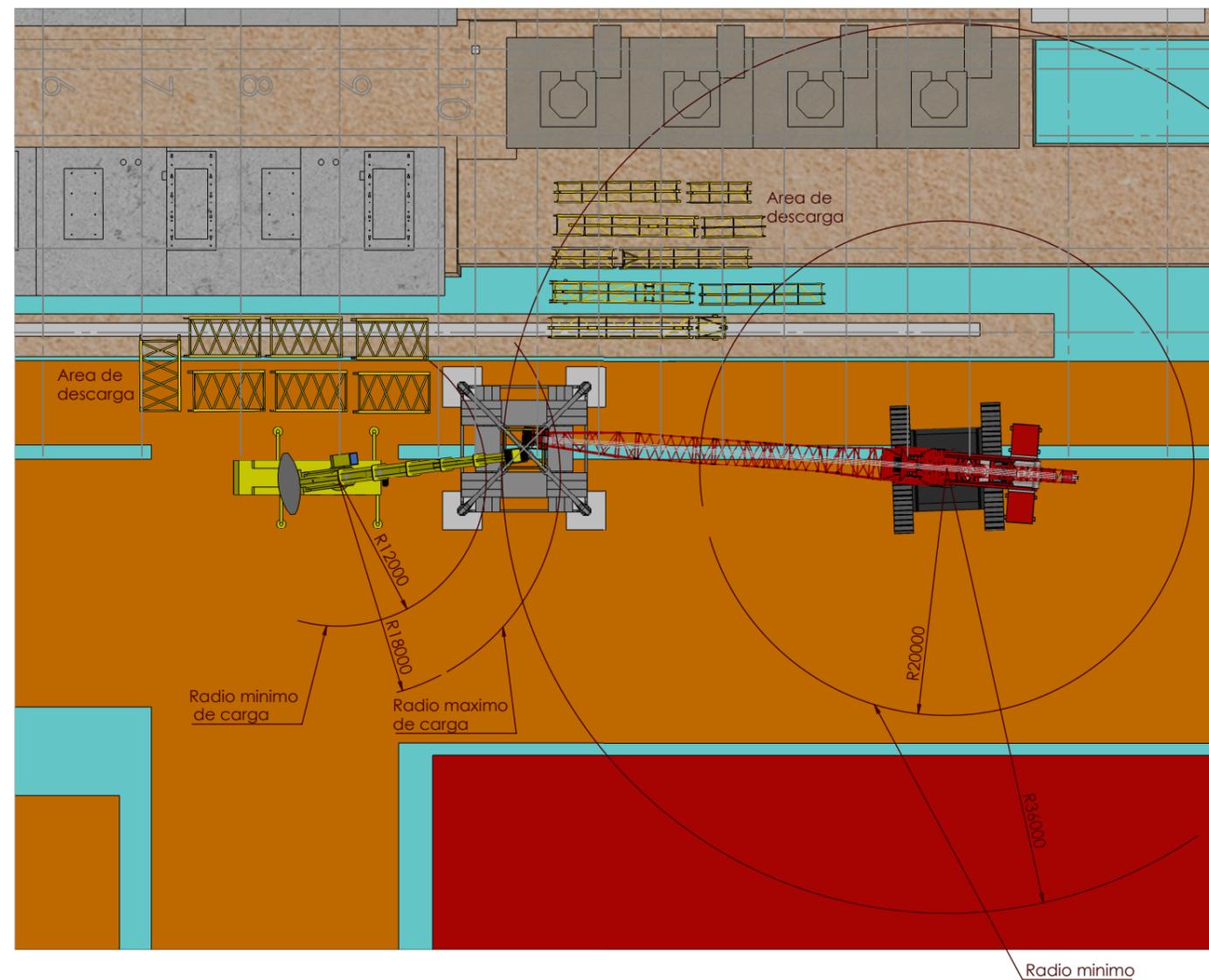
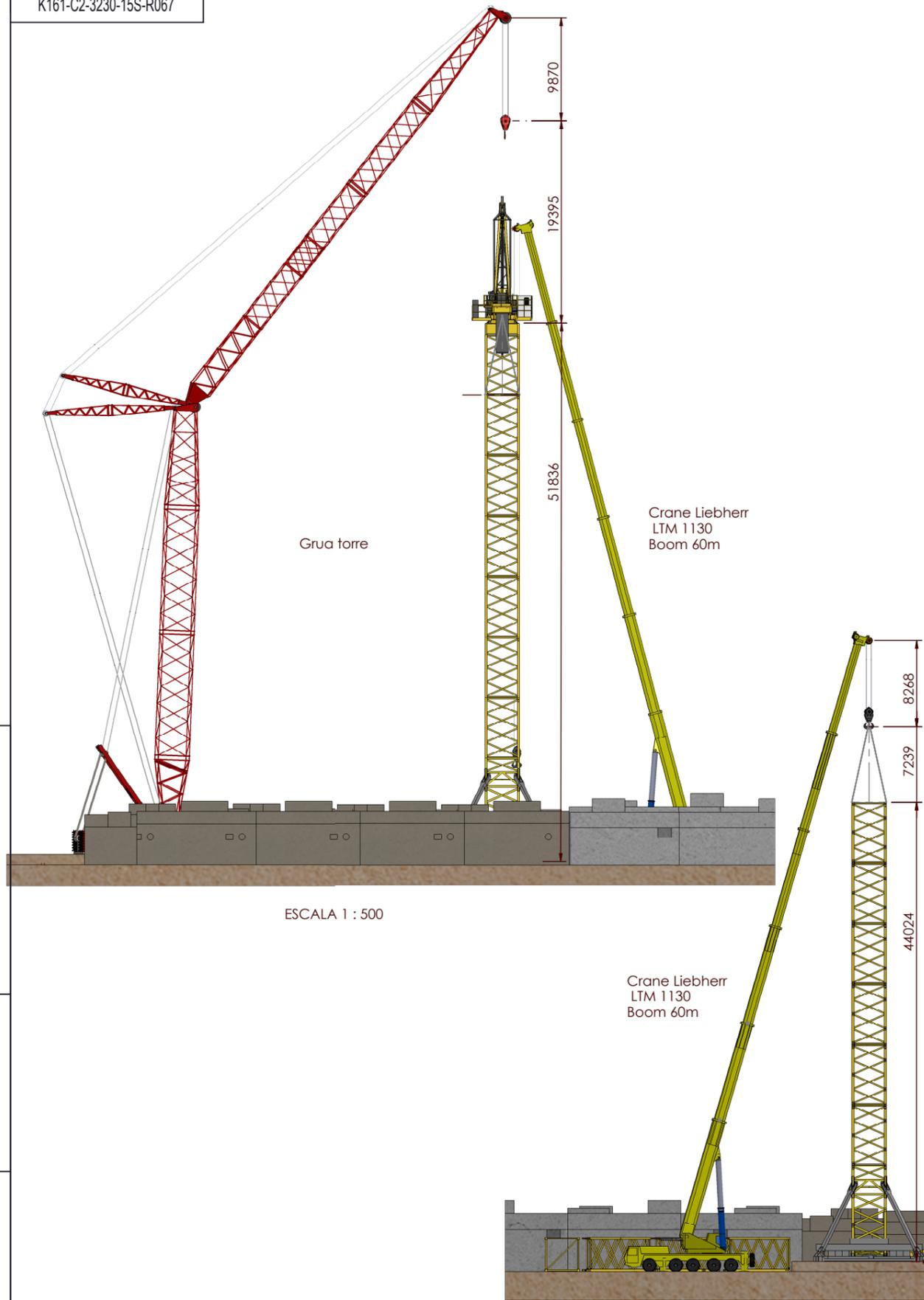


Planta
ESCALA 1 : 400

IZAJE CRITICO:	TIPO:	COD. DE DISEÑO:	COD. DE HOJA VERDE:	COD. DE PERMISO DE IZAJE CRITICO:

REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REFERENCE DRAWING No.	REFERENCE DRAWINGS
A	---	ISSUED FOR SQUAD CHECK	AC RA	JG JV							
B	---	ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED									

<p>sociedad minera cerro verde s.a.a. AREQUIPA - PERU CERRO VERDE PRODUCTION UNIT EXPANSION</p>	DESIGNED BY R. AJALLA CHECK DESIGN C. CASTILLO LEAD ENGINEER O. RAMIREZ AREA MANAGER J. VILLAR ENG. MANAGER N/A CLIENT N/A	DRAWN BY A. CHIPA CHECK DRAWING A. MONTALICO APPROVAL DATE 12 NOV APPROVAL DATE 12 NOV APPROVAL DATE N/A APPROVAL DATE N/A	<p>TERTIARY CRUSHING BUILDING</p> <p>IZAJE DE TRAMO DE FLECHA DE GRUA TORRE</p>	ESCALE Indicada	DRAWING NUMBER K161-C2-3230-15S-R080B	REV. B
	<p>CONFIDENCIAL: ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL, SON PROPIEDAD DE COSAPI S.A. SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA ES UN PROHIBIDO.</p>					



Planta

Con la Grúa Liebherr LTM 1130 se podra hacer montaje de 06 primeros tramos a una distancia de 18m y como altura maxima 44.5m con 60 m de boom.

Para el montaje de la parte superior y ultimo tramo de la torre se realizara con la Grúa Manitowoc teniendo como alcance de maxima altura en radio 20m y minimo para realizar el montaje adecuado en un radio aprox. de 36m.

IZAJE CRITICO:	
TIPO:	
COD. DE DISEÑO:	
COD. DE HOJA VERDE:	
COD. DE PERMISO DE IZAJE CRITICO:	

REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REFERENCE DRAWING No.	REFERENCE DRAWINGS
A	---	ISSUED FOR SQUAD CHECK	AC RA	JG JV							
B	---	ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED									



sociedad minera cerro verde s.a.a.
AREQUIPA - PERU
CERRO VERDE PRODUCTION UNIT EXPANSION

DESIGNED BY: R. AJALLA
CHECK DESIGN: C. CASTILLO
LEAD ENGINEER: O. RAMIREZ
AREA MANAGER: J. VILLAR
ENG. MANAGER: N/A
CLIENT: N/A

DRAWN BY: A. CHIPPA
CHECK DRAWING: A. MONTALICO
APPROVAL DATE: 12 OCT
APPROVAL DATE: 12 OCT
APPROVAL DATE: N/A
APPROVAL DATE: N/A

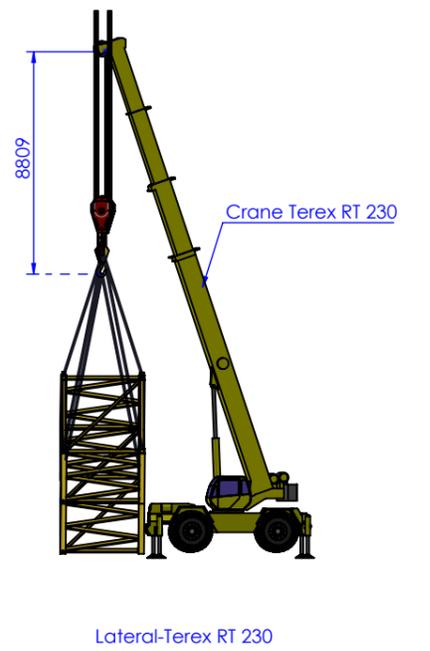
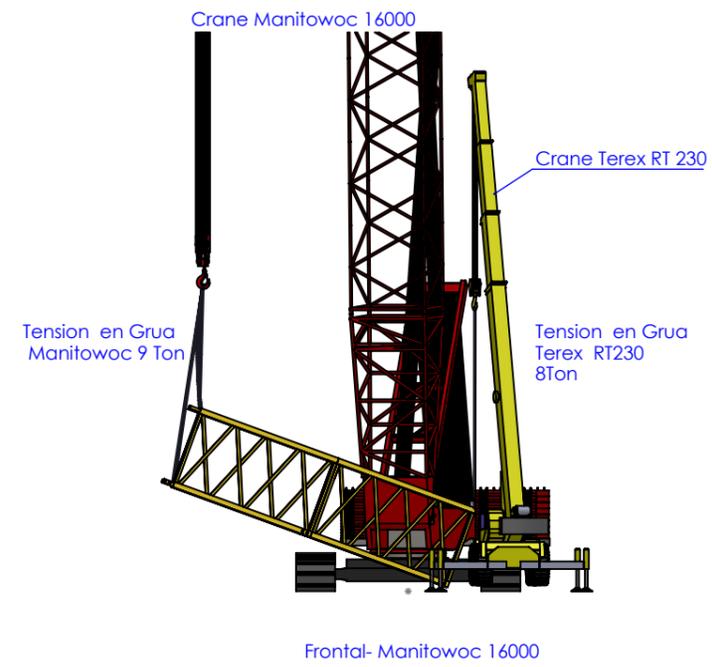
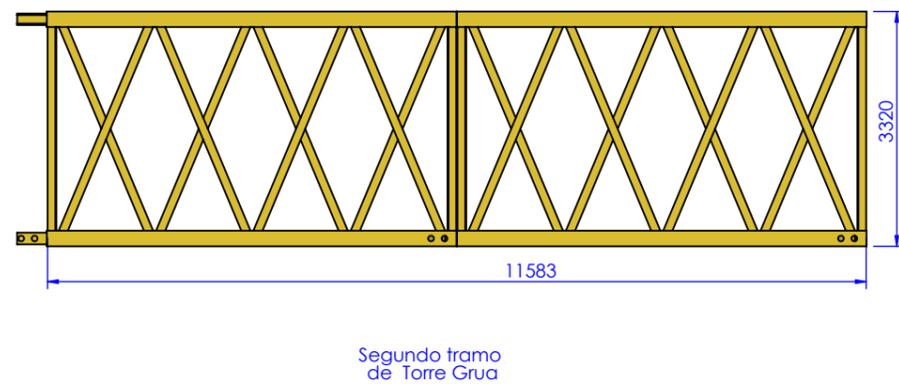
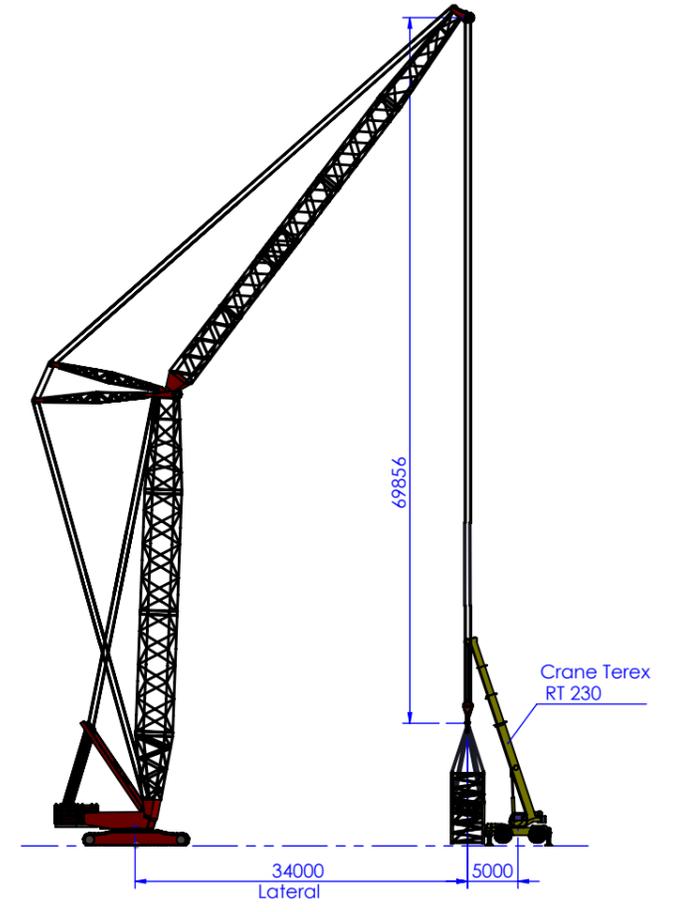
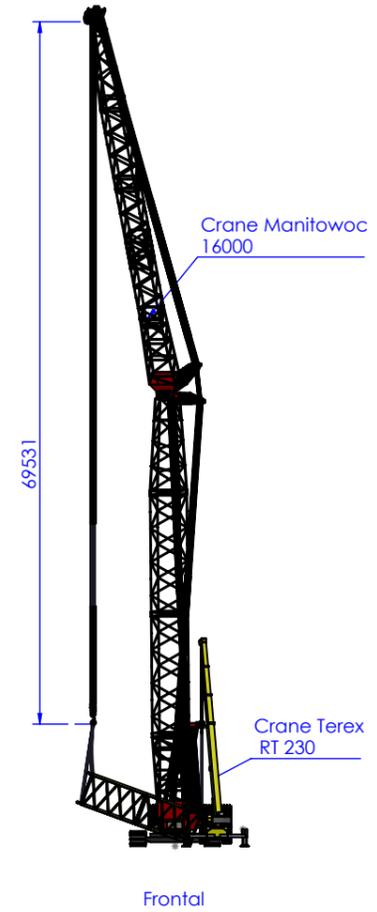
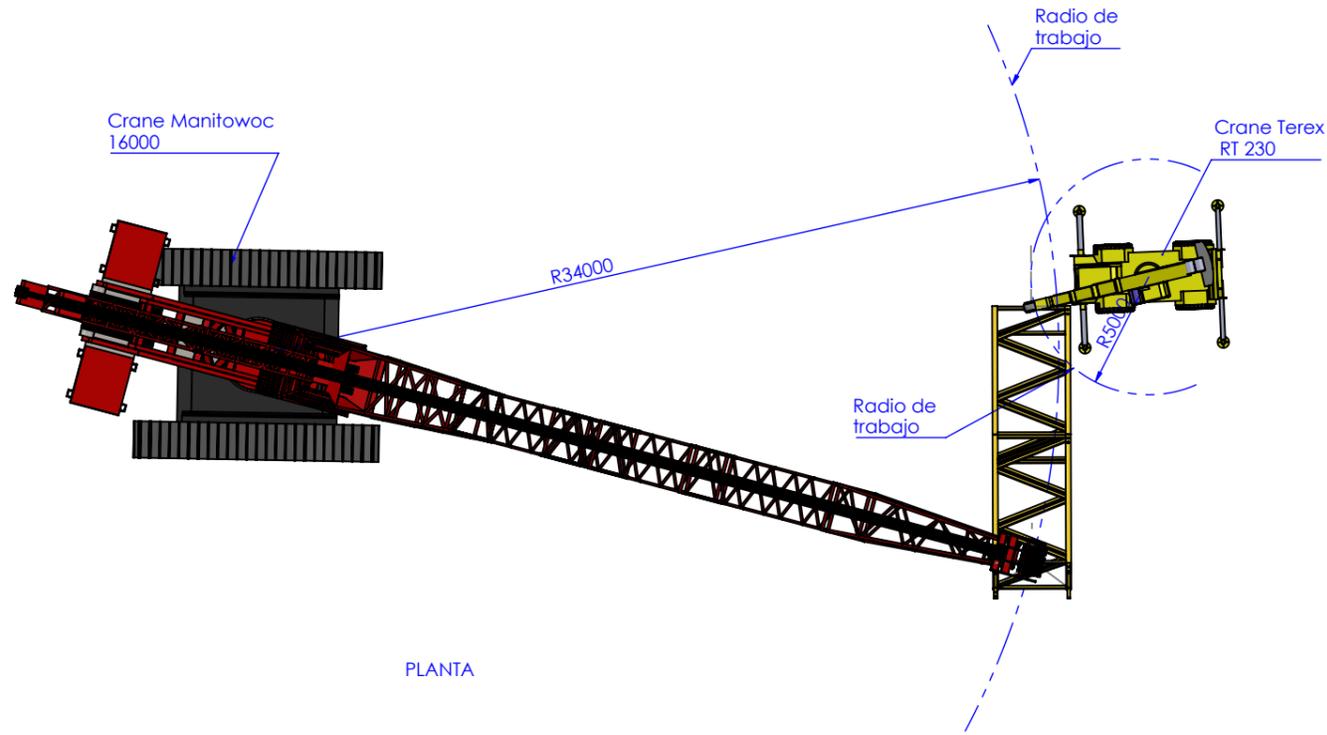
TERTIARY CRUSHING BUILDING
IZAJE DE GRUA TORRE

CONFIDENCIAL: ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL, SON PROPIEDAD DE COSAR SA. SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA ES UN PROHIBIDO.

ESCALE: Indicada

DRAWING NUMBER: K161-C2-3230-15S-R067

REV. B



IZAJE CRITICO:	TIPO:	COD. DE DISEÑO:	COD. DE HOJA VERDE:	COD. DE PERMISO DE IZAJE CRITICO:
----------------	-------	-----------------	---------------------	-----------------------------------

REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REFERENCE DRAWING No.	REFERENCE DRAWINGS
A	---	ISSUED FOR SQUAD CHECK	AC R.A.	JG JV							
B	---	ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED									

sociedad minera cerro verde s.a.a.
AREQUIPA - PERU
CERRO VERDE PRODUCTION UNIT EXPANSION

DESIGNED BY: R. AJALLA
CHECK DESIGN: C. CASTILLO
LEAD ENGINEER: O. RAMIREZ
AREA MANAGER: J. VILLAR
ENG. MANAGER: N/A
CLIENT: N/A

DRAWN BY: A. CHIPPA
CHECK DRAWING: A. MONTALICO
APPROVAL DATE: 30 OCT
APPROVAL DATE: 30 OCT
APPROVAL DATE: 30 OCT
APPROVAL DATE: N/A
APPROVAL DATE: N/A

TERTIARY CRUSHING BUILDING

VOLTEO DE SEGUNDO TRAMO DE TORRE GRUA

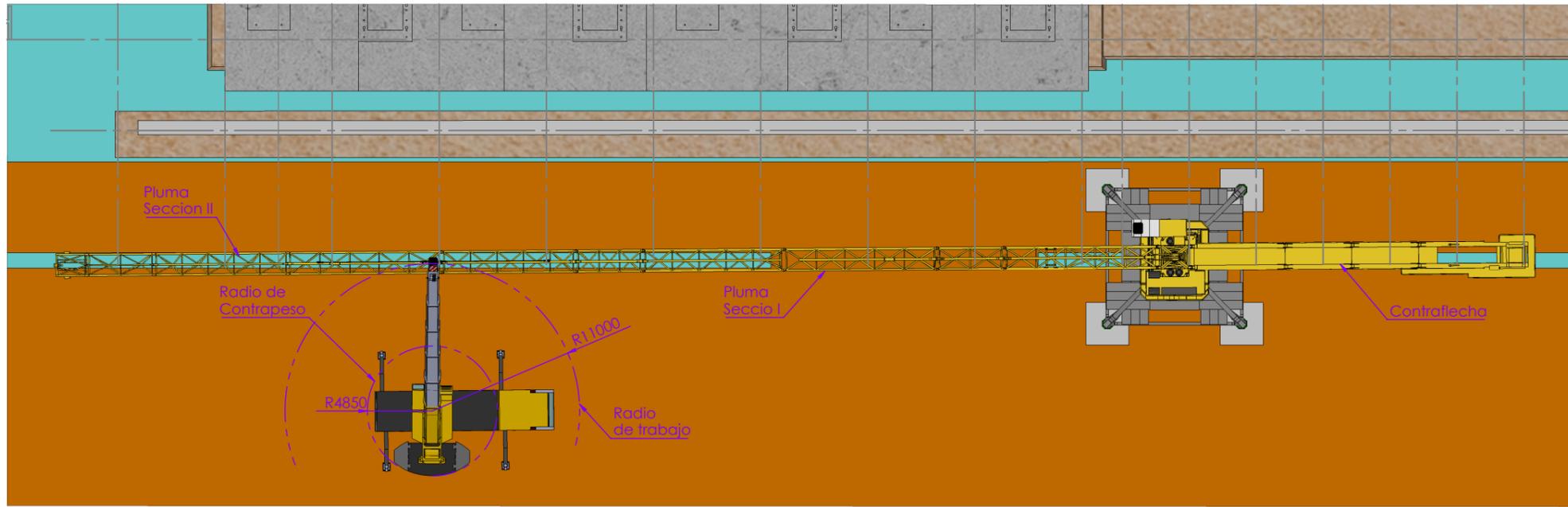
CONFIDENCIAL: ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL, SON PROPIEDAD DE COSAPI S.A. SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA ES UN FURTO.

COSAPI
INGENIERIA Y CONSTRUCCION

ESCALE: Indicada

DRAWING NUMBER: K161-C2-3230-15S-R069

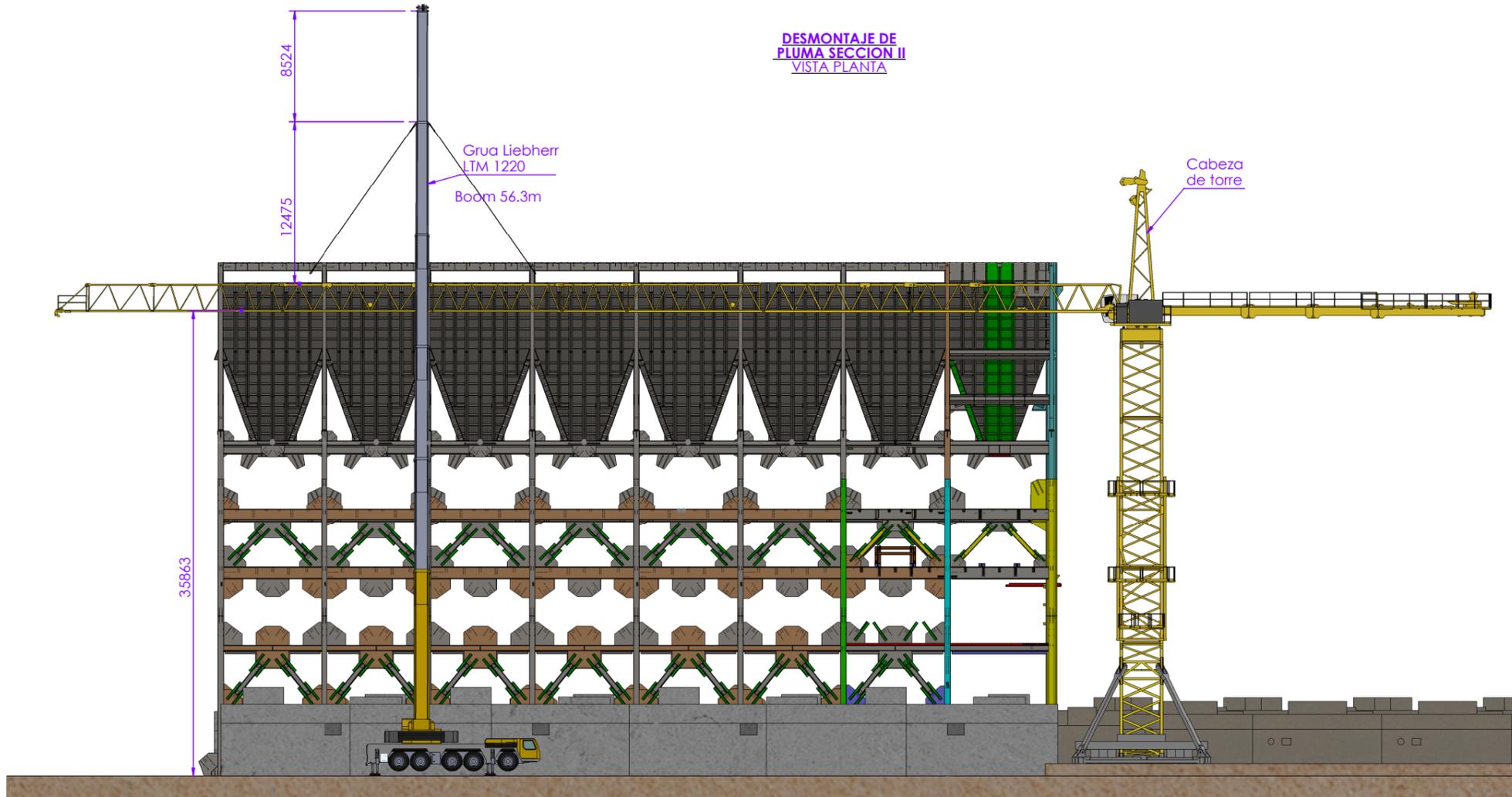
REV. B



4. TOTAL WEIGHT (PESO TOTAL)	
1. Equipment to be lifted / Equipo a izar	18,000.00
2. Lifting equipment / Aparejos de izaje	368.00
3. crane components / componentes grua	1,237.28
TOTAL RIGGING WEIGHT	19,605.28

Reductor-Liebherr LTM 1220	
RIGGING DATA - CRANE 1:	
Lift Crane (grua)	Liebherr
Model (modelo)	LTM 1220
Boom type (Pluma tipo)	60 m
Boom configuration (configuracion pluma)	56.3 m
Radio (radio)	12 m
Crane Counterweight (contrapeso grua)	74,000.00 kg
Carbody counterweight(contrapeso carbody)	0.00 kg
Capacity Chart (capacidad de carga)	24,300.00 kg
Total rigging weigh (peso total de izaje)	19,605.28 kg
% of utilization (% de utilizacion)	80.7%

DES MontaJe DE PLUMA SECCION II VISTA PLANTA



DES MontaJe DE PLUMA SECCION II VISTA LATERAL

CONSIDERACIONES

1. Peso considerado de la Pluma seccion II , de manual de Grua torre 18 Ton.
2. La posicion para el desmontaje de la seccion II pude variar de de acuerdo a campo.
3. Considerar aparejos de izaje largos ya que la longitud de pluma es tambien de longitud considerada (50m aprox.).
4. Considerar para empezar el desmontaje de la pluma disminuir la altura d ela torre hasta una altura aproximada de 35m bajo gancho.
5. Revisar el manual de la grua torre par los puntos de estrobamientos.

COD. DE PERMISO DE IZAJE CRITICO:
 COD. DE HOJA VERDE:
 COD. DE DISEÑO:
 TIPO:
 IZAJE CRITICO:

REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REFERENCE DRAWING No.	REFERENCE DRAWINGS
A	---	ISSUED FOR SQUAD CHECK	AC RA	JG JV							
B	---	ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED									



sociedad minera cerro verde s.a.a.
AREQUIPA - PERU
CERRO VERDE PRODUCTION UNIT EXPANSION



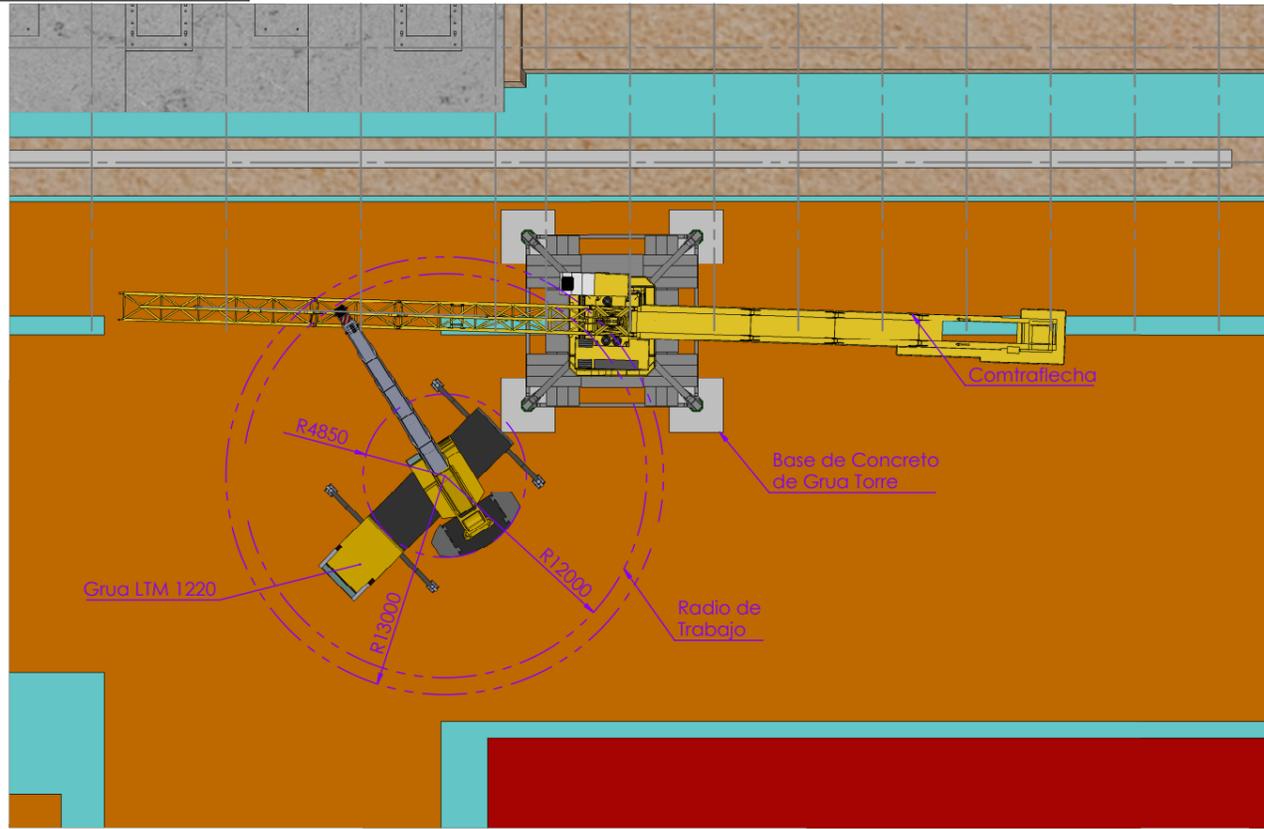
COSAPI
INGENIERIA Y CONSTRUCCION

DESIGNED BY	R. AJALLA	DRAWN BY	A. CHIPA
CHECK DESIGN	C. CASTILLO	CHECK DRAWING	A. MONTALICO
LEAD ENGINEER	O. RAMIREZ	APPROVAL DATE	12 OCT
AREA MANAGER	J. VILLAR	APPROVAL DATE	12 OCT
ENG. MANAGER	N/A	APPROVAL DATE	N/A
CLIENT	N/A	APPROVAL DATE	N/A
		APPROVAL DATE	N/A

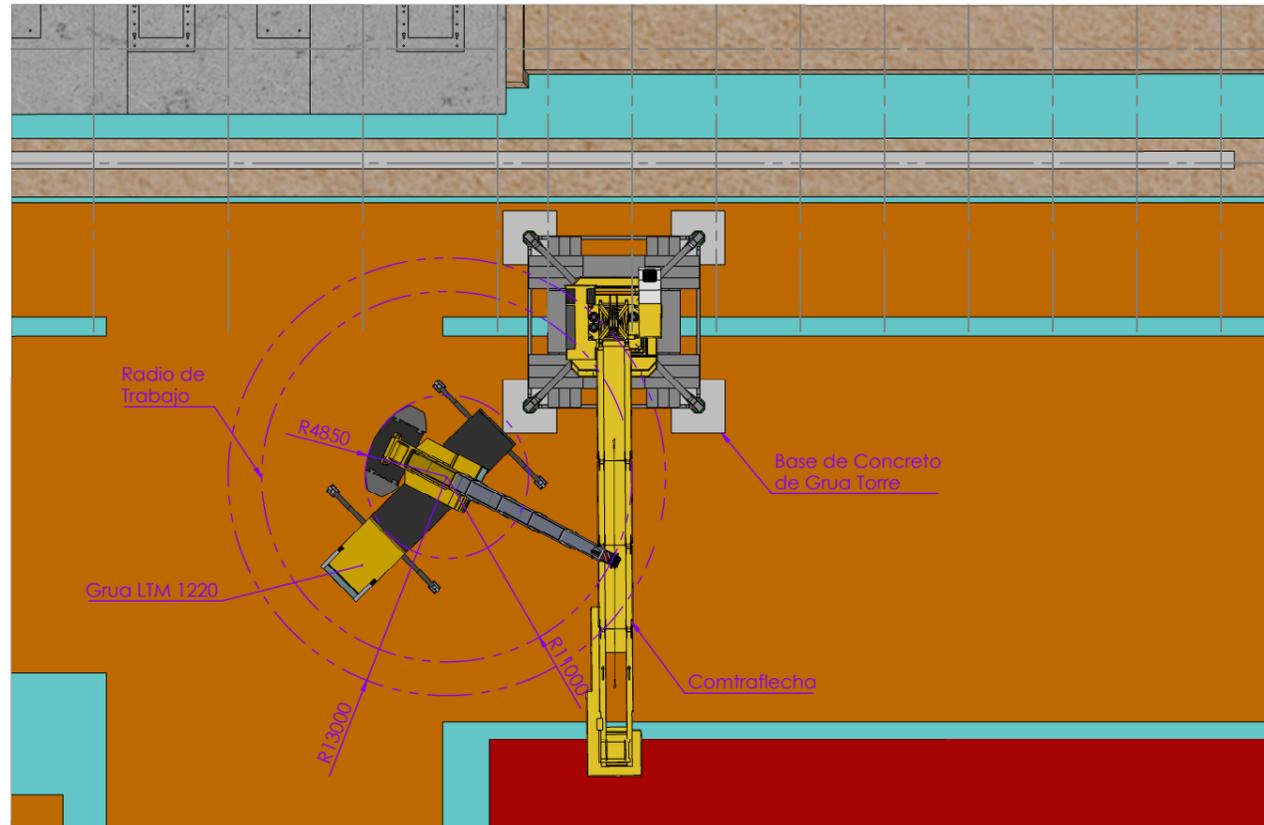
TERTIARY CRUSHING BUILDING

Desmontaje de Pluma Seccion II

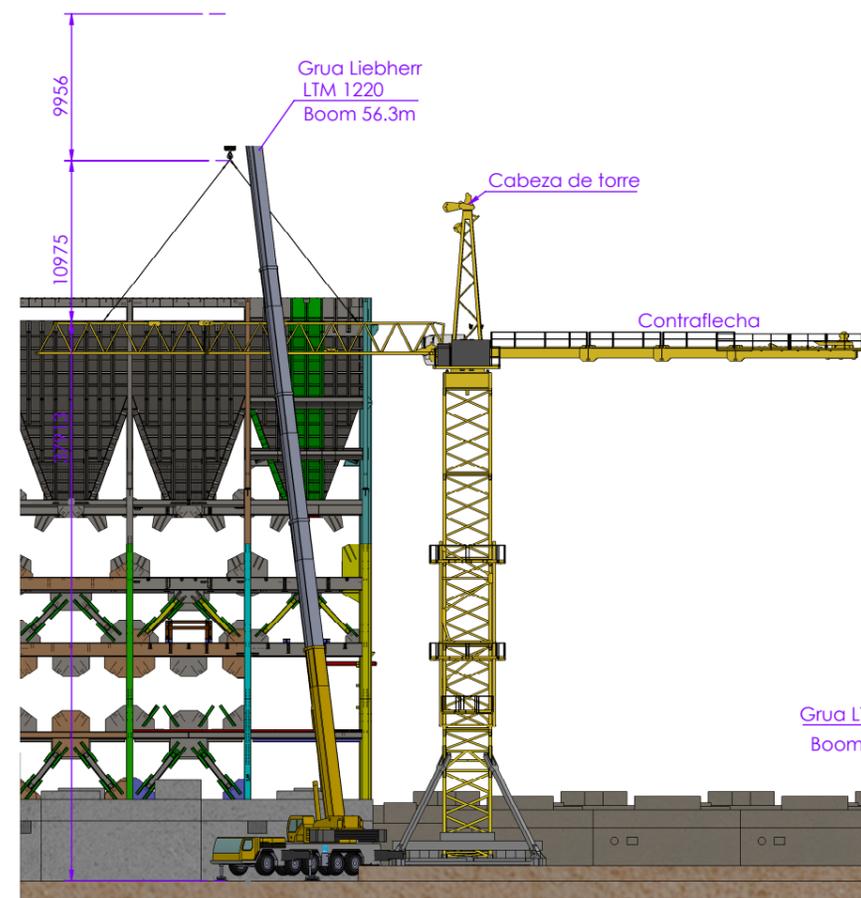
ESCALE	Indicada	DRAWING NUMBER	K161-C2-3230-15S-R173	REV.	B
--------	----------	----------------	-----------------------	------	---



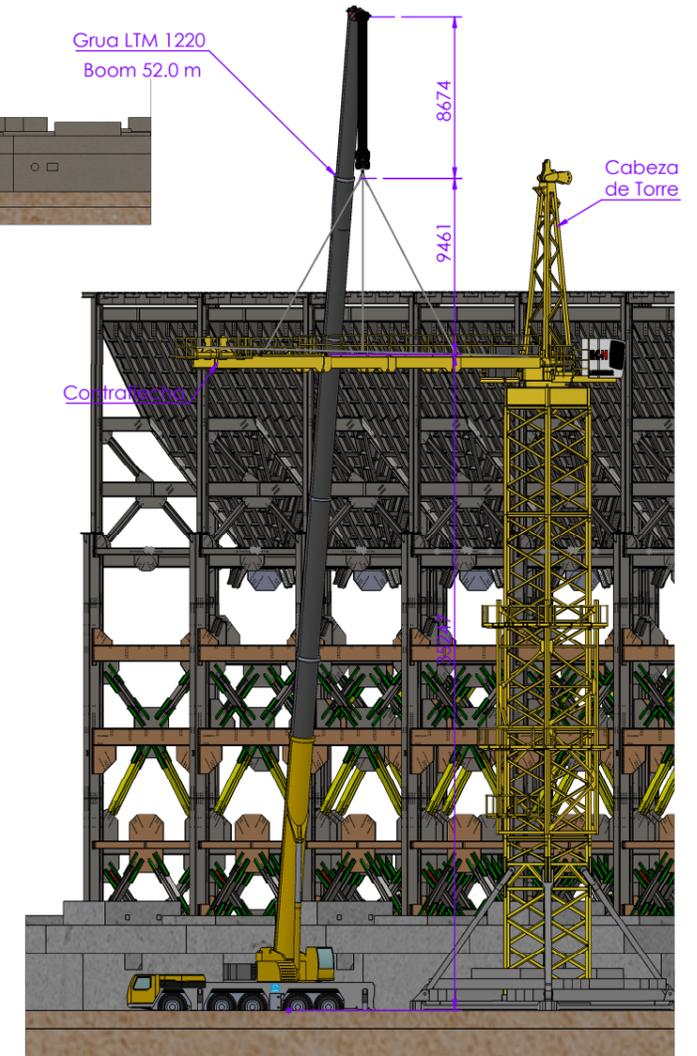
DESMTAJE DE PLUMA SECCION I-VISTA DE PLANTA



DESMTAJE DE CONTRAFLECHA-VISTA DE PLANTA



DESMTAJE DE PLUMA SECCION I VISTA LATERAL



DESMTAJE DE CONTRAFLECHA VISTA LATERAL

4. TOTAL WEIGHT (PESO TOTAL)	
1. Equipment to be lifted / Equipo a izar	17,000.00
2. Lifting equipment / Aparejos de izaje	368.00
3. crane components / componentes grua	1,237.28
TOTAL RIGGING WEIGHT	18,605.28

Reductor-Liebherr LTM 1220	
RIGGING DATA - CRANE 1:	
Lift Crane (grua)	Liebherr
Model (modelo)	LTM 1220
Boom type (Pluma tipo)	60 m
Boom configuration (configuracion pluma)	56.3 m
Radio (radio)	12 m
Crane Counterweight (contrapeso grua)	74,000.00 kg
Carbody counterweight(contrapeso carbody)	0.00 kg
Capacity Chart (capacidad de carga)	24,300.00 kg
Total rigging weigh (peso total de izaje)	18,605.28 kg
% of utilization (% de utilizacion)	76.6%

4. TOTAL WEIGHT (PESO TOTAL)	
1. Equipment to be lifted / Equipo a izar	25,000.00
2. Lifting equipment / Aparejos de izaje	368.00
3. crane components / componentes grua	1,237.28
TOTAL RIGGING WEIGHT	26,605.28

Reductor-Liebherr LTM 1220	
RIGGING DATA - CRANE 1:	
Lift Crane (grua)	Liebherr
Model (modelo)	LTM 1220
Boom type (Pluma tipo)	60 m
Boom configuration (configuracion pluma)	52 m
Radio (radio)	11 m
Crane Counterweight (contrapeso grua)	74,000.00 kg
Carbody counterweight(contrapeso carbody)	0.00 kg
Capacity Chart (capacidad de carga)	29,500.00 kg
Total rigging weigh (peso total de izaje)	26,605.28 kg
% of utilization (% de utilizacion)	90.2%

TIPO: IZAJE CRITICO

COD. DE PERMISO DE IZAJE CRITICO:

COD. DE HOJA VERDE:

COD. DE DISEÑO:

REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REFERENCE DRAWING No.	REFERENCE DRAWINGS
A	---	ISSUED FOR SQUAD CHECK	AC	JG	JV						
B	---	ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED	RA								

sociedad minera cerro verde s.a.a.
AREQUIPA - PERU
CERRO VERDE PRODUCTION UNIT EXPANSION

DESIGNED BY: R. AJALLA
CHECK DESIGN: C. CASTILLO
LEAD ENGINEER: O. RAMIREZ
AREA MANAGER: J. VILLAR
ENG. MANAGER: N/A
CLIENT: N/A

DRAWN BY: A. CHIPPA
CHECK DRAWING: A. MONTALICO
APPROVAL DATE: 12 OCT
APPROVAL DATE: 12 OCT
APPROVAL DATE: N/A
APPROVAL DATE: N/A

TERTIARY CRUSHING BUILDING

Desmontaje de Pluma Seccion I y de Contraflecha

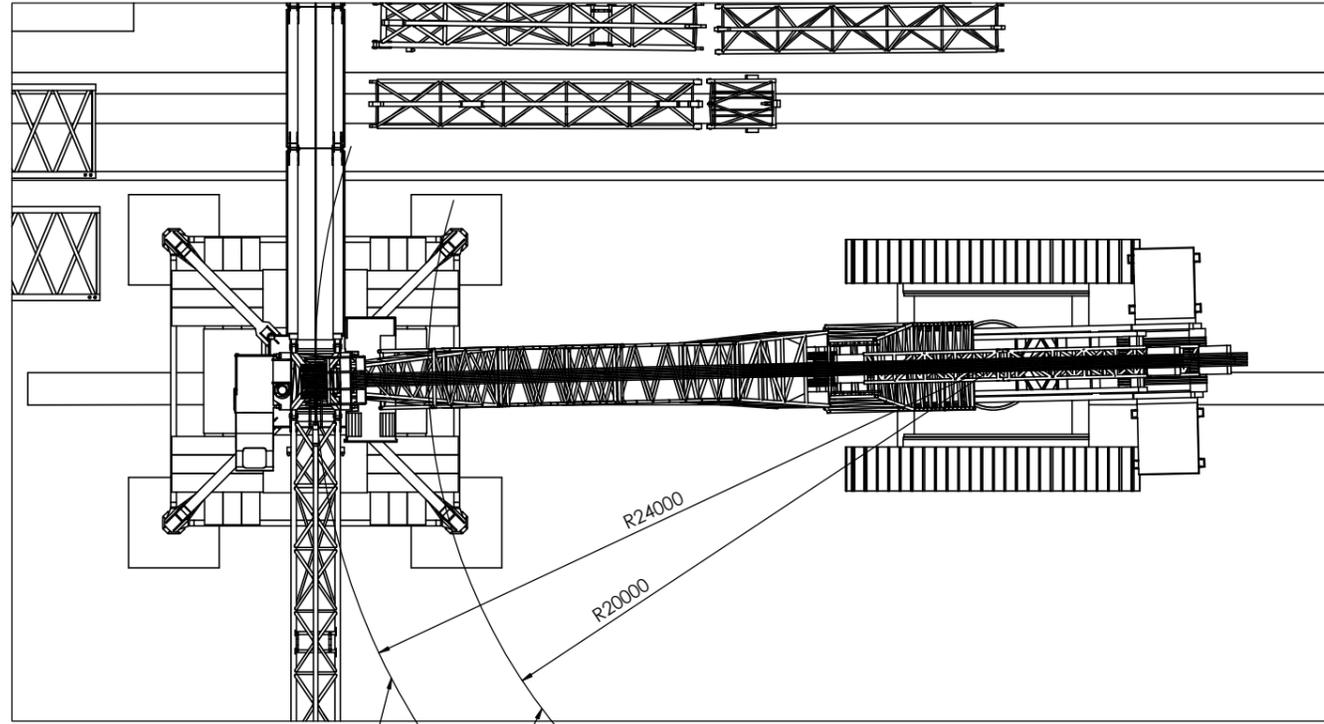
CONFIDENCIAL: ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL, SON PROPIEDAD DE COSAPI S.A. SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA ES UN INFRACCION

COSAPI INGENIERIA Y CONSTRUCCION

ESCALE: Indicada

DRAWING NUMBER: K161-C2-3230-15S-R172

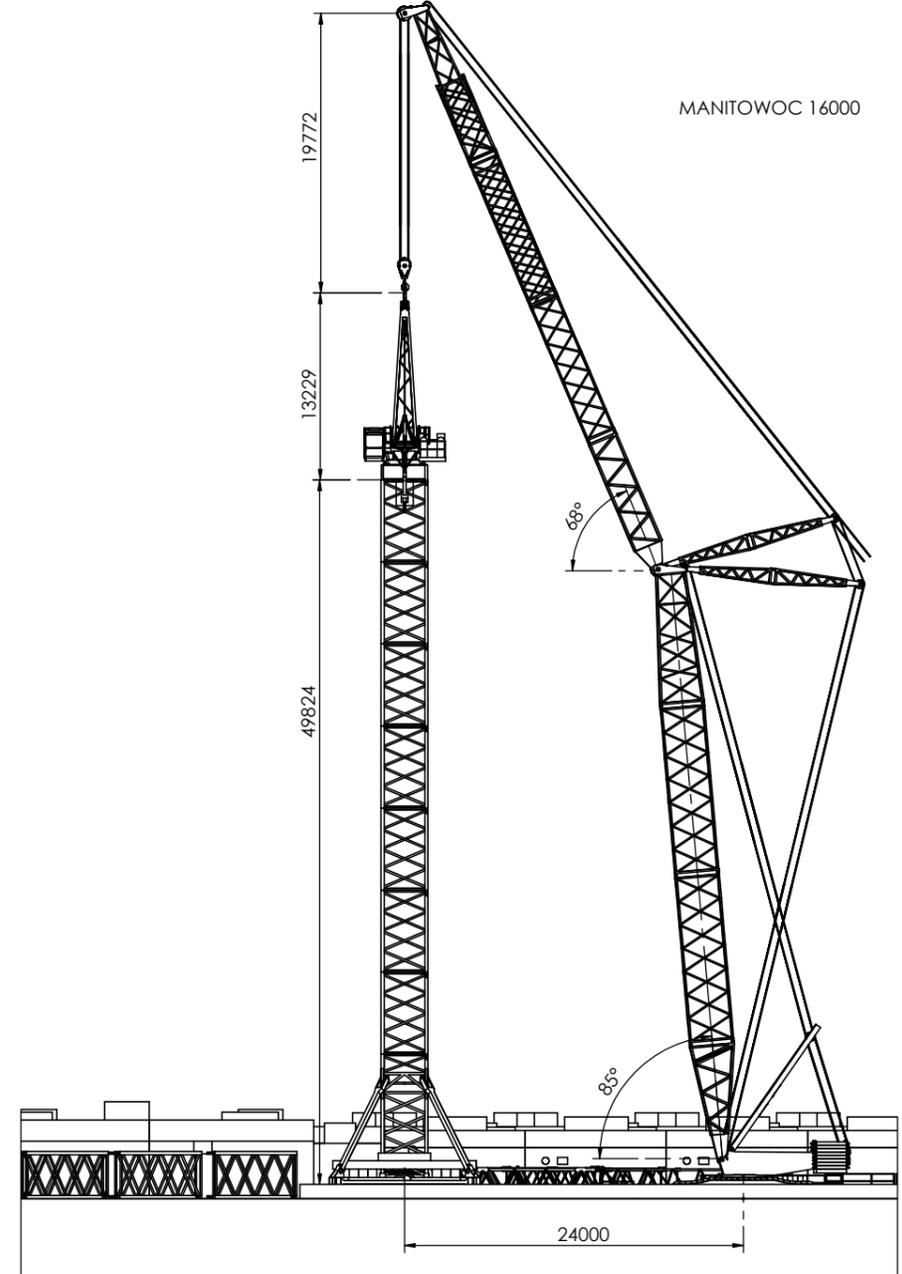
REV. B



Radio de trabajo
Radio minimo
PLANTA

ADJUNTO	
1. Equipment to be lifted (Equipo a izar)	35,000.00
2. Lifting equipment (Aparejos de izaje)	156.00
3. crane components (componentes grua)	6,979.60
TOTAL RIGGING WEIGHT	42,135.60

CRITICAL POSITION - SINGLE LIFT POSICION CRITICA - GRUA MANITOWOC	
RIGGING DATA - CRANE 1:	
Lift Crane (grua)	MANITOWOC
Model (modelo)	16000
Boom type (Pluma tipo)	42 m
Boom configuration (configuracion pluma)	42 m
Radio (radio)	24 m
Crane Counterweight (contrapeso grua)	150,590.00 kg
Carbody counterweight(contrapeso carbody)	0.00 kg
Capacity Chart (capacidad de carga)	80,100.00 kg
Total rigging weigh (peso total de izaje)	42,135.60 kg
% of utilization (% de utilizacion)	52.6%



ESCALA 1 : 500

IZAJE DE TORNAMESA						
1. EQUIPMENT TO BE LIFTED / EQUIPO A IZAR						
DESCRIPTION / DESCRIPCION	CANT.	WEIGHT UN. (kg) / PESO	TOTAL WEIGHT (kg) / PESO T	CAPACITY (ton) / CAP	LOAD (ton) / CARGA	LOAD / CAP
TORNAMESA	1.00	35,000.00	35,000.00	-	-	-
TOTAL			35,000.00			
2. LIFTING EQUIPMENT / APAREJOS DE IZAJE						
DESCRIPTION / DESCRIPCION	CANT.	WEIGHT UN. (kg) / PESO	TOTAL WEIGHT (kg) / PESO T	CAPACITY (ton) CAP	LOAD (ton) CARGA	LOAD / CAP
Estrobo de 2 1/2"x4m	1.00	4.50	36.00	56.00	35,000.00	1.60
Grilletes 2 1/2"	1.00	60.00	120.00	55.00	35,000.00	1.57
TOTAL			156.00			

3. CRANE COMPONENTS / COMPONENTES GRUA						
DESCRIPTION / DESCRIPCION	CANT.	WEIGHT UN. (kg) / PESO	TOTAL WEIGHT (kg) / PESO T	CAPACITY (ton) CAP	LOAD (ton) CARGA	LOAD / CAP
Block/Hook (Bloque y Gancho)	1.00	5,500.00	5,500.00	80.00	42,135.60	1.90
ball (Bola)	0.00	-	0.00	0.00	-	-
Upper Boom (Pluma superior)	-	-	-	-	-	-
Block/hook/ball upper boom(Bloque/Gancho/bola pluma supe)	-	-	-	-	-	-
Fixed Jib	-	-	-	-	-	-
wire rope 1 1/8" below Hook (60 m)	6.00	4.11	1,479.60	154.00	42,135.60	3.65
TOTAL			6,979.60			

COD. DE PERMISO DE IZAJE CRITICO:
 COD. DE HOJA VERDE:
 COD. DE DISEÑO:
 TIPO:
 IZAJE CRITICO:

REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REV.	DATE	REVISION DESCRIPTION	DES. CHK.	APPROVED	REFERENCE DRAWING No.	REFERENCE DRAWINGS
A	---	ISSUED FOR SQUAD CHECK	AC	JG	JV						
B	---	ISSUED FOR CLIENT REVIEW - NOT USED	R.A.								

sociedad minera cerro verde s.a.a.
AREQUIPA - PERU
CERRO VERDE PRODUCTION UNIT EXPANSION

DESIGNED BY: R. AJALLA
CHECK DESIGN: C. CASTILLO
LEAD ENGINEER: O. RAMIREZ
AREA MANAGER: J. VILLAR
ENG. MANAGER: N/A
CLIENT: N/A
NIA

DRAWN BY: A. CHIPA
CHECK DRAWING: A. MONTALICO
APPROVAL DATE: 06 NOV
APPROVAL DATE: 06 NOV
APPROVAL DATE: 06 NOV
APPROVAL DATE: N/A
APPROVAL DATE: N/A
NIA

TERTIARY CRUSHING BUILDING
IZAJE DE TORNAMESA

CONFIDENCIAL:
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL, SON PROPIEDAD DE COSAPI S.A. SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA ESTAN PROHIBIDOS

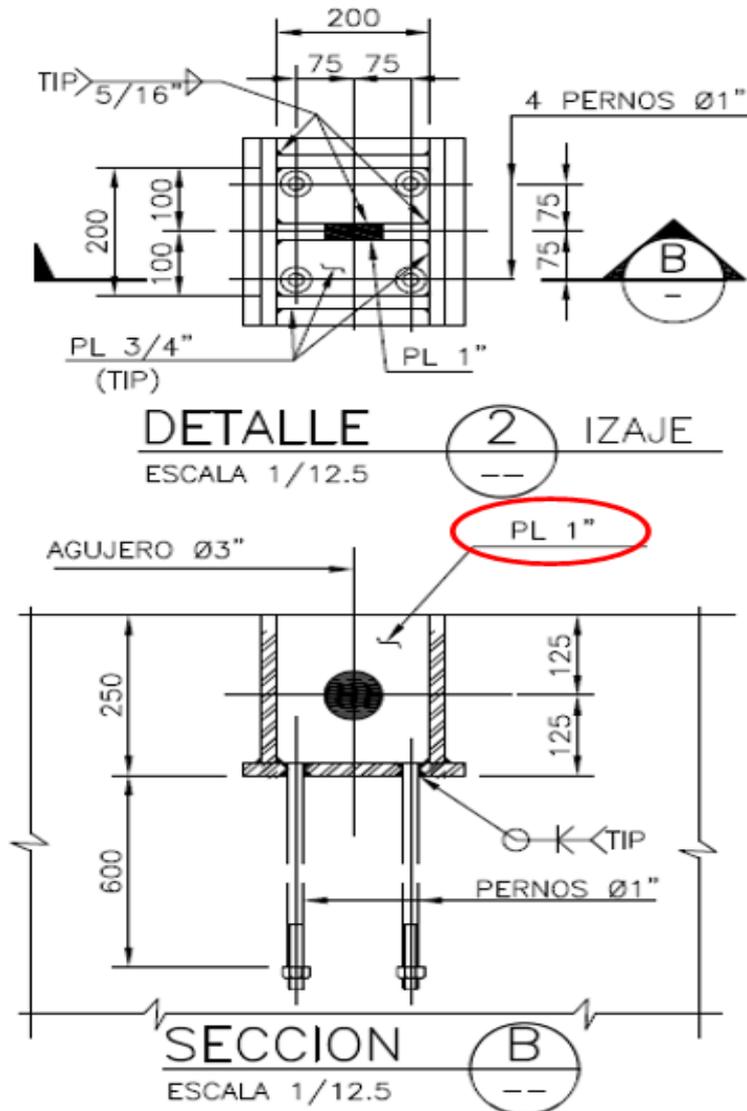
COSAPI
INGENIERIA Y CONSTRUCCION

ESCALE: Indicada
DRAWING NUMBER: K161-C2-3230-15S-R078

REV. B

ANEXO 4
DISEÑO DE CAJUELA PARA IZAJE

- Se verifica a continuación la plancha con el agujero de 3" para el izaje.



Peso de cimentación, $P_{cim.} = 3.2 \times 3.2 \times 1.2 \times 2.4 = 29.5 \text{ ton}$

Impacto, $I = 0.3 \times 29.5 = 8.85 \text{ ton}$

Fuerza Total, $F = 29.5 + 8.85 = 38.35 \text{ ton}$

Cada punto de Izaje cargara en estado último,

$$F_u = \frac{38.35}{4} \times 1.60 = 15.4 \text{ ton} = 33.85 \text{ kip}$$

- Se verifica a continuación la resistencia a la ruptura por corte:

$$\phi P_n = 0.75 \times (0.6 \times F_u \times A_{sf})$$

El área efectiva es, $A_{sf} = 2t \left(a + \frac{d}{2} \right) = 2 \times 1 \times \left(2.43 + \frac{1}{2} \right) = 4.395 \text{ in}^2$

a: distancia paralela más corta desde el borde del agujero al término de la plancha

d: diámetro del pin (se asume Pin de $\phi=1"$)

Entonces, $\phi P_n = 0.75 \times (0.6 \times 58 \times 4.395) = 114.7 \text{ Kip}$

Por lo tanto $\phi P_n > F_u$

- Se verifica a continuación la soldadura de filete

Como tenemos un cordón de soldadura $\frac{5}{16} \text{ in}$,

la cual resiste $1.245 \frac{\text{ton}}{\text{cm}}$ para un electródo protegido E70XX

y tenemos una longitud $L = 4 \times (12.5 \times 2 - 1.9) = 92.4 \text{ cm}$

$$\phi P_n = 1.245 \frac{\text{ton}}{\text{cm}} \times 92.4 \text{ cm} = 115 \text{ ton} = 253.5 \text{ Kip}$$

Por lo tanto $\phi P_n > F_u$

- Se verifica a continuación los pernos de anclaje

Tenemos 4 pernos $\phi 1" - A36$,

tenemos un área de, $A_g = 0.785 \text{ in}^2 \times 4 = 3.14 \text{ in}^2$

$$\phi P_n = 0.9 \times A_g \times F_y = 0.9 \times 3.14 \times 36 = 101.7 \text{ Kip}$$

Por lo tanto $\phi P_n > F_u$

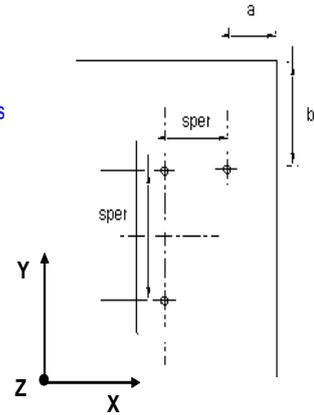
- Se verifica las diversas fallas en el concreto:

1.0 VERIFICACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE

1.1 DATOS

1.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL PERNO DE ANCLAJE

Tipo de perno	:	A307
	:	Pre-Instalados
	:	Con refuerzo adicional (estribos) para controlar fallas
Cantidad (Nper)	:	4
Diámetro	:	1 in
Area transversal A_s	:	0.785 cm ²
Area efectiva transversal A_{ef}	:	0.606 cm ²
Longitud Embebida E	:	60.00 cm
Separación entre pernos en X	:	15.00 cm
→ Se puede considerar como un conjunto de pernos en X		
Separación entre pernos en Y	:	15.00 cm
→ Se puede considerar como un conjunto de pernos en Y		
Peralte del concreto	:	95.00 cm



1.1.2 SEPARACION DE PERNOS AL BLOQUE DE CONCRETO

+ Menor distancia en dirección X del perno al borde del bloque	a =	52.5 cm
+ Menor distancia en dirección Y del perno al borde del bloque	b =	52.5 cm

Dimensiones de cimentación o pedestal

Ancho =	160 cm
Largo =	160 cm

1.1.3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Esfuerzo de fluencia especificado del perno	$F_y =$	36.00	ksi
Esfuerzo de tensión última especificado del perno	$F_u =$	58.00	ksi
Concreto	$f_c =$	280.00	Kg/cm ²

1.2 CARGAS ACTUANTES EN LOS PERNOS

En la parte superior del pedestal:

V total =	8.85	T
M total =	0.00	T-m

Fuerza axial actuante = 15.40 T (+) si es tracción, (-) si es compresión

P actu = 15.40 T Fuerza axial actuante

Calculamos las fuerzas últimas de cortante y tracción más desfavorables de cada perno.

$V_u =$	2213	Kg	Fuerza cortante. ($V = V_{total} / N_{per}$)
$N_u =$	3850	Kg	Fuerza tracción. ($N = M_{total} / sper / (0.5 * N_{per}) + P_{actu} / N_{per}$)
$N_u =$	3850	Kg	Tracción en cada perno
$N_u \text{ grup.} =$	15400	Kg	Fuerza para grupo de pernos en Tracción

1.3 VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PERNO

Fuerza cortante resistente :	$\phi V_n =$	6218 Kg	$0.2 \phi V_n =$	1244 Kg
Fuerza tracción resistente :	$\phi N_n =$	11957 Kg	$0.2 \phi N_n =$	2391 Kg

Si $V_u < 0.2\phi V_n$ y $N_u < 0.2\phi N_n$

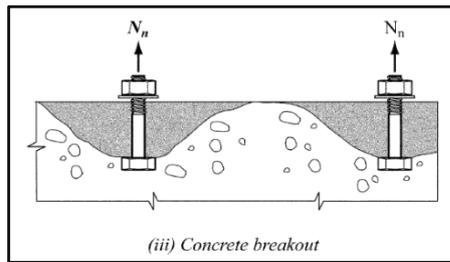
$$\left(\frac{N_u}{\phi N_n} \right)^{5/3} + \left(\frac{V_u}{\phi V_n} \right)^{5/3} \leq 1$$

Pero si $V_u > 0.2\phi V_n$ y $N_u > 0.2\phi N_n$

$$\left(\frac{N_u}{\phi N_n} \right) + \left(\frac{V_u}{\phi V_n} \right) \leq 1.2$$

Interacción Corte y Tracción : Conforme interacción de Pernos $N_u/\phi N_n + V_u/\phi V_n < 1.2$

1.4 RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO DEL CONCRETO POR TRACCIÓN

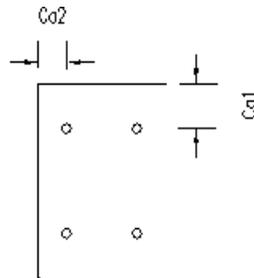


Si Ca_1 o $Ca_2 < 1.5 \text{ hef}$

Calcular nuevo hef
tomando el mayor valor de:

$Ca_{\max} / 1.5$ o $S/3$

S = Máxima separación entre
pernos



$Ca_1 = 52.5 \text{ cm}$
 $Ca_2 = 52.5 \text{ cm}$
 $\text{hemb} = 60.0 \text{ cm}$
 $\text{hef} = 35.0 \text{ cm}$

A) Para un grupo de pernos:

$\text{hemb} = 60.0 \text{ cm}$ (Longitud empotramiento real)
 $ca_{\min} = 52.5 \text{ cm}$ (Distancia mínima del anclaje al borde de concreto)
 $ca_{\max} = 52.5 \text{ cm}$ (Distancia máxima del anclaje al borde de concreto)
 $\psi_{ecN} = 1$ (sin excentricidad)
 $\psi_{edN} = 0.88$ (Efecto de borde)

Pre-Instalados

$\psi_{cN} = 1.25$
 $\psi_{cpN} = 1$ (Anclajes preinstalados)

$ANCO = 32400 \text{ cm}^2$ (Área de contacto)
 $ANC = 25600 \text{ cm}^2$ (Área de cimentación)

$Anco = 9 \cdot \text{hef}^2$

Si Ca_1 o $Ca_2 < 1.5 \text{ hef}$, entonces $Anc = \text{Área del pedestal}$

$N_b = k_c \cdot \sqrt{f'c} \cdot h_{ef}^{1.5}$, $k_c = 24$ (pre - instalados), $k_c = 17$ (post - instalados)

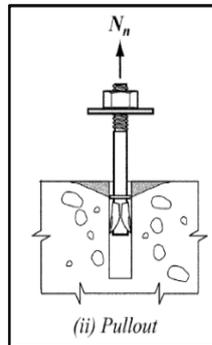
$N_b = 16 \cdot \sqrt{f'c} \cdot h_{ef}^{5/3}$, $11 \text{ in} < h_{ef} < 25 \text{ in}$

$N_{cbg} = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} \cdot \psi_{ecN} \cdot \psi_{edN} \cdot \psi_{cN} \cdot \psi_{cpN} \cdot N_b$

Nb:
Resistencia a la rotura
de un perno simple

Nu grup. = 15,400 Kg
 kc = 24
 Nb = 89,264 Kg
 N cbg = 77,142 Kg
 $\phi = 0.75$
 $\phi Ncbg = 57,857$ Kg **Conforme** $\phi Ncbg > Nu$ grup.

1.5 RESISTENCIA A LA EXTRACCIÓN POR DESLIZAMIENTO DEL ANCLAJE POR TRACCIÓN



Diámetro de la cabeza del perno W = 1 5/8 pulg
 Area de apoyo de la cabeza del perno: A brg = 7.503 cm²
 $\psi_{c,P} = 1.40$ (Sin fisuración)

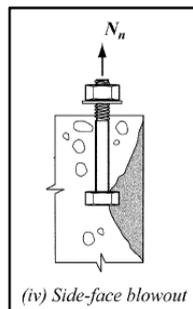
$N_u = 3,850$ Kg

$N_p = 16,807$ Kg
 $N_{pn} = 23,530$ Kg
 $\phi = 0.70$
 $\phi N_{pn} = 16,471$ Kg **Conforme** $\phi N_{pn} > N_u$

$$N_p = 8 \cdot f'_c \cdot A_{brg}$$

$$N_{pn} = N_p \cdot \psi_{c,P}$$

1.6 RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO LATERAL DEL CONCRETO POR TRACCIÓN



A) Para un grupo de pernos:

Ca 1 = 52.50 cm
 Ca 2 = 52.50 cm
 h ef = 35.00 cm (Longitud de Empotramiento real)
 0.4h ef = 14.00 cm
 Nu = 3,850 Kg
 N sb = 51,135 Kg
 $\phi = 0.75$
 $\phi Nsb = 38,351$ Kg **Conforme** $\phi Nsb > N_u$

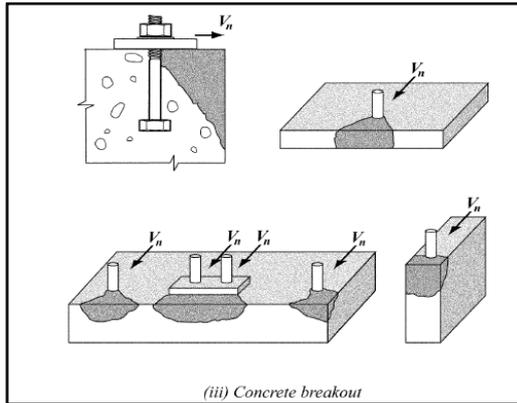
$$Si : C_{a1} \leq 0.4h_{ef}$$

Entonces :

$$N_{sb} = 42.6 \cdot C_{a1} \cdot \sqrt{A_{brg}} \cdot \sqrt{f'_c}$$

Si $Ca2 < 3 Ca1$ entonces multiplicar Nsb por:
 $(1+Ca2/Ca1)/4$ donde $Ca2/Ca1 \geq 1$ y $Ca2/Ca1 \leq 1$

1.7 RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO DEL CONCRETO POR CORTANTE



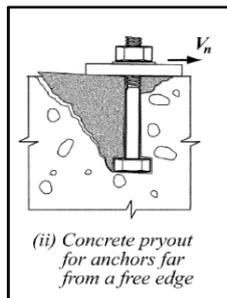
A) Para un grupo de pernos:

Ca 1	=	52.50 cm		
Ca 2	=	52.50 cm		
A _{vco}	=	12403 cm ²	A _{vc} = 4.5*Ca1 ²	
A _{vc}	=	12403 cm ²	A _{vc} = 2.(1.5*Ca1)*ha	ha = 78.75 cm
do	=	2.54 cm	(Diámetro del perno)	
le	=	20.32 cm	(Longitud de aplastamiento le = 8 do)	
ψ _{ec,v}	=	1	(Sin excentricidad)	
ψ _{ed,v}	=	0.90	(Efecto de borde)	
ψ _{c,v}	=	1.4	(Sin fisuración)	
V _u	=	2,213 Kg		
V _b	=	28,600 Kg		
V _{cbg}	=	36,036 Kg		
φ	=	0.75		
φV _{cbg}	=	27,027 Kg	Conforme	

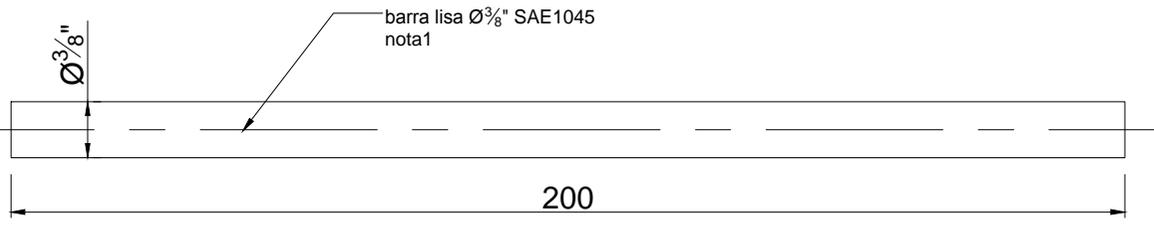
$$V_b = 1.86.(le / do)^{0.2} \cdot \sqrt{do} \cdot \sqrt{f'c} \cdot C_{a1}^{1.5}$$

$$V_{cbg} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \cdot \psi_{ecv} \cdot \psi_{edv} \cdot \psi_{cv}$$

1.8 RESISTENCIA A LA DISLOCACIÓN DEL CONCRETO POR CORTANTE

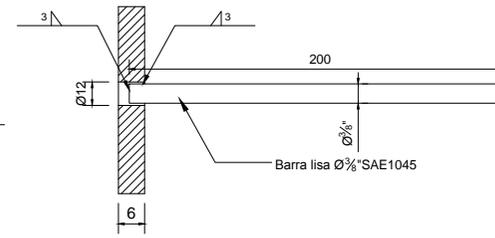


V _u	=	2,213 Kg		
K _{cpq}	=	2		
V _{cpq}	=	154,284 Kg		
φ	=	0.70		
φV _{cpq}	=	107,999 Kg	Conforme	φV _{cpq} > V _u



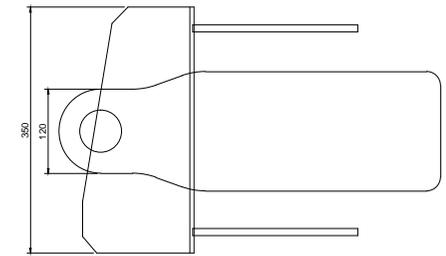
BARRA REDONDA - 88und

ESCALA 1:1



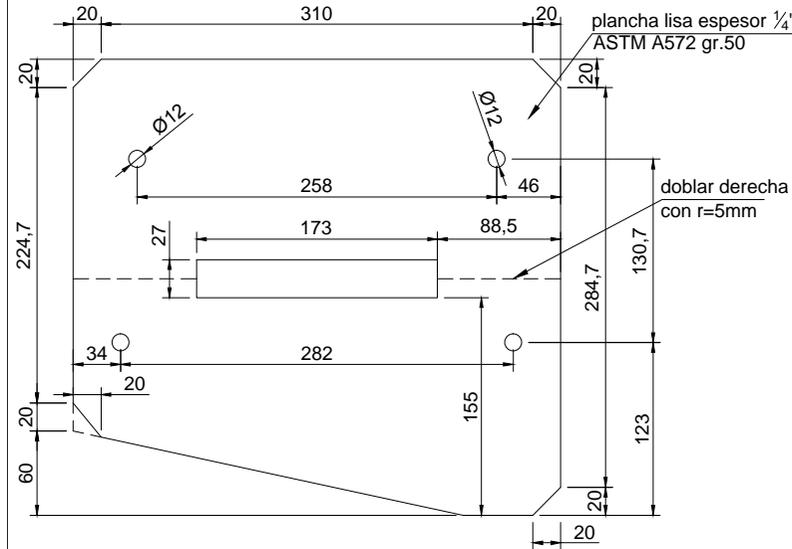
DETALLE "A"

ESCALA 1:1



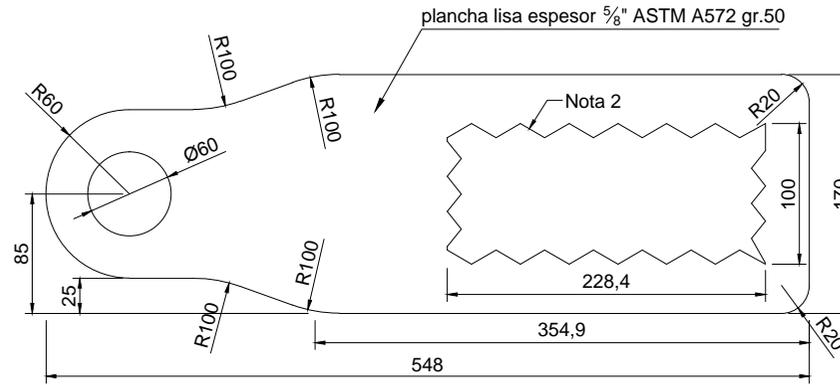
B-B

ESCALA 1:1



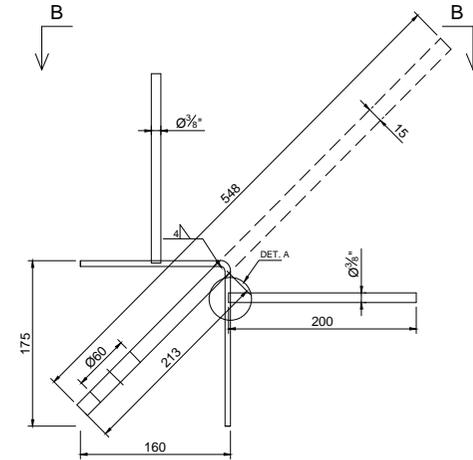
PLANCHA DOBLADA INSERTO 7.1 - 11und

ESCALA 1:4

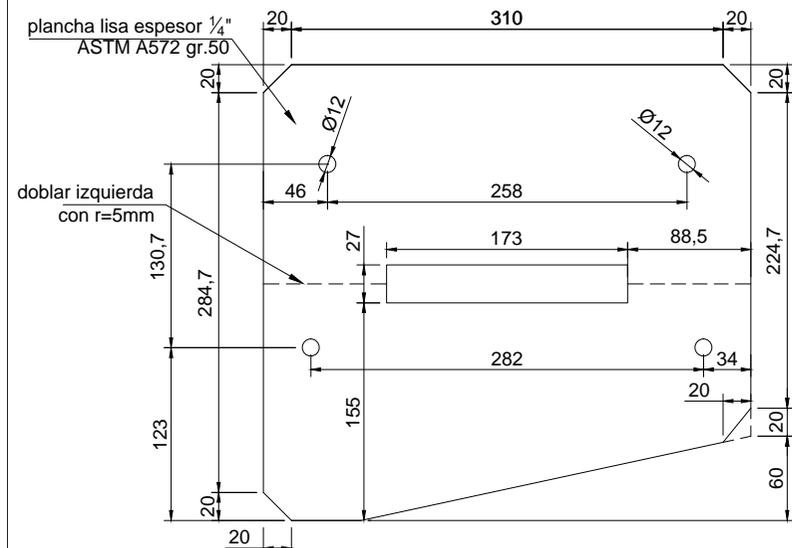


PLANCHA INSERTO 7.1 y 7.2 - 22und

ESCALA 1:4



PLANTA GENERAL



PLANCHA DOBLADA INSERTO 7.2 - 11und

ESCALA 1:4

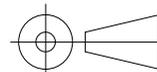
		CLIENTE:	COSAPI								
		PROYECTO:	Insertos para contrapesos								
Cant	Tipo	Descripcion	Tipo de Material	Dimensiones		Unid	Cant	Peso Unit. Kg	Peso Total Kg	Area unit. m2	Area Total m2
11	90035252_0	Contrapeso 5.6 ton						36.08	396.85	0.89	9.81
	Inserto 7.1	plancha 1/4"	ASTM A572 gr.50	335	350 mm		1	5.84	5.84	0.23	0.23
	Inserto 7.1	plancha 5/8"	ASTM A572 gr.50	548	170 mm		1	11.70	11.70	0.19	0.19
	Inserto 7.1	Barra lisa Ø3/8"	SAE1045		200 mm		4	0.12	0.49	0.01	0.03
	Inserto 7.2	plancha 1/4"	ASTM A572 gr.50	335	350 mm		1	5.84	5.84	0.23	0.23
	Inserto 7.2	plancha 5/8"	ASTM A572 gr.50	548	170 mm		1	11.70	11.70	0.19	0.19
	Inserto 7.2	Barra lisa Ø3/8"	SAE1045		200 mm		4	0.12	0.49	0.01	0.03

CONTRAPESO 5.6TON

NOTAS:

- Soldar 44 und. en insertos 7.1 y 44 und. en insertos 7.2.
- Corte dentado pasante en todo el espesor (segun plano), mediante soplete.

REVISIONES	Nº REALIZADO	FECHA	DESCRIPCIÓN	NOMBRES	FIRMA	CLIENTE: COSAPI
A	C.I.M	11/07/14	REVISION	DIBUJO: J.L.M.H		TITULO: INSERTOS 7.1 Y 7.2
B	C.I.M	16/07/14	REVISION			REF.: C075.001-718.310 rev.0

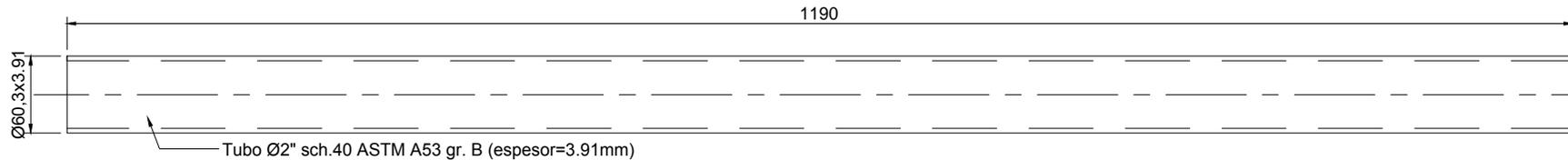


ESCALA: INDICADA

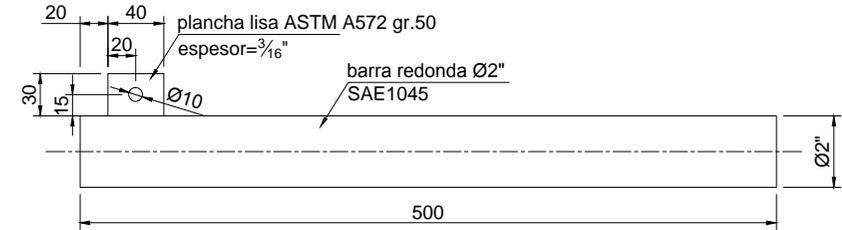
REV. Nº DE PLANO
PC22-1-01

CORPORACION INGENIERIA METALICA

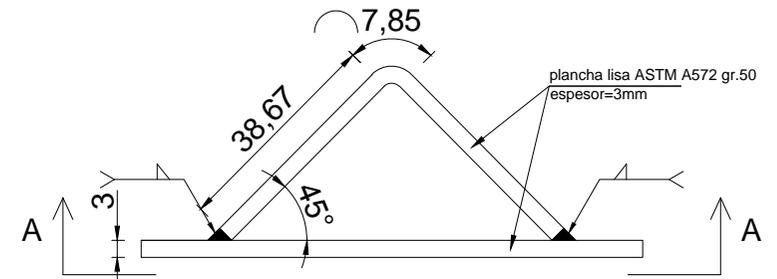




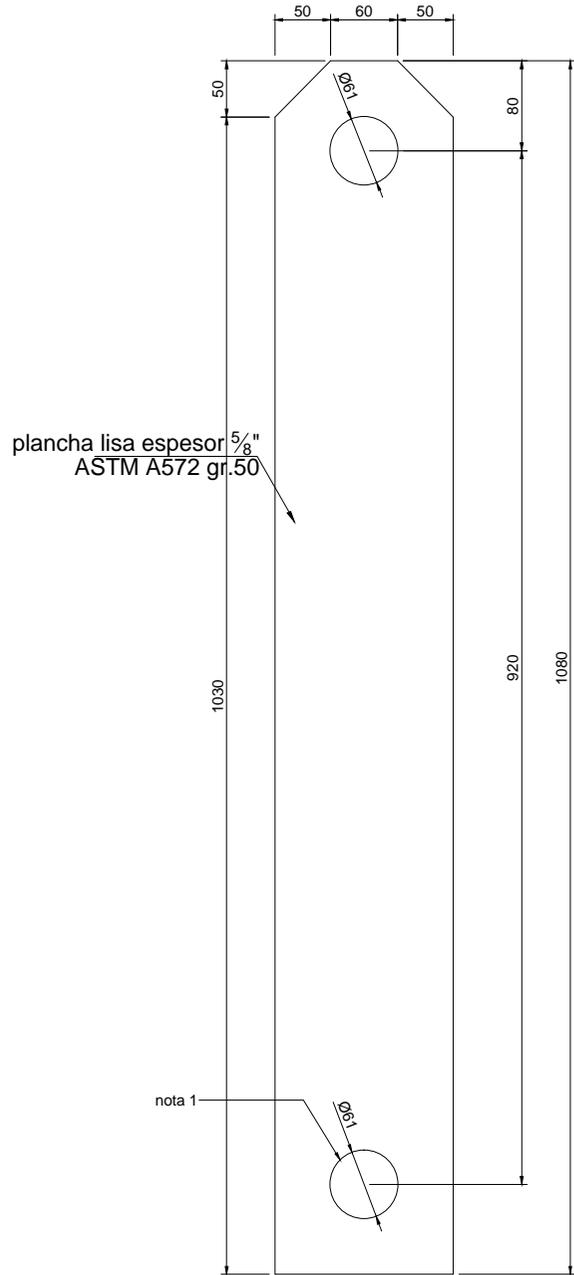
TUBO Ø2" INSERTO 11 - 11und
ESCALA 1:4



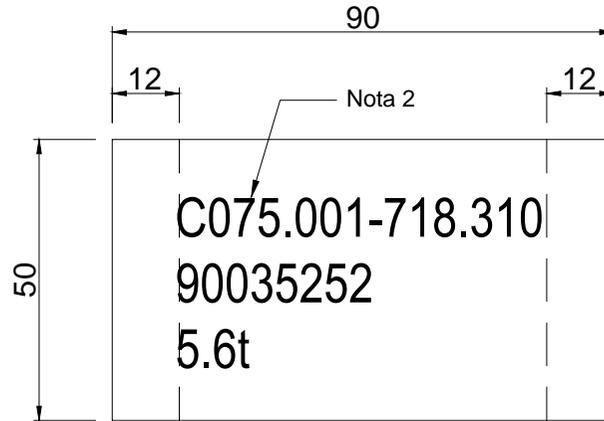
PLANCHA DOBLADA INSERTO 10 - 22und
ESCALA 1:4



PLANCHA DOBLADA INSERTO 9 - 11und
ESCALA 1:1



INSERTO 8 - 11und
ESCALA 1:5



A-A
ESCALA 1:1

		CLIENTE:	COSAPI								
		PROYECTO:	Insertos para contrapesos								
Cant	Tipo	Descripcion	Tipo de Material	Dimensiones		Unid	Cant	Peso Unit. Kg	Peso Total Kg	Area unit. m2	Area Total m2
11	90035252_0	Contrapeso 5.6 ton						44.39	488.28	0.75	8.29
	Inserto 8	plancha 5/8"	ASTM A 572 gr.50	160	1080 mm		1	21.70	21.70	0.35	0.35
	Inserto 9	plancha 3mm	ASTM A 572 gr.50	90	50 mm		1	0.11	0.11	0.01	0.01
	Inserto 9	plancha 3mm	ASTM A 572 gr.50	86	50 mm		1	0.10	0.10	0.01	0.01
	Inserto 10	Barra lisa Ø2"	SAE 1045		500 mm		2	7.96	15.91	0.08	0.16
	Inserto 10	Plancha 3/16"	ASTM A 572 gr.50	30	40 mm		2	0.05	0.09	0.002	0.005
	Inserto 11	Tubo sch.40 Ø2"	ASTM A53 gr.B		1190 mm		1	6.47	6.47	0.23	0.23

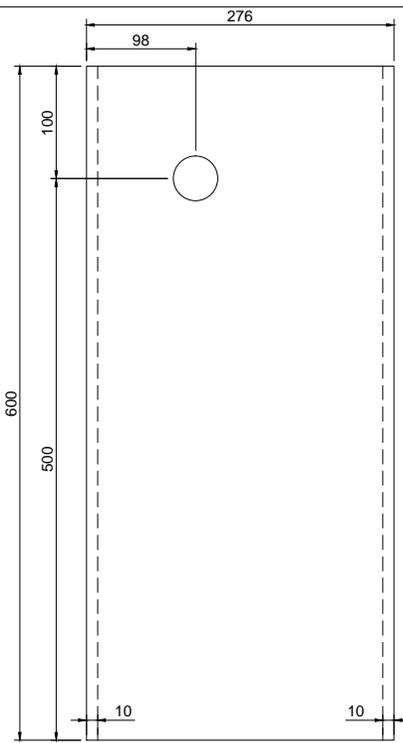
CONTRAPESO 5.6TON

NOTAS:

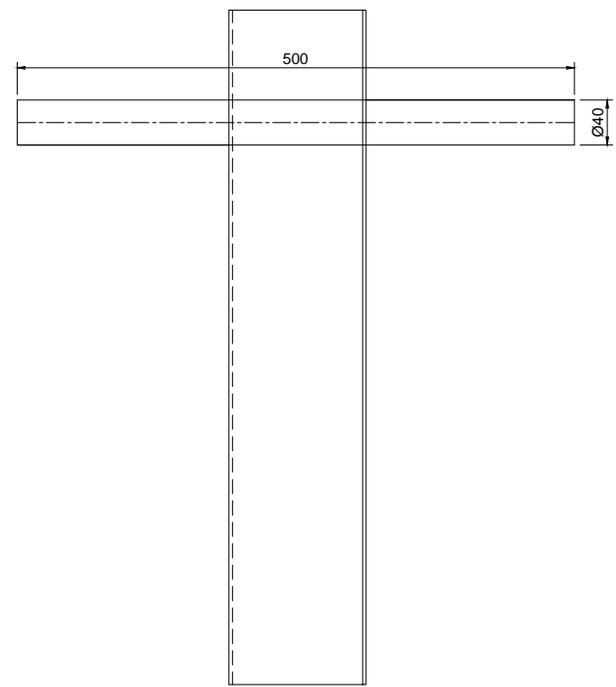
- 1.- Pasa inserto 11 hasta la mitad y soldar a ambos lados. (segun planos del cliente)
- 2.- Bajo relieve, altura de letra=7mm

REVISIONES	Nº REALIZADO	FECHA	DESCRIPCIÓN	NOMBRES	FIRMA	CLIENTE: COSAPI
	A	C.I.M	11/07/14	REVISION	DIBUJO: J.L.M.H	
B	C.I.M	16/07/14	REVISION			TITULO: INSERTOS 8,9,10 y 11
						REF.: C075.001-718.310 rev.0

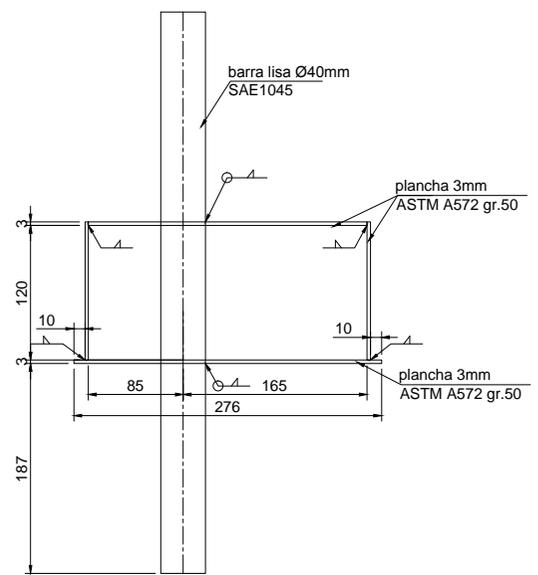
	ESCALA:	INDICADA	CORPORACION INGENIERIA METALICA	
	REV.	Nº DE PLANO			PC22-1-02



ELEVACION



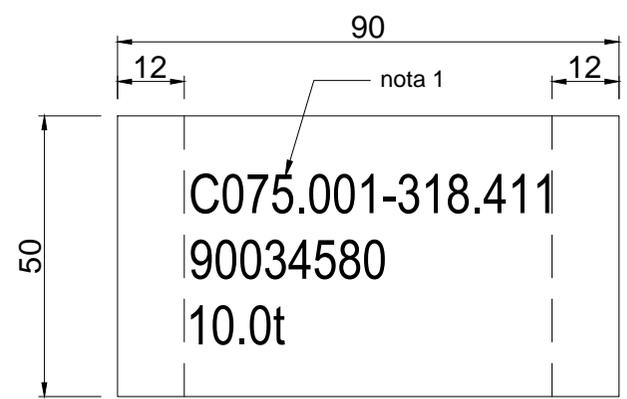
PERFIL



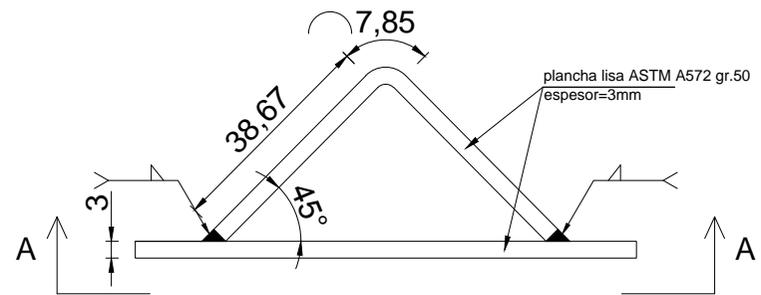
PLANTA

INSERTO 8 - 8und
ESCALA 1:5

NOTAS:
1.- Bajo relieve, altura de letra=7mm



A-A
ESCALA 1:1

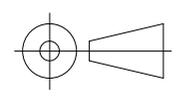


PLANCHA DOBLADA INSERTO 9 - 4und
ESCALA 1:1

		CLIENTE:	COSAPI							
		PROYECTO:	Insertos para contrapesos							
Cant	Tipo	Descripcion	Tipo de Material	Dimensiones	Unid	Cant	Peso Unit. Kg	Peso Total Kg	Area unit. m2	Area Total m2
4	90034580_0	Contrapeso 10 ton					32.02	128.10	1.07	4.28
	Inserto 8	Barra lisa Ø40mm	SAE1045	500 mm	2		5.00	10.00	0.06	0.13
	Inserto 8	Plancha 3mm	ASTM A 572 gr.50	276 600 mm	2		3.90	7.80	0.17	0.33
	Inserto 8	Plancha 3mm	ASTM A 572 gr.50	123 600 mm	4		1.74	6.95	0.07	0.30
	Inserto 8	Plancha 3mm	ASTM A 572 gr.50	250 600 mm	2		3.53	7.07	0.15	0.30
	Inserto 9	plancha 3mm	ASTM A 572 gr.50	90 50 mm	1		0.11	0.11	0.01	0.01
	Inserto 9	plancha 3mm	ASTM A 572 gr.50	86 50 mm	1		0.10	0.10	0.01	0.01

CONTRAPESO 10 TON

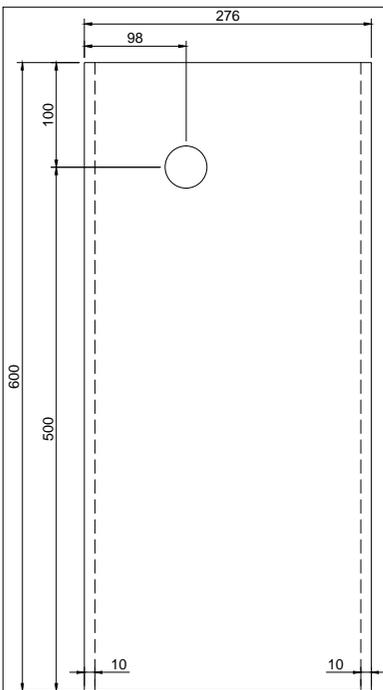
REVISIONES	Nº REALIZADO	FECHA	DESCRIPCIÓN	NOMBRES	FIRMA	CLIENTE: COSAPI
A	C.I.M	11/07/14	REVISION	DIBUJO: J.L.M.H		TITULO: INSERTOS 8 y 9
B	C.I.M	16/07/14	REVISION			REF.: C075.001-318.411 rev.0



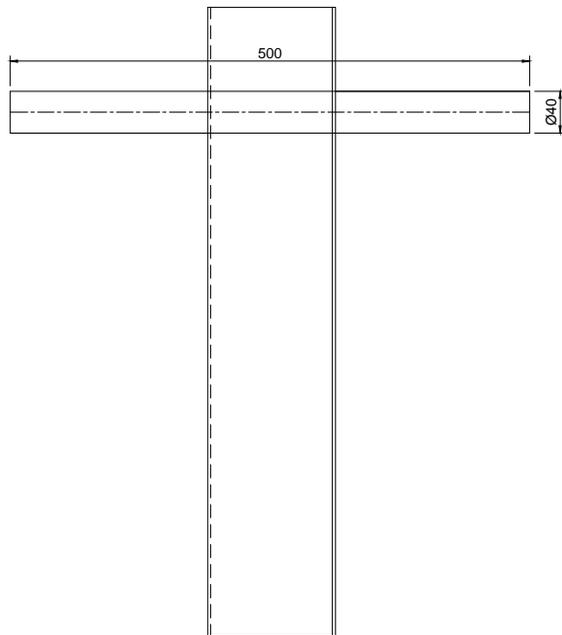
ESCALA: INDICADA
REV. Nº DE PLANO
PC22-1-03

CORPORACION INGENIERIA METALICA

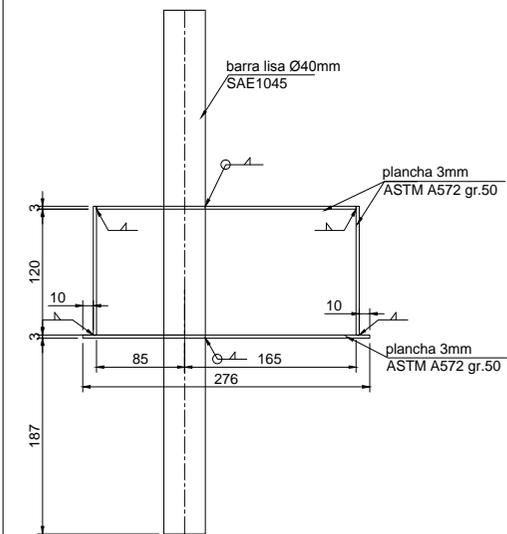




ELEVACION



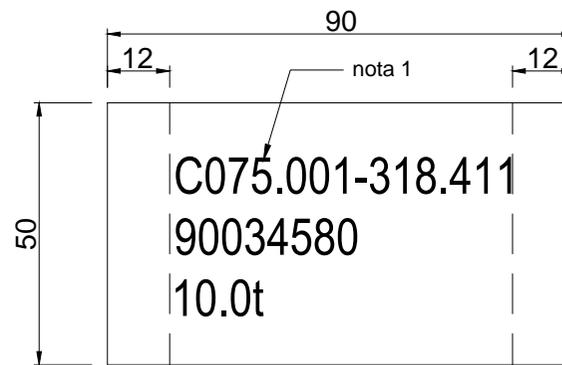
PERFIL



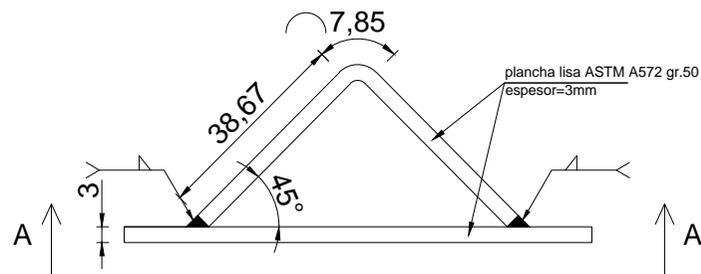
PLANTA

INSERTO 8 -16und
ESCALA 1:5

NOTAS:
1.- Bajo relieve, altura de letra=7mm



A-A
ESCALA 1:1



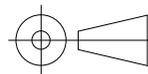
PLANCHA DOBLADA INSERTO 9 - 8und

ESCALA 1:1

		CLIENTE:	COSAPI							
		PROYECTO:	Insertos para contrapesos							
Cant	Tipo	Descripcion	Tipo de Material	Dimensiones	Unid	Cant	Peso Unit. Kg	Peso Total Kg	Area unit. m2	Area Total m2
8	90034580_0	Contrapeso 10 ton					32.02	256.19	1.07	8.56
Inserto 8		Barra lisa Ø40mm	SAE 1045		500 mm	2	5.00	10.00	0.06	0.13
Inserto 8		Plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	276	600 mm	2	3.90	7.80	0.17	0.33
Inserto 8		Plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	123	600 mm	4	1.74	6.95	0.07	0.30
Inserto 8		Plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	250	600 mm	2	3.53	7.07	0.15	0.30
Inserto 9		plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	90	50 mm	1	0.11	0.11	0.01	0.01
Inserto 9		plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	86	50 mm	1	0.10	0.10	0.01	0.01

CONTRAPESO 10 TON

REVISIONES	Nº	REALIZADO	FECHA	DESCRIPCIÓN	NOMBRES	FIRMA	CLIENTE: COSAPI
	A	C.L.M	23/07/14	REVISION	DIBUJO: J.L.M.H		
							TITULO: INSERTOS 8 y 9
							REF.: C075.001-318.411 rev.0

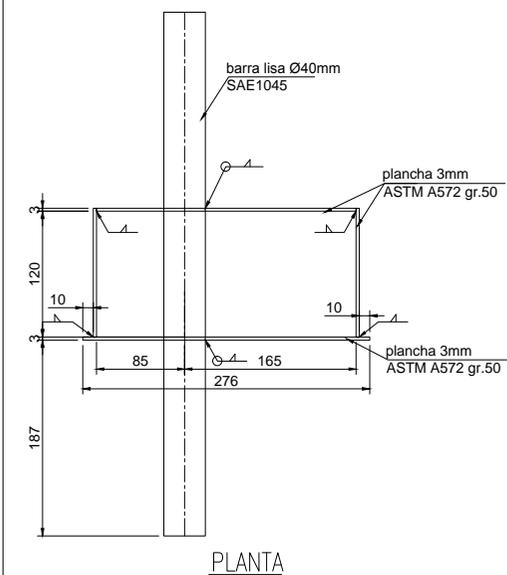
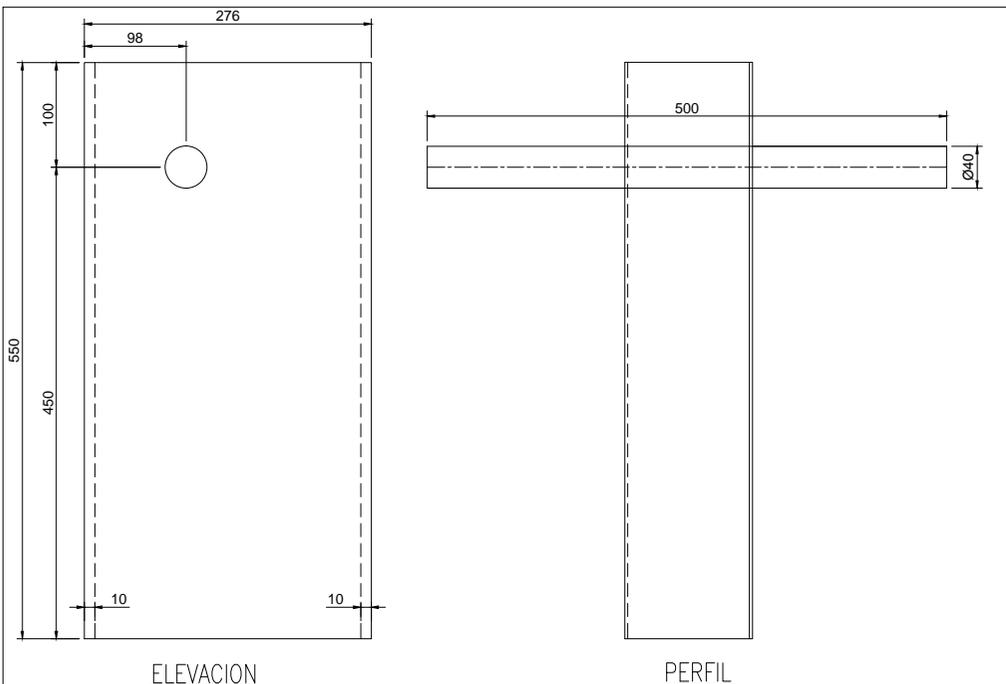


ESCALA: INDICADA

REV. Nº DE PLANO
PC22-3-01

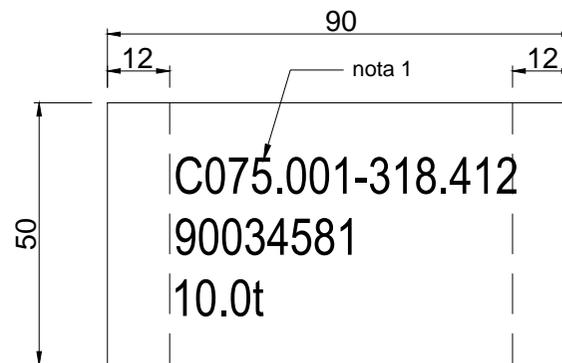
CORPORACION INGENIERIA METALICA



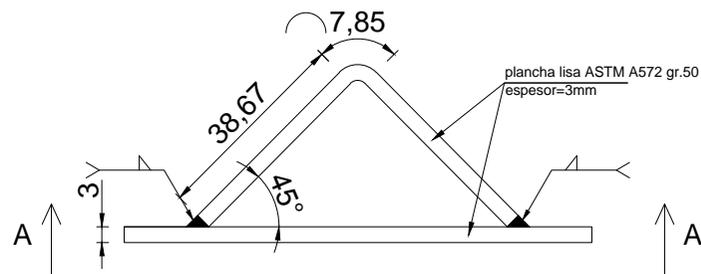


INSERTO 9 8und
ESCALA 1:5

NOTAS:
1.- Bajo relieve, altura de letra=7mm



A-A
ESCALA 1:1



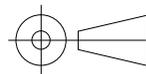
PLANCHA DOBLADA INSERTO 10 - 2und
ESCALA 1:1

12
UND

		CLIENTE:	COSAPI							
		PROYECTO:	Insertos para contrapesos							
Cant	Tipo	Descripcion	Tipo de Material	Dimensiones	Unid	Cant	Peso Unif. Kg	Peso Total Kg	Area unit. m2	Area Total m2
2	90034580_0	Contrapeso 10 ton					60.20	120.41	1.97	3.93
	Inserto 9	Barra lisa Ø40mm	SAE 1045		500 mm	4	5.00	20.00	0.06	0.25
	Inserto 9	Plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	276	550 mm	4	3.57	14.30	0.15	0.61
	Inserto 9	Plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	123	550 mm	8	1.59	12.75	0.07	0.54
	Inserto 9	Plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	250	550 mm	4	3.24	12.95	0.14	0.55
	Inserto 10	plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	90	50 mm	1	0.11	0.11	0.01	0.01
	Inserto 10	plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	86	50 mm	1	0.10	0.10	0.01	0.01

CONTRAPESO 10 TON

REVISIONES	Nº	REALIZADO	FECHA	DESCRIPCIÓN	NOMBRES	FIRMA	CLIENTE: COSAPI
A	C.L.M		21/07/14	REVISION	DIBUJO: J.L.M.H		TITULO: INSERTOS 9 y 10
							REF.: C075.001-318.412 rev.0

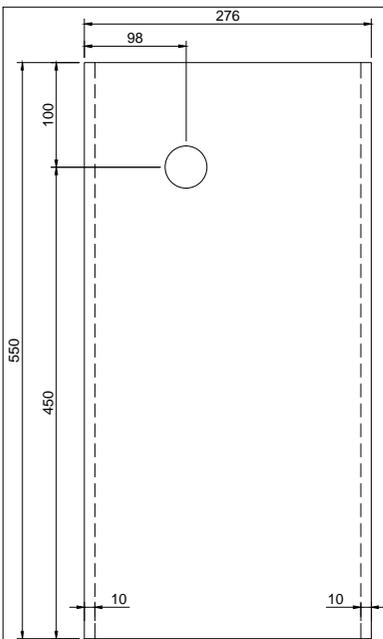


ESCALA: **INDICADA**

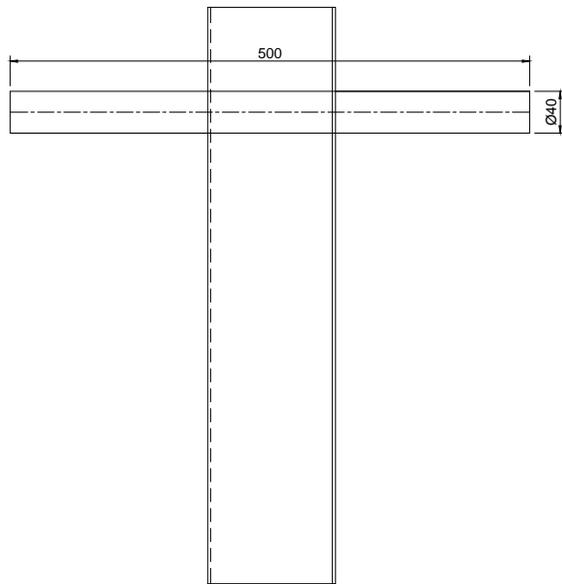
REV. Nº DE PLANO
PC22-2-03

CORPORACION INGENIERIA METALICA

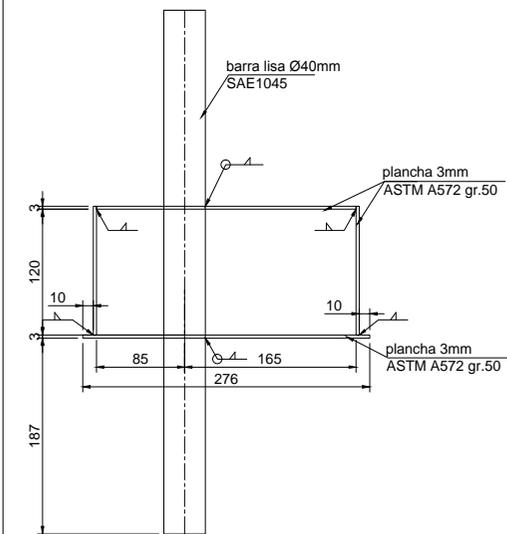




ELEVACION



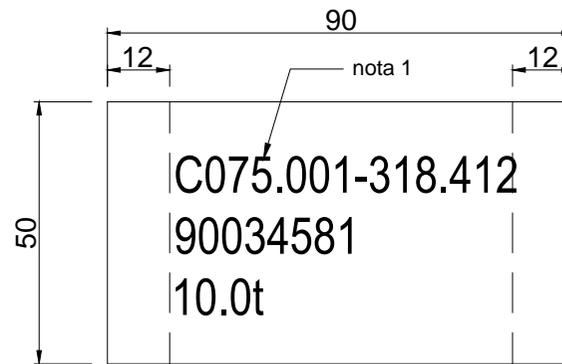
PERFIL



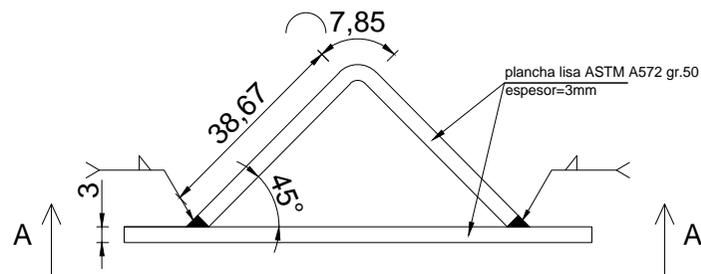
PLANTA

INSERTO 9 8und
ESCALA 1:5

NOTAS:
1.- Bajo relieve, altura de letra=7mm



A-A
ESCALA 1:1

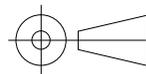


PLANCHA DOBLADA INSERTO 10 - 2und
ESCALA 1:1

		CLIENTE:	COSAPI							
		PROYECTO:	Insertos para contrapesos							
Cant	Tipo	Descripcion	Tipo de Material	Dimensiones	Unid	Cant	Peso Unit. Kg	Peso Total Kg	Area unit. m2	Area Total m2
2	90034580_0	Contrapeso 10 ton					60.20	120.41	1.97	3.93
Inserto 9		Barra lisa Ø40mm	SAE 1045		500 mm	4	5.00	20.00	0.06	0.25
Inserto 9		Plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	276	550 mm	4	3.57	14.30	0.15	0.61
Inserto 9		Plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	123	550 mm	8	1.59	12.75	0.07	0.54
Inserto 9		Plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	250	550 mm	4	3.24	12.95	0.14	0.55
Inserto 10		plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	90	50 mm	1	0.11	0.11	0.01	0.01
Inserto 10		plancha 3mm	ASTM A572 gr.50	86	50 mm	1	0.10	0.10	0.01	0.01

CONTRAPESO 10 TON

REVISIONES	Nº	REALIZADO	FECHA	DESCRIPCIÓN	NOMBRES	FIRMA	CLIENTE: COSAPI
	A	C.L.M	21/07/14	REVISION	DIBUJO: J.L.M.H			TITULO: INSERTOS 9 y 10
							REF.: C075.001-318.412 rev.0



ESCALA: INDICADA

REV. Nº DE PLANO
PC22-2-03

CORPORACION INGENIERIA METALICA

