REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA SUSTITUCIÓN DE CHANCADOR PRIMARIO TIPO GIRATORIO 60" X 113" EN UNA EMPRESA MINERA DEL SUR DEL PERÚ

Tesis presentada por el Bachiller:

Maquera Cornejo, Luis Jesus

para optar el Título Profesional de:
Ingeniero Mecánico

Asesor (a):

Mg. Carpio Rivera, Marco Antonio

Arequipa- Perú

2023

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

DICTAMEN APROBATORIO

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 26 de Abril del 2023

Dictamen: 009531-C-EPIMMEM-2023

Visto el borrador del expediente 009531, presentado por:

2011243581 - **MAQUERA CORNEJO LUIS JESUS**

Titulado:

ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA SUSTITUCIÓN DE CHANCADOR PRIMARIO TIPO GIRATORIO 60? X 113? EN UNA EMPRESA MINERA DEL SUR DEL PERÚ.

Nuestro dictamen es:

APROBADO

29667313 - **ALCAZAR ROJAS HERMAN ENRIQUE**
DICTAMINADOR

29685318 - **CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS**
DICTAMINADOR

29529560 - **CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS**
DICTAMINADOR

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Dedicatoria

Agradezco a Dios, primeramente, por haberme dado la vida y la oportunidad de tener a mis padres siempre a mi lado; por darme la fuerza necesaria de haber cumplido esta meta tan importante para mí. A mis padres, Beatriz y Luis, por haberme formado con valores y principios y ser la persona que hoy en día soy, de haberme dado siempre su apoyo incondicional en las situaciones más difíciles, y motivado a conseguir este logro profesional. A las personas que siempre estuvieron a mi lado impulsándome a culminar la tesis.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

El presente proyecto de tesis tiene como fin la implementación de un procedimiento para sustituir el shell del chancador primario tipo giratorio 60” x 113” en una empresa minera del sur del Perú.

En el Capítulo I se define el problema, los objetivos generales y específicos, los alcances y las limitaciones del proyecto.

Los procesos que se realizan para obtener el mineral de cobre en una planta concentradora se describen en el Capítulo II.

En el Capítulo III se da a conocer los sistemas, componentes, dimensiones y pesos del chancador giratorio y los trabajos realizados durante las paradas de mantenimiento programadas en una planta concentradora sobre el chancador giratorio 60” x 113”.

En el Capítulo IV se detalla los equipos y aparejos que se utilizan en las operaciones de izaje con los criterios de rechazo y factores de seguridad que deben de cumplir según sus respectivos estándares.

En el Capítulo V se definen las tareas a realizar para llevar cabo el procedimiento de sustitución del chancador giratorio y la selección de aparejos para cada uno de los componentes del shell del chancador giratorio utilizando estándares para operaciones de izaje, además se propone una alternativa de izaje en caso que los puntos de izaje del shell del chancador giratorio se encuentren dañados con el objetivo de reducir el tiempo durante el desmontaje.

En el Capítulo VI se elaboraron los costos y presupuestos para realizar la sustitución de un chancador giratorio 60” x 113” y finalmente se elaboraron planos de distribución de equipos y componentes; planos de izaje para que se entienda mejor este procedimiento y pueda servir como guía para cualquier persona y/o empresa que acceda a este trabajo de investigación.

Palabras clave: Mantenimiento, montaje, desmontaje, aparejos, chancador giratorio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The purpose of this thesis project is to implement a procedure to replace the shell of the 60" x 113" primary rotary type crusher in a mining company in southern Peru.

Chapter I defines the problem, the general and specific objectives, the scope and limitations of the project.

The processes carried out to obtain copper ore in a concentrator plant are described in Chapter II.

Chapter III discloses the systems, components, dimensions and weights of the gyratory crusher and the work carried out during scheduled maintenance stops in a concentrator plant on the 60" x 113" gyratory crusher.

Chapter IV details the equipment and gear used in hoisting operations with the rejection criteria and safety factors that must be met according to their respective standards.

Chapter V defines the tasks to be carried out to carry out the gyratory crusher replacement procedure and the selection of rigs for each of the components of the gyratory crusher shell using standards for hoisting operations, in addition an alternative hoisting is proposed. in case the lifting points of the shell of the gyratory crusher are damaged in order to reduce the time during disassembly.

In Chapter VI, the costs and budgets for the replacement of a 60" x 113" rotary crusher were prepared and finally equipment and component distribution plans were prepared; lifting plans so that this procedure is better understood and can serve as a guide for any person and/or company that accesses this research work.

Keywords: Maintenance, assembly, disassembly, rigging, rotary crusher.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

Las plantas concentradoras tienen la función de procesar el mineral extraído de mina mediante una serie de procesos de chancado, molienda, flotación, espesamiento y filtrado con el fin de separar el mineral valioso llamado “concentrado” del mineral no valioso llamado “relave”.

El primer proceso que ocurre en una planta concentradora es el chancado y consiste en reducir el tamaño del mineral por medio de la acción de compresión de una superficie móvil sobre una superficie fija.

El chancador tipo giratorio es utilizado en el área de chancado primario, este chancador consiste principalmente de un eje vertical llamado “mainshaft” que posee una forma cónica alargada el cual se asienta sobre un buje excéntrico y una cámara de chancado, ambos componentes tienen revestimientos llamados “liners” que evitan su desgaste prematuro.

El mantenimiento de una planta concentradora se produce en las paradas de planta, ya sea en las paradas menores o paradas mayores, en el periodo que dura una parada de planta se realiza inspecciones, reparaciones, cambios de componentes o rediseño de componentes y maquinas. Los mantenimientos realizados en la chancadora giratoria son el cambio de mainshaft; cambio de cóncavos; cambio y reforzamiento de monturas y bottom shell liners; cambio de elementos internos de desgaste (bujes, platos de desgaste); etc. Todos estos mantenimientos realizados ya tienen un procedimiento de trabajo establecido.

Como objetivo de esta tesis se busca elaborar un procedimiento para sustituir el shell del chancador giratorio en una empresa del sur del Perú, en el cual se propone los equipos y aparejos de izaje necesarios, planos de izaje y secuencia de desmontaje de los componentes del chancador.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE

DICTAMEN APROBATORIO… ..... **ii**
DEDICATORIA… ..... **iii**
RESUMEN… ..... **iv**
ABSTRACT… ..... **v**
INTRODUCCIÓN… ..... **vi**

CAPÍTULO I **1**
1. GENERALIDADES 1
1.1 Definición del problema 1
1.1 Formulación del problema 1
1.2 Objetivos 2
1.1.1 Objetivo general 2
1.1.2 Objetivos específicos 2
1.3 Alcances 2
1.4 Limitaciones 2

CAPÍTULO II **3**
2. PLANTAS CONCENTRADORAS 3
2.1 Plantas concentradoras 3
2.2 Proceso de conminución 5
2.2.1 Mecanismos de conminución 5
2.2.1.1 Fractura 5
2.2.1.1.1 Fractura por compresión 6
2.2.1.1.2 Fractura por impacto 6
2.2.1.1.3 Fractura por fricción 7
2.2.1.2 Astillamiento 7
2.2.1.3 Abrasión 7
2.2.2 Equipos utilizados en el proceso de conminución 8

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.3 Razón de reducción 8
2.2.4 Índice de trabajo 9
2.2.5 Postulados de conminución 9
2.2.5.1 Postulado de Rittinger 9
2.2.5.2 Postulado de Kick 9
2.2.5.3 Postulado de Bond 9
2.2.6 Cantidad de energía consumida 10
2.2.7 Área de chancado 10
2.2.8 Chancado primario 11
2.2.8.1 Descripción del proceso de chancado primario 12
2.2.9 Tipos de chancadoras primarias 14
2.2.9.1 Chancadora de mandíbula 14
2.2.9.1.1 Partes de una chancadora de mandíbula 15
2.2.9.2 Chancadora giratoria 16
2.3 Proceso de flotación 16
2.4 Proceso de espesamiento 16
2.5 Proceso de Filtrado 17

CAPÍTULO III 18
3. DESCRIPCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL CHANCADOR GIRATORIO 18
3.1 Principio de funcionamiento 18
3.2 Partes de una Chancadora giratoria 20
3.2.1 Araña (Spider) 21
3.2.2 Eje principal (Main Shaft) 23
3.2.3 Cuerpo (Shell) 24
3.2.4 Conjunto de la excéntrica 25
3.2.5 Contra eje, piñón y acoplamiento 25
3.3 Especificación de material 26

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4 Sistemas de la chancadora giratoria....27
3.4.1 Sistema de lubricación....28
3.4.1.1 Lubricación del buje interno de la excéntrica....30
3.4.1.2 Lubricación del rodamiento del contra-eje....30
3.4.1.3 Lubricación del buje externo de la excéntrica....31
3.4.1.4 Sistema de lubricación de la araña....31
3.4.2 Sistema hidroset....32
3.4.3 Sistema de posicionamiento del eje principal....35
3.4.4 Sistema de sello de polvo....36
3.5 Especificaciones de la chancadora giratoria 60"x113"....36
3.5.1 Dimensiones generales de la chancadora giratoria 60" x 113"....38
3.5.2 Peso de los principales componentes....38
3.6 Procedimiento general de mantenimiento de la chancadora giratoria....40
3.6.1 Seguridad....40
3.6.2 Trabajos previos....40
3.6.3 Bloqueo de bahías....40
3.6.4 Traslado de equipos, herramientas y materiales....40
3.6.5 Limpieza de dump pocket, bloqueo de equipo....40
3.6.6 Instalación de escaleras de acceso....41
3.6.7 Instalación de la plataforma de mantenimiento....41
3.6.8 Retiro de la cúpula de la chancadora....41
3.6.9 Retiro de la araña....42
3.6.9.1 Desmontaje del main shaft....43
3.6.10 Cambio del buje de la araña....44
3.6.11 Reforzamiento de liners de la cúpula, arañas y corazas....45
3.6.12 Montaje de las corazas....45
3.6.13 Cambio de liners octogonales....46

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.6.13.1 Apertura de las tapas laterales (Man Hole) 46
3.6.13.2 Instalación de plataforma de acceso 46
3.6.13.3 Retiro e ingreso de liners octogonales desgatados y nuevos 47
3.6.14 Instalación de liners octogonales 48
3.6.15 Cambio de liners del bottom shell 48
3.6.16 Cambio de cóncavos 49
3.6.16.1 Retiro de top shell liner 49
3.6.16.2 Instalación de bandejas 50
3.6.16.3 Desmontaje de los cóncavos 50
3.6.16.4 Limpieza e inspección del shell 51
3.6.16.5 Montaje de nuevos cóncavos 51
3.6.16.6 Aplicación de yeso y resina epóxica 52
3.6.17 Cambio de componentes internos de desgaste 53
3.6.17.1 Cambio de plato de desgaste de eje principal (MAIN SHAFT THRUST RING) 53
3.6.17.2 Cambio de plato de desgaste del pistón (PISTON WEAR RING) 53
3.6.17.3 Cambio del buje interno de la excéntrica 54
3.6.18 Montaje del main shaft 55
3.6.19 Montaje de la araña 55
3.6.20 Montaje de la cúpula 56
3.6.21 Post parada 57

CAPÍTULO IV 58
4. OPERACIONES DE IZAJE 58
4.1 Izaje critico 58
4.2 Izaje rutinario 59
4.3 Equipos de izaje 59
4.3.1 Grúas 59

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3.1.1 Grúa torre 59
4.3.1.2 Partes de una grúa torre 59
4.3.1.2.1 Soporte base 60
4.3.1.2.2 Torre 60
4.3.1.2.3 Plataforma giratoria 60
4.3.1.2.4 Cabina del operador 60
4.3.1.2.5 Pluma 60
4.3.1.2.6 Carro de pluma 60
4.3.1.2.7 Contrapluma 60
4.3.1.2.8 Contrapeso 60
4.3.1.3 Grúa puente 61
4.3.1.4 Partes de una grúa puente 62
4.3.1.4.1 Gancho 62
4.3.1.4.2 Tecle 62
4.3.1.4.3 Carretilla 62
4.3.1.4.4 Puente 62
4.3.1.4.5 Cabezales 63
4.3.1.5 Grúas móviles 63
4.3.1.5.1 Grúas móviles sobre neumáticos 63
4.3.1.5.1.1 Todo terreno (AT) 63
4.3.1.5.1.2 Grúas sobre camión (TM) 63
4.3.1.5.1.3 Terrenos difíciles (RT) 63
4.3.1.5.1.4 Camión grúa (BT) 63
4.3.1.5.2 Grúas sobre orugas 64
4.3.1.6 Selección de una grúa móvil 65
4.3.1.6.1 Radio de giro 65
4.3.1.6.2 Capacidad de elevación 65
4.3.1.6.3 Altura de elevación 65
4.3.1.6.4 Angulo de la pluma 65
4.3.1.6.5 Momento de carga 65
4.3.1.6.6 Pista 66

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3.1.6.7 Movimiento 66
4.3.1.7 Diagrama de rangos de una grúa 66
4.4 Aparejos de izaje 67
4.4.1 Eslingas 67
4.4.1.1 Eslingas sintéticas 67
4.4.1.2 Eslingas de cable 67
4.4.1.3 Eslingas de cadena 68
4.4.1.4 Selección de una eslinga 68
4.4.1.5 Criterios de rechazo 68
4.4.1.6 Eslingas sintéticas 69
4.4.1.7 Eslingas de cable 69
4.4.1.8 Eslinga de cadenas 69
4.4.1.9 Factor de seguridad 69
4.4.2 Grilletes 70
4.4.2.1 Capacidad del grillete 70
4.4.2.2 Criterios de rechazo 71
4.4.3 Grapas 71
4.4.3.1 Factor de seguridad 72
4.4.4 Ganchos 72
4.4.4.1 Criterios de rechazo 72
4.4.4.2 Factor de seguridad 73
4.4.5 Polipasto 73
4.4.5.1 Criterios de rechazo 73
4.4.6 Vigas 74
4.4.7 Orejas 74
4.4.7.1 Factor de seguridad 74
4.4.7.2 Categoría de diseño 75

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.7.3 Clase de servicio 75
4.4.8 Cuerda guía 75
4.5 Plan de izaje 76

CAPÍTULO V 77
5. PROCEDIMIENTO DE IZAJE DEL CHANCADOR GIRATORIO 77
5.1 Procedimiento de izaje 77
5.2 Selección de la grúa 80
5.3 Izaje del ensamble del spider 82
5.3.1 Selección de estrobos 83
5.3.2 Selección de grilletes 84
5.3.3 Selección del eslabón maestro 84
5.3.4 Análisis de la carga 85
5.4 Izaje del top shell 86
5.4.1 Selección de estrobos 87
5.4.2 Selección de grilletes 88
5.4.3 Selección del eslabón maestro 88
5.4.4 Análisis de la carga 89
5.5 Izaje del middle shell 90
5.5.1 Selección de estrobos 91
5.5.2 Selección de grilletes 92
5.5.3 Selección del eslabón maestro 92
5.5.4 Análisis de la carga 93
5.6 Desmontaje del bottom shell 94
5.6.1 Selección de estrobos 95
5.6.2 Selección del tecle 96
5.6.3 Selección de grilletes 96

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.6.4 Selección del eslabón maestro 97

5.6.5 Diseño de las orejas de izaje 97

5.6.5.1 Modo de falla 1 99

5.6.5.2 Modo de falla 2 102

5.6.5.3 Modo de falla 3 102

5.6.5.4 Modo de falla 4 104

5.6.5.5 Resumen de casos 106

5.6.5.6 Calculo de la soldadura del refuerzo 106

5.6.5.7 Análisis de la base de la oreja de izaje 108

5.6.5.8 Análisis del cordón de soldadura de la base 109

5.6.6 Análisis de la carga 111

CAPÍTULO VI 112

6. ELABORACIÓN DE COSTOS 112

6.1 Costos 112

CONCLUSIONES 115

RECOMENDACIONES 116

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 117

ANEXOS 121

Anexo A: GRÚA DEMAG AC 700-9 122

Anexo B: ESTROBOS PRODINSA 126

Anexo C: GRILLETE G-2130/S-2130 CROSBY 127

Anexo D: TECLE MANUAL DE CADENA VITALI-INTL 128

Anexo E: PLATAFORMA HERCULES (LOW BOY) MODELO TR - 150MT – LB - BF 129

PLANOS 130

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de procesos de una planta concentradora. 4
Figura 2.2 Representación de la Conminución. 5
Figura 2.3 Fractura por Compresión. 6
Figura 2.4 Zona de compresión en un chancador primario giratorio. 6
Figura 2.5 Fractura por impacto. 7
Figura 2.6 Fractura por fricción. 7
Figura 2.7 Equipos para la reducción de tamaño de minerales. 8
Figura 2.8 Consumo de energía de trituración en función al tamaño del producto. 10
Figura 2.9 Diagramas de Flujo de Chancado que Alimentan a: (a) Molino de Barras y (b) Molino SAG. 11
Figura 2.10 Descarga de Mineral sobre el Dump Hopper 12
Figura 2.11 Equipos Sobre el Edificio de Chancado Primario. 12
Figura 2.12 Chancadora Primaria Giratoria. 13
Figura 2.13 Surge Pocket. 13
Figura 2.14 Apron Feeder, Faja de Transferencia y Colector de Polvo. 14
Figura 2.15 Tipos de Chancadoras de Mandíbula. 15
Figura 2.16 Partes de una Chancadoras de Mandíbula Tipo Blake. 15
Figura 3.1 Movimiento del eje principal de una chancadora giratoria. 19
Figura 3.2 Dimensiones de una chancadora giratoria. 20
Figura 3.3 Partes de una Chancadora Giratoria. 21
Figura 3.4 Componentes de la araña. 22
Figura 3.5 Diferente tipos de cúpula de la araña. 22
Figura 3.6 Conjunto del eje principal. 23
Figura 3.7 Partes del cuerpo de la chancadora giratoria. 24
Figura 3.8 Partes del conjunto de la excéntrica. 25
Figura 3.9 Sistema de accionamiento de una chancadora giratoria. 26
Figura 3.10 Especificación de materiales de la chancadora giratoria. 27
Figura 3.11 Especificación de materiales de la chancadora giratoria. 27
Figura 3.12 Sistema de lubricación. 29
Figura 3.13 Depósito de aceite. 29
Figura 3.14 Lubricación del buje interno. 30

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 3.15 Lubricación del contra eje. 31
Figura 3.16 Lubricación del buje externo 31
Figura 3.17 Sistema de lubricación de la araña. 32
Figura 3.18 Partes principales del sistema Hidroset. 33
Figura 3.19 Sistema hidráulico. 33
Figura 3.20 Distribución del tamaño del producto estimado por el OSS de la chancadora. 35
Figura 3.21 Sistema de posicionamiento del eje principal. 36
Figura 3.22 Sistema de sello de polvo. 36
Figura 3.23 Dimensiones generales de la chancadora giratoria TRAYLOR modelo NT 60" x 113". 38
Figura 3.24 Instalación de la escalera de acceso y plataforma de mantenimiento. 41
Figura 3.25 Limpieza de monturas e izaje de la cúpula. 42
Figura 3.26 Ubicación de la tuerca de ajuste e izaje de los superbolt. 42
Figura 3.27 Izaje de la araña de la chancadora. 43
Figura 3.28 Izaje del main shaft y estructura de soporte. 43
Figura 3.29 Control dimensional del buje interior de la excéntrica. 44
Figura 3.30 Control dimensional y montaje del buje de la araña. 44
Figura 3.31 Desmontaje de la araña y retiro de las corazas. 45
Figura 3.32 Instalación de pernos y calafateo de las juntas araña-corazas. 46
Figura 3.33 Tapas laterales de la chancadora. 46
Figura 3.34 Plataforma de acceso hacia los octogonales. 47
Figura 3.35 Retiro e ingreso de liners octogonales. 47
Figura 3.36 Liners octogonales instalados. 48
Figura 3.37 Montaje y desmontaje de los linners del bottom shell. 49
Figura 3.38 Desmontaje de los top shell liner. 49
Figura 3.39 Instalación de bandejas. 50
Figura 3.40 Equipo oxicorte y corte de los cóncavos de la 4ta fila. 50
Figura 3.41 Punta modificada del rock breaker y desprendimiento de cóncavo. 51
Figura 3.42 Floreros armados y asentamiento sobre el anillo de sujeción. 52
Figura 3.43 Medición de los gaps e instalación de pines entre los cóncavos. 52
Figura 3.44 Aplicación de cemento y resina epóxica. 53
Figura 3.45 Plataforma de acceso e izaje del plato de desgasto del pistón. 54
Figura 3.46 Corte y montaje del buje interno de la excéntrica. 55

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 3.47 Montaje y guiado del main shaft. 55
Figura 3.48 Alineamiento de la araña. 56
Figura 3.49 Vaciado de grasa y montaje de la cúpula. 57
Figura 4.1 Componentes de una grúa torre desmontable. 61
Figura 4.2 Componentes de una grúa puente. 62
Figura 4.3 Tipos de grúas móviles sobre neumáticos. 64
Figura 4.4 Tipos de grúas móviles sobre orugas. 64
Figura 4.5 Diagrama de rangos de una grúa. 66
Figura 4.6 Tipos de eslingas de izaje. 67
Figura 4.7 Capacidad del estrobo según el lado de carga. 70
Figura 4.8 Viga de elevación y viga separadora. 74
Figura 5.1 Ubicación del componentes nuevo para su ensamble final. 78
Figura 5.2 Procedimiento de desmontaje y montaje del chancador giratorio 60” x 113”. 79
Figura 5.3 Distribución de equipos y componentes de la chancadora giratoria. 80
Figura 5.4 Máxima altura de izaje de la grúa. 81
Figura 5.5 Vista isométrica del izaje del spider. 82
Figura 5.6 Posición ideal de izaje del spider. 82
Figura 5.7 Vista isométrica del izaje del top shell. 86
Figura 5.8 Posición ideal para el desmontaje y puntos de izaje del top shell. 86
Figura 5.9 Vista isométrica del izaje del middle shell. 90
Figura 5.10 Posición ideal para el desmontaje y puntos de izaje del middle shell. 90
Figura 5.11 Vista isométrica del izaje del bottom shell. 94
Figura 5.12 Posición ideal para el desmontaje y puntos de izaje del middle shell. 94
Figura 5.13 Carga sobre la oreja de izaje. 98
Figura 5.14 Dimensiones de la oreja de izaje y de los refuerzos laterales. 98
Figura 5.15 Modos de falla de oreja de izaje 99
Figura 5.16 Cargas sobre la base de la oreja. 108
Figura 5.17 Cargas sobre sobre el cordón de soldadura de la base de la oreja de izaje. 110

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Especificaciones generales Chancadora giratoria 37
Tabla 3.2 Pesos de izaje de componentes mayores (aproximados).....39
Tabla 3.3 Pesos de izaje de componentes menores (aproximados).....39
Tabla 4.1 Factores de seguridad 70
Tabla 4.2 Clases de servicio 75
Tabla 5.1 Tabla de cargas de la grúa DEMAG AC 700-9.....81
Tabla 5.2 Tabla de selección de estrobos para el izaje del ensamble del spider 83
Tabla 5.3 Tabla de selección de grilletes G-2130/S-2130 para el izaje del spider.....84
Tabla 5.4 Tabla de selección del eslabón maestro A-342 para el izaje del spider 85
Tabla 5.5 Pesos de los aparejos de izaje y del spider 85
Tabla 5.6 Tabla de selección de estrobos para el izaje del top shell 87
Tabla 5.7 Tabla de selección de grilletes G-2130/S-2130 para el izaje del top shell.....88
Tabla 5.8 Tabla de selección del eslabón maestro A-342 para el izaje del top shell 89
Tabla 5.9 Pesos de los aparejos de izaje y del top shell 89
Tabla 5.10 Tabla de selección de estrobos para el izaje del middle shell 91
Tabla 5.11 Tabla de selección de grilletes G-2130/S-2130 para el izaje del middle shell..92
Tabla 5.12 Tabla de selección del eslabón maestro A-342 para el izaje del middle shell ..93
Tabla 5.13 Pesos de los aparejos de izaje y del middle shell 93
Tabla 5.14 Tabla de selección de estrobos para el izaje del bottom shell 95
Tabla 5.15 Tabla de selección de grilletes G-2130/S-2130 para el izaje del bottom shell..96
Tabla 5.16 Tabla de selección del eslabón maestro A-342 para el izaje del bottom shell ..97
Tabla 5.17 Pesos de los aparejos de izaje y del bottom shell 111
Tabla 6.1 Presupuesto para el cambio del shell de la chancadora.....112

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Definición del problema

El chancador primario tipo giratorio 60” x 113” es uno de los chancadores más usados en las compañías mineras del Perú. Compañías mineras como: Antapaccay, Las Bambas, Cerro Verde, Chinalco (Toromocho), Antamina, Quellaveco poseen este chancador.

A pesar de que el shell del chancador giratorio posee liners llamados “cóncavos” que evitan el desgaste del shell del chancador, debido a las condiciones extremas durante su funcionamiento es posible que se presenten fisuras y deformaciones que ya no pueden ser recuperadas mediante soldadura, a este problema se le suma que no existen procedimientos para realizar la sustitución del shell del chancador, además esta falla puede presentarse cuando expire la garantía del fabricante lo cual hace imprescindible contar con un procedimiento para realizar la sustitución del shell del chancador giratorio primario tipo giratorio 60” x 113”.

1.1 Formulación del problema

¿Sera posible implementar un procedimiento para sustituir el shell de un chancador giratorio primario en una empresa minera del sur del Perú?

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.2 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Elaborar un procedimiento para sustituir el shell de un chancador primario tipo giratorio 60” x 113” en una empresa minera del sur del Perú.

1.1.2 Objetivos específicos

- Seleccionar los equipos y aparejos de izaje adecuados tanto para el desmontaje como montaje de los componentes del chancador giratorio 60”x113”.
- Elaborar un procedimiento de desmontaje y montaje del chancador giratorio 60”x113” usado y nuevo.
- Realizar planos de izaje para la sustitución del ensamble del spider, top shell, middle shell y bottom shell.
- Determinar los costos de la sustitución del chancador giratorio 60” x 113”.

1.3 Alcances

La presente tesis está orientada a la implementación de un procedimiento para realizar la sustitución del shell del chancador primario tipo giratorio 60” x 113” para que pueda ser utilizado por la industria minera. Para determinar los equipos y aparejos de izaje se tomarán en cuenta las dimensiones y peso reales del shell del chancador giratorio 60” x 113” sin liners, además muchos de los componentes ya cuentan con un procedimiento escrito de trabajo seguro por tal motivo se considerará que estos componentes ya han sido desmontados del cuerpo del chancador.

1.4 Limitaciones

La presente tesis no contempla la elaboración de planes de izaje del desmontaje y montaje de los componentes de la chancadora que poseen un procedimiento escrito de trabajo seguro salvo el ensamble del spider.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II

2. PLANTAS CONCENTRADORAS

2.1 Plantas concentradoras

El mineral extraído de mina se puede presentar como óxidos y sulfuros. Cuando el mineral es extraído como sulfuros se procesan mediante plantas concentradoras y cuando es extraído como oxido para su procesamiento se utilizan plantas de electrodeposición. En el sur del Perú la mayoría de la minera extraen el mineral como sulfuro. (Herrera, 2016)

Una planta concentradora consiste en un conjunto de equipos que se encargan de procesar el mineral obtenido del yacimiento de mina para obtener concentrado del mismo que es un producto valioso y desechos de minería llamados “relaves”. (Herrera, 2016)

Los procesos que se presentan en una planta concentradora son los siguientes:

a) Conminución (Chancado y Molienda).
b) Flotación.
c) Espesamiento.
d) Filtrado.

En la Figura 2.1 se muestra el diagrama de flujo una planta concentradora donde se detalla los procesos y equipos que intervienen.

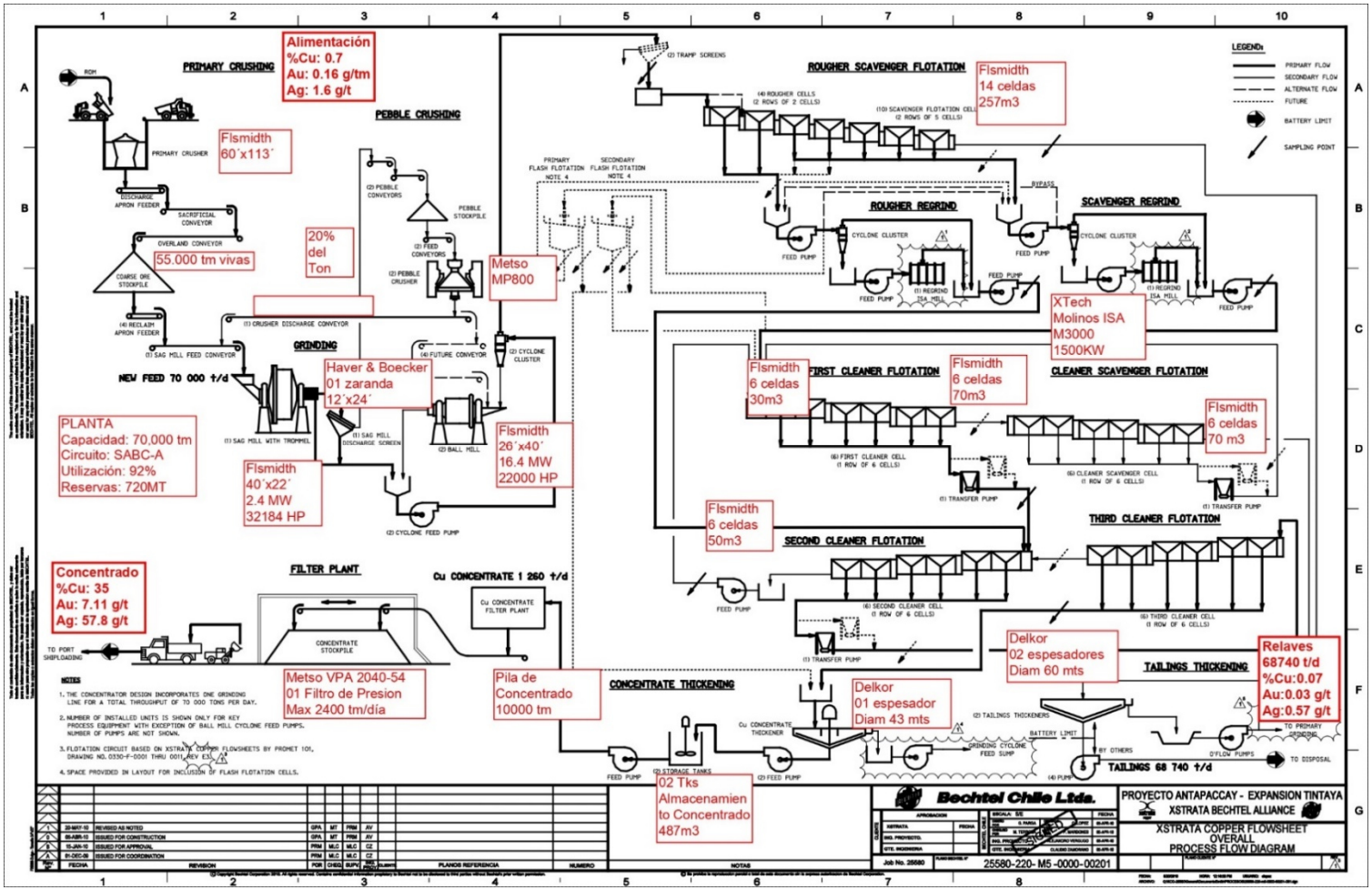
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 2.1

Diagrama de procesos de una planta concentradora.



Nota: Tomado de *Unidad Minera CIA ANTAPACCAY* (s.f.)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2 Proceso de conminución

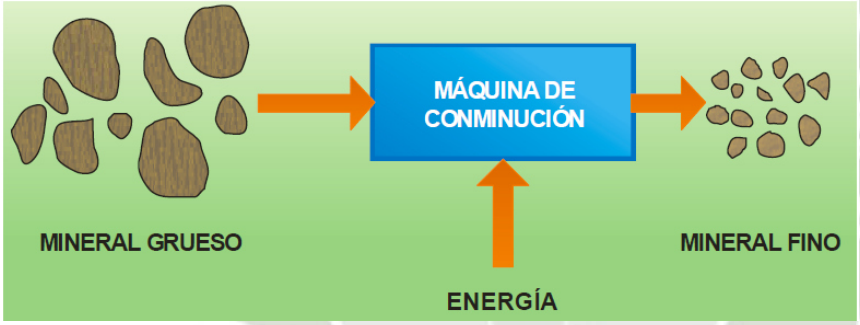
El proceso de conminución hace referencia a la reducción de tamaño de un mineral. Los equipos encargados de la reducción de tamaño son: chancadoras, molinos SAG[1], molinos de verticales y molinos de bolas.

2.2.1 Mecanismos de conminución

La energía de unión entre las diferentes estructuras cristalinas que existen en los minerales se debe a los enlaces de las diferentes configuraciones de los átomos. Estos enlaces interatómicos pueden ser rotos aplicando tensión o compresión. (TECSUP, 2010)

Figura 2.2

Representación de la Conminución.



Nota: Tomado de *Fundamentos de operación en plantas concentradoras* de TECSUP (2015).

Existen fallas microscópicas y macroscópicas (grietas) donde se concentran los esfuerzos y provocan su propagación que producen la desintegración de la partícula. Los mecanismos utilizados para el proceso de conminución son:

a) Fractura
b) Astillamiento
c) Abrasión

2.2.1.1 Fractura

Es la desintegración del cuerpo solido en varias partes. Los métodos que causan la fractura de un mineral son: compresión, impacto y cizalle.

[1] Semi-autogenos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

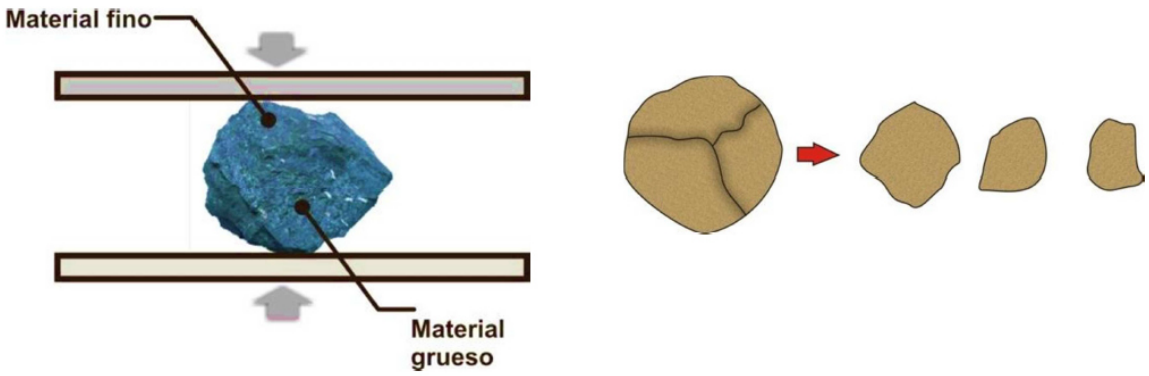
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.1.1.1 Fractura por compresión

En el proceso de compresión se somete al mineral a dos fuerzas en sentido opuesto para fragmentar el mineral como se observa en la Figura 2.3, por este método los tamaños de las partículas fragmentadas no son de dimensiones similares.

Figura 2.3

*Fractura por Compresión***.**

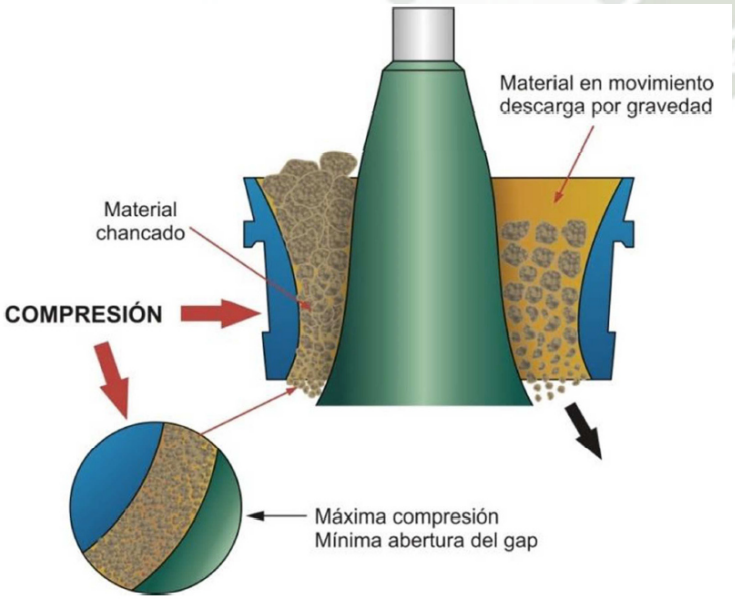


Nota: Tomado de *Fundamentos de operación en plantas concentradoras* de TECSUP (2015).

La fractura por compresión se produce en máquinas que poseen una superficie móvil y otra fija.

Figura 2.4

Zona de compresión en un chancador primario giratorio.



Nota: Tomado de *Fundamentos de operación en plantas concentradoras* de TECSUP (2015).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

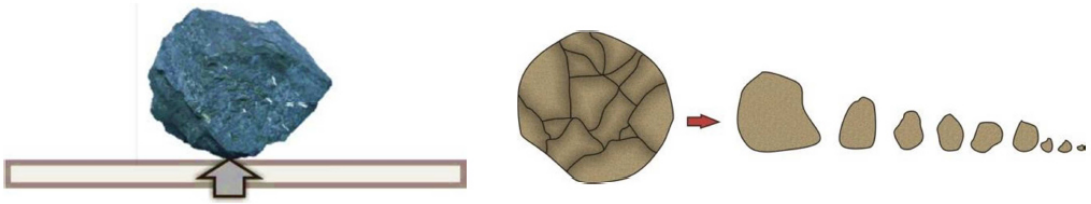
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.1.1.2 Fractura por impacto

El choque de las partículas del mineral puede ocurrir contra otras partículas de mineral, contra las superficies fijas o móviles de los equipos o contra las bolas de acero de los molinos. Las partículas de mineral como resultado de la fractura por impacto son similares en forma (Figura 2.5).

Figura 2.5

Fractura por impacto.



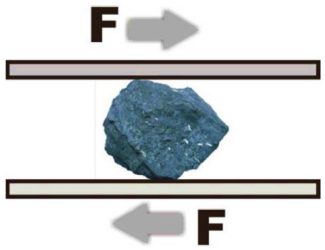
Nota: Tomado de *Fundamentos de operación en plantas concentradoras* de TECSUP (2015).

2.2.1.1.3 Fractura por fricción

La fricción surge debido a un esfuerzo secundario cuando se aplica los esfuerzos de compresión e impacto (Figura 2.6). Se produce una fracción de tamaño similar a las dimensiones del mineral original y otra fracción de mineral fino en comparación al mineral original.

Figura 2.6

Fractura por fricción.



Nota: Tomado de *Fundamentos de operación en plantas concentradoras* de TECSUP (2015).

2.2.1.2 Astillamiento

Es el desprendimiento de los cantos del mineral debido a la aplicación de esfuerzos lejanos al centro del mineral.

2.2.1.3 Abrasión

Ocurre cuando el esfuerzo de cizalla se concentra en la superficie del mineral, de tal forma que no llega a fracturarse la partícula.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

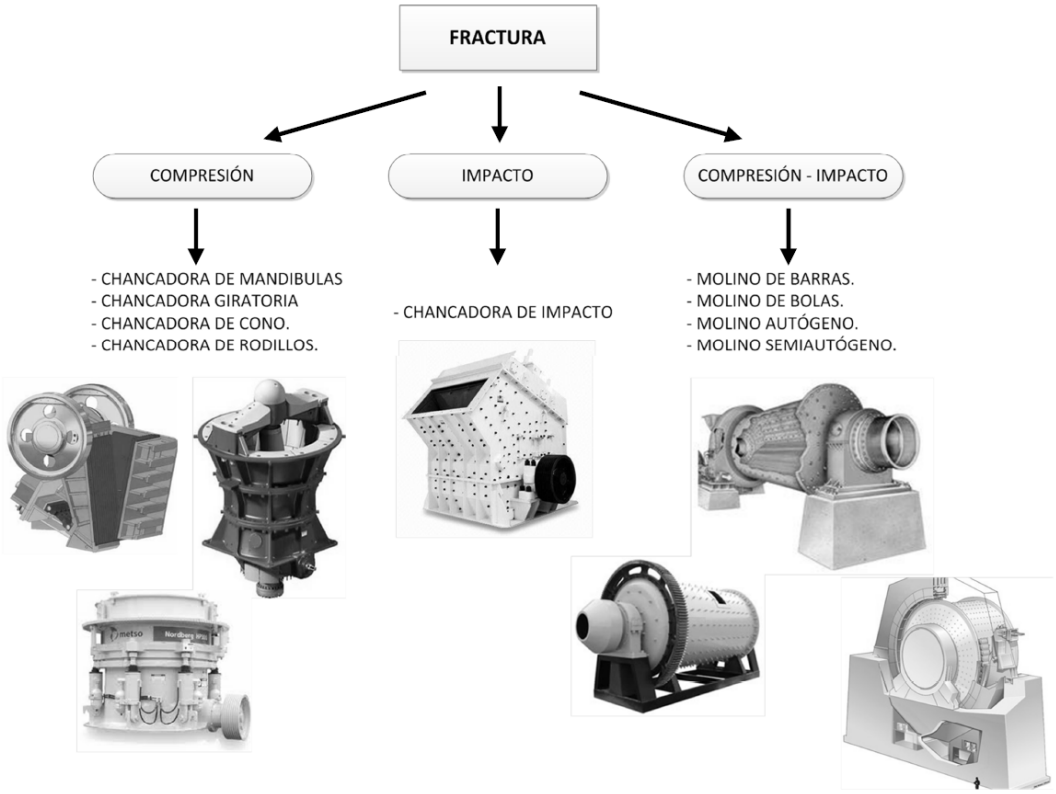
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.2 Equipos utilizados en el proceso de conminución

En la Figura 2.7 se muestran los equipos utilizados en el proceso de conminución en base a los mecanismos de fractura.

Figura 2.7

Equipos para la reducción de tamaño de minerales.



Nota: Tomado de *Fundamentos de operación en plantas concentradoras* de TECSUP (2015).

2.2.3 Razón de reducción

La razón de reducción se define como la relación entre el tamaño de alimentación y el tamaño del producto a la salida en cualquier operación de conminución.

La razón de reducción también se puede utilizar como un indicador parcial de las tensiones a las que estará sujeta la trituradora durante la operación, un elemento para determinar la capacidad de la trituradora y como un indicador de la eficiencia de la trituradora. Sin embargo, no existe un método de cálculo que proporcione una cifra útil para todas estas consideraciones, por lo que se utilizan varios tipos de índices de reducción, según el nivel técnico que desee obtener. (Rao, 2016)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La relación de reducción del 80% es a la que suelen referirse los fabricantes. Es la relación de la apertura de malla cuadrada teórica por la que pasará el 80% de la alimentación (F80) y el 80% del producto (P80).

Esta es probablemente la mejor relación para usar al dimensionar una trituradora o determinar el rendimiento de una instalación existente, ya que elimina muchas de las imprecisiones que pueden introducirse cuando se usa la relación de reducción límite. (Rao, 2016)

2.2.4 Índice de trabajo

El índice de trabajo de la chancadora (CWi^2) es la cantidad de energía necesaria por tonelada corta para realizar la conminución del material. Es una medida de la dureza del material y de la resistencia que tiene un material a la trituración. Y se determina bajo la prueba de impacto de bond en caso de chancadoras.

Si el mineral tiene un índice de trabajo bajo, es fácil de triturar y se pueden usar ajustes de trituración más pequeños en la planta, pero si el mineral tiene un alto índice de trabajo, será necesario usar una configuración de trituradora más grande de lo normal para evitar la sobrecarga.

2.2.5 Postulados de conminución

2.2.5.1 Postulado de Rittinger

Enunciado en 1867 por Petter Von Rittinger: “La energía requerida para reducir de tamaño es proporcional a la nueva superficie”

2.2.5.2 Postulado de Kick

En 1885 Frederick Kick expresó que: “La energía para triturar un mineral es proporcional al grado de reducción en volumen de las partículas”

2.2.5.3 Postulado de Bond

Se le conoce como la tercera ley de conminución, Bond en 1952 expreso que: “La energía necesaria para la fragmentación, reducción de tamaño de los materiales, es proporcional a la nueva longitud de fisura creada”.

[2] Crusher Work index

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La postulación de Bond está representada por la siguiente ecuación:

$$W_B = 10 \cdot W_i \left(\frac{1}{\sqrt{P80}} - \frac{1}{\sqrt{F80}} \right)$$

Dónde:

W_B: Energía consumida [kWh/ton]

W_i: Índice de trabajo de chancado y molienda [kWh/ton]

$P80$: Tamaño de malla por la que pasa el 80% de la alimentación [µm]

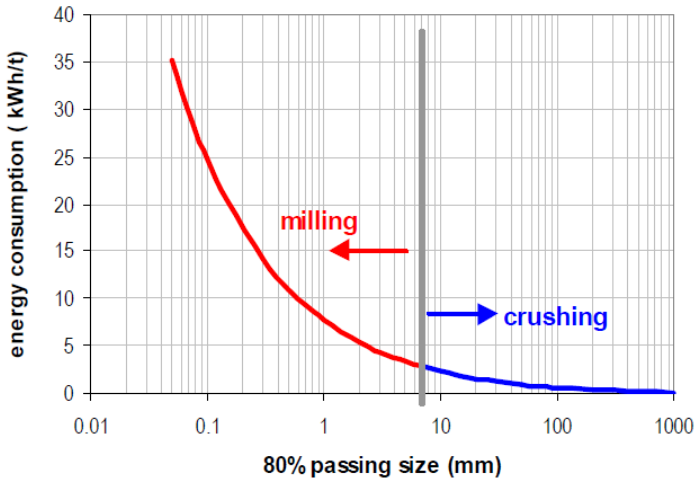
$F80$: Tamaño de malla por la que pasa el 80% del producto [µm]

2.2.6 Cantidad de energía consumida

La cantidad de energía que se consume para realizar el proceso de conminución está relacionada directamente con el tamaño obtenido del mineral como se observa en la Figura 2.8. Si el producto del proceso de conminución es grande la energía consumida es baja, pero si el producto del proceso de conminución es pequeño, la energía consumida aumenta con mayor rapidez. (Valery & Jankovic, 2002)

Figura 2.8

Consumo de energía de trituración en función al tamaño del producto.



Nota: Tomado de *The future of comminution* de Valery & Jankovic (2002).

2.2.7 Área de chancado

Según el tamaño del mineral y su ubicación en el proceso el chancado se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- Chancado primario: Tritura el material extraído de mina desde 60” hasta un rango de 6” a 8”. En este proceso se usan las chancadoras giratorias y de mandíbulas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

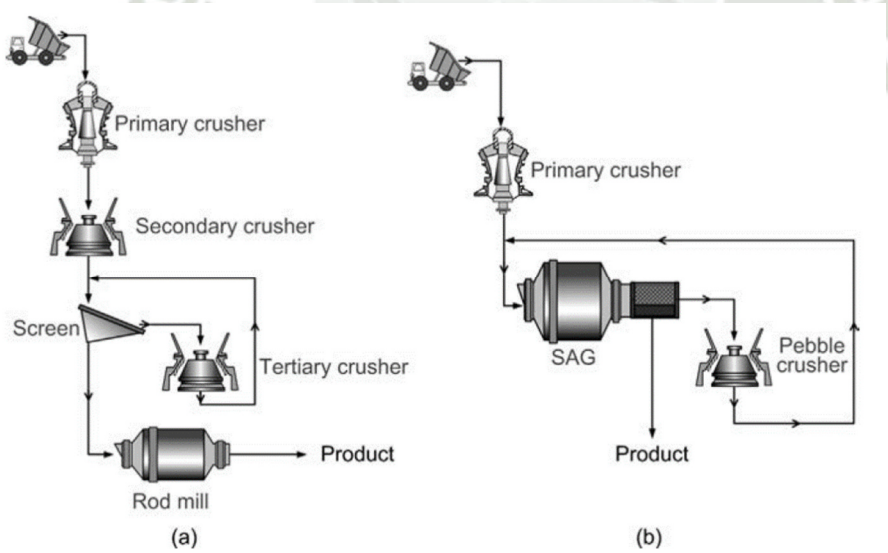
- Chancado Secundario: Reciben el producto de las chancadoras primarias y lo reducen un rango de 2” a 3”. En este proceso se usan las chancadoras de cono.
- Chancado Terciario: Reciben el producto de las chancadoras secundarias y lo reducen en el rango de 1/4" a 3/4", para posteriormente enviarlos a molinos de barras o de bolas. En este proceso se usan las chancadoras de cono.

La Figura 2.9 se muestra dos diagramas de flujo de chancado básicos: (a) el circuito de chancado de 3 etapas que posteriormente alimentan a un molino de barras o de bolas, y (b) el chancado primario de circuito abierto más moderno donde la chancadora primaria alimenta directamente a un molino SAG.

El uso de cada circuito de chancado depende de las propiedades del mineral como la dureza, abrasión, etc.

Figura 2.9

Diagramas de Flujo de Chancado que Alimentan a: (a) Molino de Barras y (b) Molino SAG.



Nota: Tomado de *Mineral Processing Technology* de Wills & Finch (2022).

2.2.8 Chancado primario

El objetivo de los equipos que intervienen en el chancado primario es reducir el mineral proveniente de mina de manera que este pueda ser transportado mediante fajas transportadoras al siguiente proceso de conminución.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

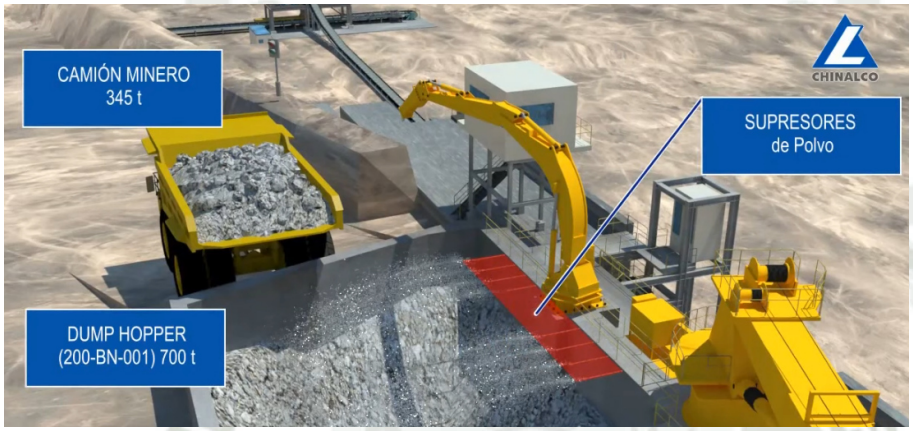
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.8.1 Descripción del proceso de chancado primario

El primer proceso de conminución del mineral ocurre en el minado, posterior a este proceso está el chancado primario que es la primera etapa de una planta concentradora. Los camiones mineros descargan el mineral extraído de mina sobre el dump hopper, para controlar el polvo generado en la descarga se usan supresores de polvo (Figura 2.10).

Figura 2.10

Descarga de Mineral sobre el Dump Hopper

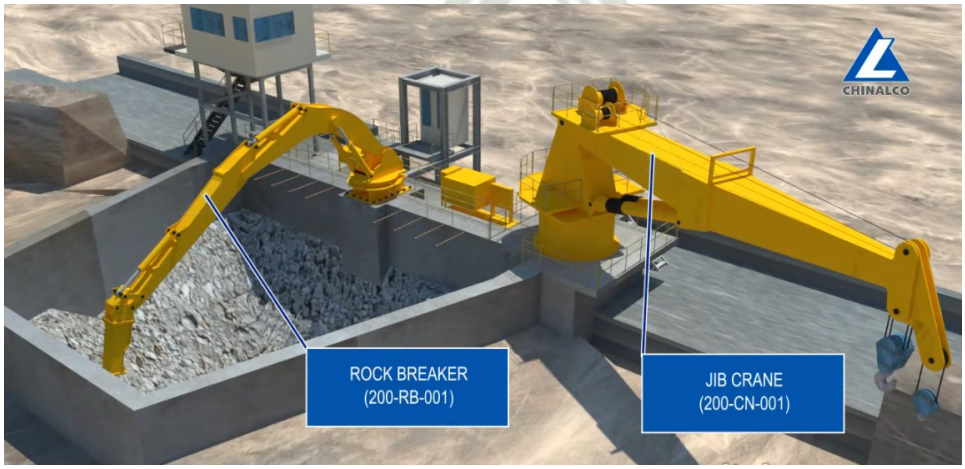


Nota: Tomado de *Chancado Primario* de CHINALCO (2014).

Sobre el edificio de chancado existen dos equipos uno llamado “rock breaker” que tiene la función de reducir el tamaño del mineral cuando este no puede ingresar a la chancadora y otro equipo llamado “jib crane” que es usado para el mantenimiento de la chancadora giratoria en el cambio del main shaft (Figura 2.11).

Figura 2.11

Equipos Sobre el Edificio de Chancado Primario.



Nota: Tomado de *Chancado Primario* de CHINALCO (2014).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

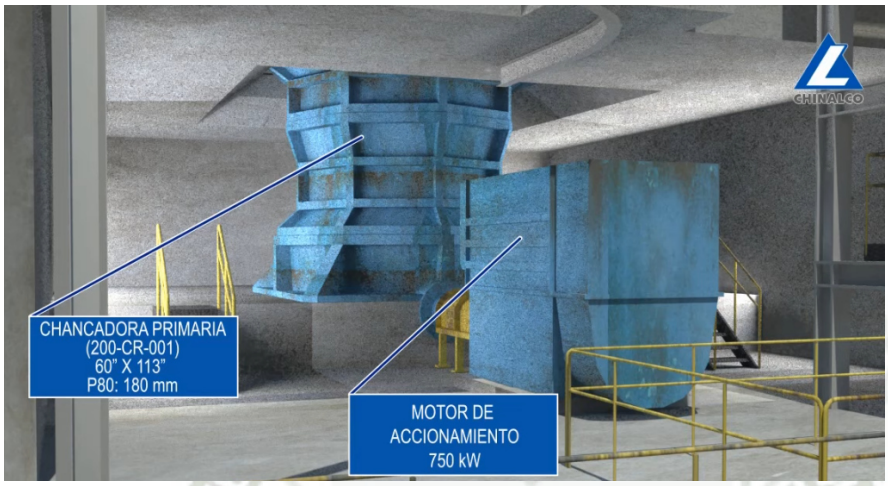
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La chancadora primaria giratoria de 60"x113" reduce el mineral del mineral de 1200 mm a 180 mm, debajo de la chancadora hay una tolva de compensación llamada "surge pocket" como se muestra en la Figura 2.13.

Figura 2.12

Chancadora Primaria Giratoria.



Nota: Tomado de *Chancado Primario* de CHINALCO (2014).

El polvo que se genera en el surge pocket (Figura 2.13) es captado por un colector de polvo que vuelve a introducir este mineral a la faja de transferencia (Figura 2.14).

Figura 2.13

Surge Pocket.

Nota: Tomado de *Chancado Primario* de CHINALCO (2014).

Un alimentador de placas o apron feeder de velocidad variable (Figura 2.14) se encarga de extraer el mineral triturado hacia una faja de sacrificio o de transferencia que transporta el mineral hacia otra faja de traspaso que descarga el mineral en una faja overland.

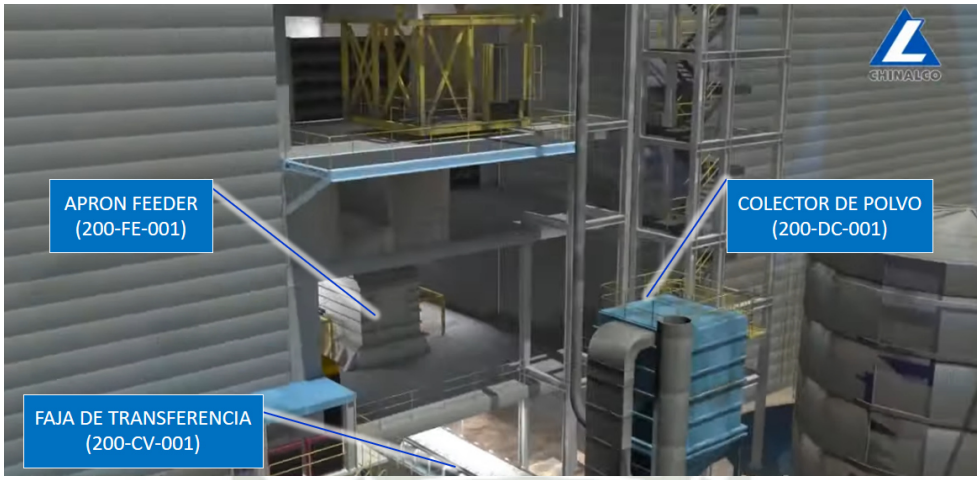
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 2.14

Apron Feeder, Faja de Transferencia y Colector de Polvo.



Nota: Tomado de *Chancado Primario* de CHINALCO (2014).

La faja overland forma una pila de material conocida como stockpile que alimenta la siguiente etapa.

2.2.9 Tipos de chancadoras primarias

2.2.9.1 Chancadora de mandíbula

Para la reducción del mineral esta chancadora usa el método de fragmentación por compresión de manera intermitente mediante una mandíbula fija y otra móvil.

La mandíbula móvil se mueve hacia adelante y hacia atrás contra la mandíbula fija, el material alimentado desde la parte superior de la maquina se comprime entre las dos mandíbulas fragmentándose en pedazos más pequeños, a medida que la mandíbula móvil se aleja de la mandíbula fija el mineral fragmentado cae a la parte inferior de la máquina, el espacio entre las mandíbulas determina el tamaño del mineral.

Las chancadoras de mandíbulas son utilizadas para fragmentar materiales duros y/o abrasivos, no recomendado para materiales húmedos o pegajosos debido a que pueden formar atascos, especialmente si posee una gran cantidad de finos.

Una de las ventajas de estas chancadoras es que pueden aceptar bloques de mineral grande y una desventaja es la baja capacidad que poseen a comparación de las chancadoras giratorias.

Las chancadoras de mandíbula se clasifican según el método de giro oscilante de la mandíbula móvil.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

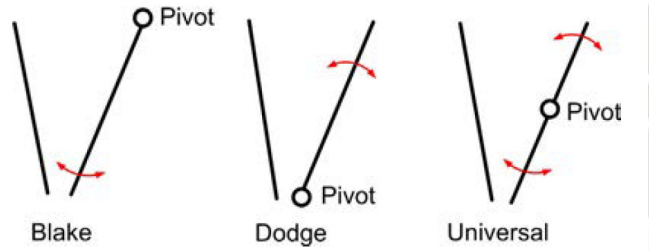
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la Figura 2.15 se observa que en la trituradora Blake, la mandíbula oscila en la parte superior, por lo tanto, tiene un área de recepción fija y una abertura de descarga variable. En la trituradora Dodge, la mandíbula oscila en la parte inferior, lo que le da un área de alimentación variable pero un área de descarga fija. La trituradora Dodge está restringida al uso en laboratorio, donde se requiere un tamaño reducido. La trituradora Universal gira en una posición intermedia y, por lo tanto, tiene un área de entrega y recepción variable.

Figura 2.15

Tipos de Chancadoras de Mandíbula.



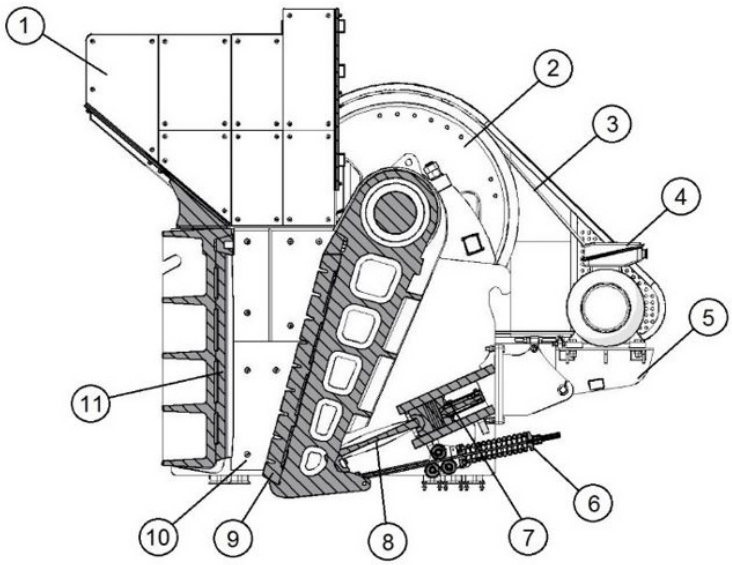
Nota. Tomado de *Mineral Processing Technology* de Wills & Finch (2022).

2.2.9.1.1 Partes de una chancadora de mandíbula

Los principales componentes de un trituradora de mandíbulas tipo Blake se muestran en la Figura 2.16.

Figura 2.16

Partes de una Chancadoras de Mandíbula Tipo Blake.



Nota: Tomado de W*HAT IS A JAW CRUSHER* de MEKA (2016).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. Conducto de alimentación.
2. Volante de inercia.
3. Correas trapezoidales.
4. Motor eléctrico.
5. Soporte del motor.
6. Grupo de ajuste y amortiguación.
7. Cilindro hidráulico.
8. Placa articulada.
9. Mandíbula móvil.
10. Descarga.
11. Mandíbula fija

La designación de las chancadoras de mandíbulas se expresa en función al área de entrada, una chancadora de 30" x 48" tiene una distancia entre mandíbulas de 30 pulgadas y un ancho de mandíbulas de 48 pulgadas.

2.2.9.2 Chancadora giratoria

Las chancadoras giratorias son parte del chancado primario y son especialmente utilizadas en minas de tajo abierto, estas chancadoras reducen los fragmentos de roca grandes que se generan durante la voladura del mineral.

A comparación de las chancadoras de mandíbulas las chancadoras giratorias son de acción continua y son capaces de trabajar sumergidos en el mineral.

2.3 Proceso de flotación

El área de flotación está ubicada después del área de molienda, el proceso de flotación tiene la finalidad de separar el mineral valioso (cobre, plata, molibdeno) contenido en la pulpa proveniente del proceso anterior mediante celdas de flotación. El relave producido debe tener la menor cantidad de mineral valioso y un concentrado de ley según las especificaciones que posteriormente será separado en concentrando de cobre y concentrado de molibdeno en una planta de molibdeno. (TECSUP, 2017)

2.4 Proceso de espesamiento

El objetivo del proceso de espesamiento es separar el agua contenida en el concentrado de mineral proveniente del área de flotación, para aumentar el porcentaje de sólidos del

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

concentrado y reutilizar el agua separada en otros procesos. Los equipos utilizados en el proceso de espesamiento se denominan espesadores e incrementan el porcentaje de solidos desde 24-30% hasta un 64%. (Surco, 2021)

2.5 Proceso de Filtrado

El último proceso de una planta concentradora es el proceso de filtrado, en este proceso se sigue aumentando el porcentaje de solidos hasta llegar al 91 % de solidos de manera que sea económicamente transportable y mediante bombas el agua separada se envía hacia el espesador. (TECSUP, 2018)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO III

3. DESCRIPCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL CHANCADOR GIRATORIO

El chancador consiste principalmente en una carcasa exterior y de un eje principal de aleación de acero al carbono forrado con acero al manganeso, con forma cónica llamado "manto" que se asenta en el interior de una bocina o buje excéntrico como se observa en la Figura 3.1. El eje principal se apoya mediante un soporte hidráulico en la parte inferior y mediante un buje o bocina a una estructura resistente al desgate en la parte superior llamada "araña". (Gupta & Yan, 2016)

La mayoría de los componentes del chancador giratorio poseen un mantenimiento de rutina que son realizados en las paradas de planta, estos serán descritos más adelante.

3.1 Principio de funcionamiento

El eje principal está conectado a un gran motor eléctrico a través del sistema de transmisión que obliga constantemente al eje a girar con un alto par de torque y debido a la forma asimétrica de la excéntrica, el eje principal se mueve hacia adelante y hacia atrás como un péndulo a través de la línea central de la trituradora, de tal manera que el manto se acerca y aleja de las paredes de la chancadora llamados "cóncavos".

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

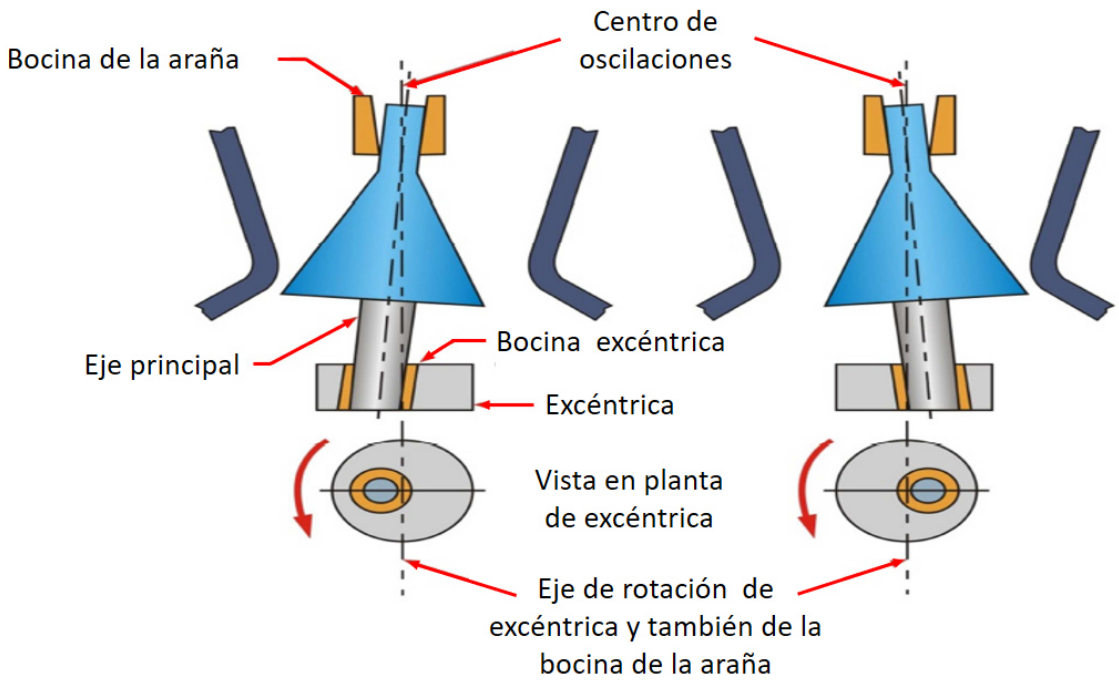
Debido al giro del eje principal, el espacio entre el manto y los cóncavos (cámara de chancado) se vuelve más estrecho generando una gran presión sobre el mineral provocando que este se fragmente en pedazos pequeños.

Cuando aumenta el espacio entre el manto y el cóncavo, el mineral fragmentado se libera y cae más abajo donde el espacio de la cámara de chancado es más estrecho. Cierto tamaño de mineral que se convierte lo suficientemente fino cae a través de la chancadora hacia el surge pocket.

La conminución ocurre en la cámara de chancado, donde el paso interior se vuelve más estrecho, debido a que el manto y el cóncavo forman un ángulo de pellizco que varía entre 22° y 30° según el tamaño y capacidad de la trituradora. (Wills, 2006)

Figura 3.1

Movimiento del eje principal de una chancadora giratoria.



Nota: Tomado de *Fundamentos de operación en plantas concentradoras* de TECSUP (2015).

Las chancadoras giratorias son designadas de la siguiente manera:

- 30” x 55”
- 42” x 66”
- 48” x 70”
- 54” x 72” / 74” / 84” / 87”

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

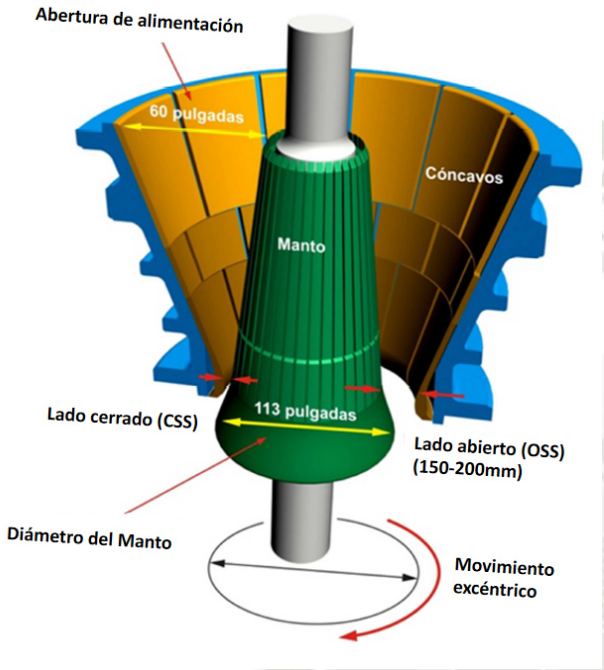
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- 60” x 89” / 110” / 113” / 117”
- 72” x 128”

Una chancadora 60” x 113” posee una entrada de alimentación de 60 pulgadas y diámetro inferior del manto de 113 pulgadas (Figura 3.2).

Figura 3.2

Dimensiones de una chancadora giratoria.



Nota: Tomado de *Mantenimiento de equipos de molienda y chancado* de TECSUP (2016).

La distancia más corta entre el cóncavo y el manto de la chancadora durante el movimiento excéntrico del eje principal se denomina ajuste de lado cerrado (CSS[3]). Y cuando el cóncavo y el manto están más alejados se llama ajuste de lado abierto (OSS[4]).

3.2 Partes de una Chancadora giratoria

En la Figura 3.3 se indica las principales partes de una chancadora giratoria.

[3] Closed side setting
[4] Open side setting

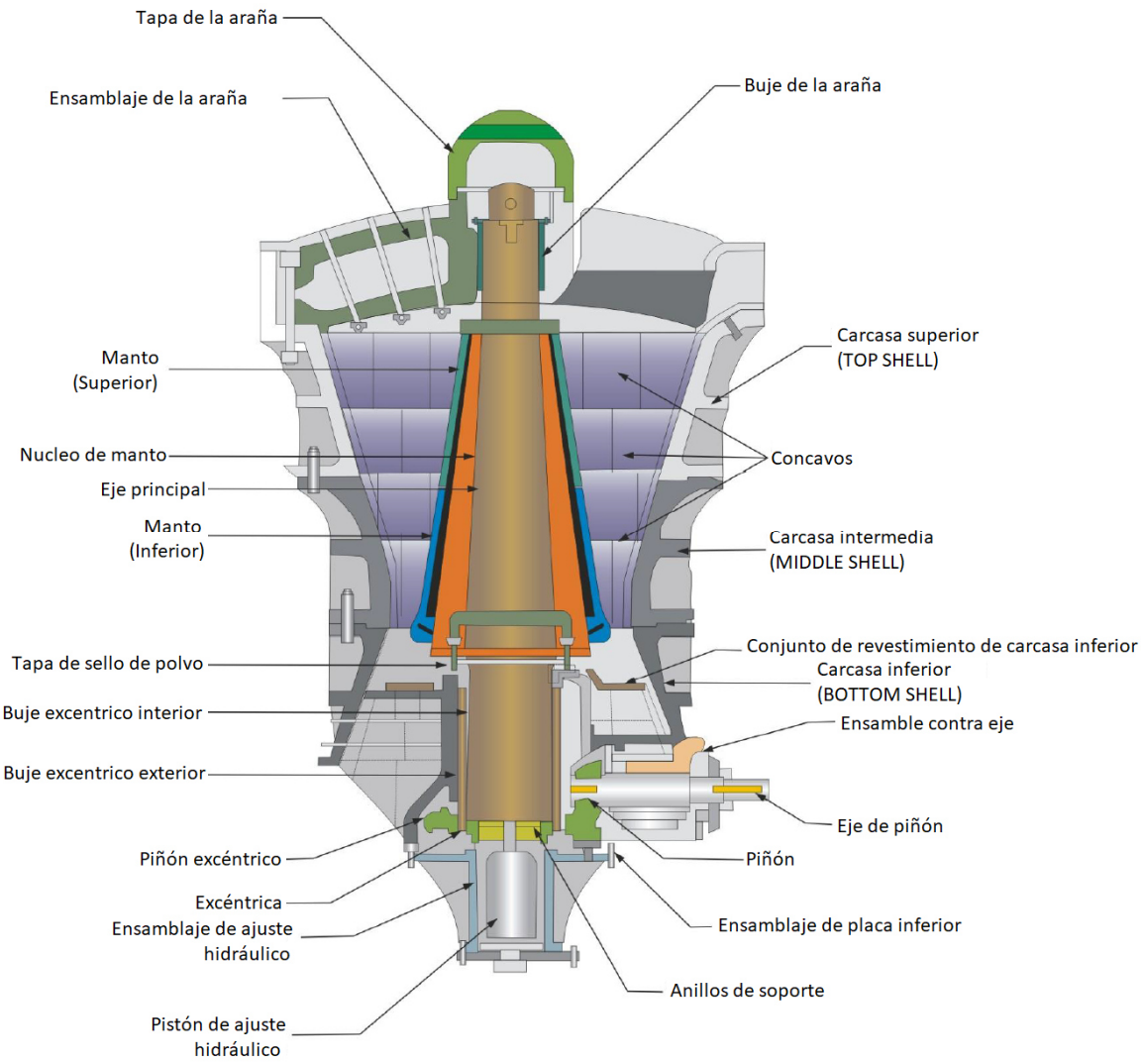
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 3.3

Partes de una Chancadora Giratoria.



Nota: Adaptado de *Procedimientos en Chancado Primario* de FLSMIDTH (2020)

3.2.1 Araña (Spider)

La araña esta encargada de guiar la parte superior del eje principal de modo que realice su movimiento caracteristico para poder fragmentar el mineral. La araña esta protegida por corazas debido a que recibe el impacto del mineral cuando los camiones mineros descargan sobre el dump hopper.

El diseño de la araña hace posible que el mineral se distribuya uniformentente sobre la camara de chancado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

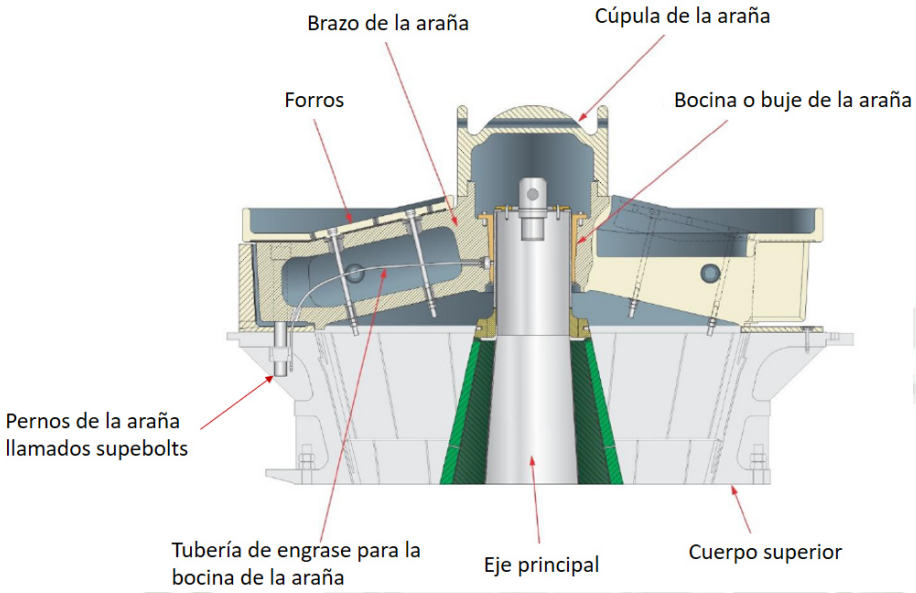
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El eje principal rota suelto en la bocina de la araña a causa de la holgura que hay entre ambos componentes.

Figura 3.4

Componentes de la araña.

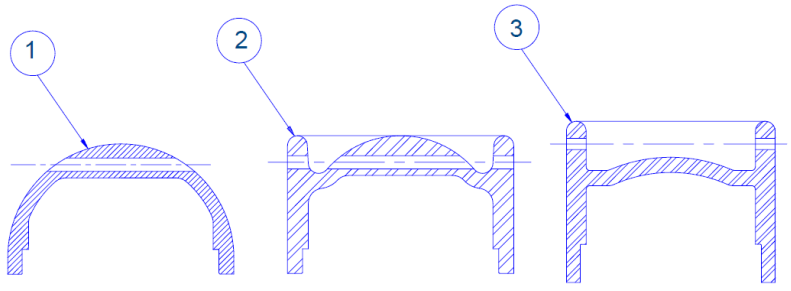


Nota: Tomado de *Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad Para Mejorar La Disponibilidad De La Chancadora 60"X113" De Minera CHINALCO* de Torres (2017).

Las cúpulas están encargadas de proteger la bocina de la araña (Figura 3.5) y se puede encontrar en diferentes formas.

Figura 3.5

Diferente tipos de cúpula de la araña.



Nota: Tomado de *Mantenimiento de equipos de molienda y chancado* de TECSUP (2016).

1. Cúpula tipo domo
2. Cúpula con paredes de retención tipo A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

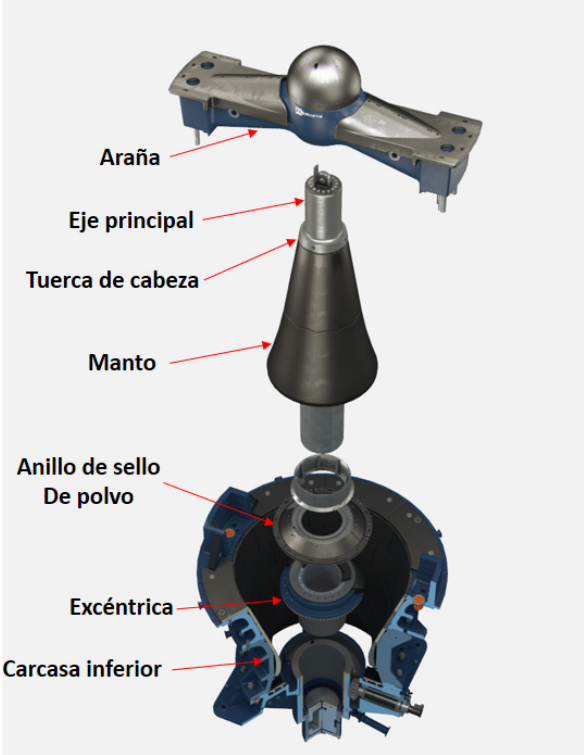
3. Cúpula con paredes de retención tipo B

3.2.2 Eje principal (Main Shaft)

El eje principal se aloja entre la excéntrica que está ubicada en la parte inferior y la araña (Figura 3.6). Para proteger el eje principal de la chancadora, se utilizan mantos de material acero al manganeso. Este conjunto forma la parte móvil encargada de triturar el mineral mediante un movimiento oscilatorio producido por la excéntrica.

Figura 3.6

Conjunto del eje principal.



Nota: Adaptado de Top service TSUV gyratory crushers de FLSMIDTH (2020).

El anillo de sello te polvo tiene la función de evitar el ingreso de polvo que se produce durante el chancado a la excéntrica y demás componentes internos para evitar su desgaste prematuro.

Los mantos se fijan al eje mediante:

- La geometría de ambos componentes.
- La tuerca de cabeza.
- Relleno epoxico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

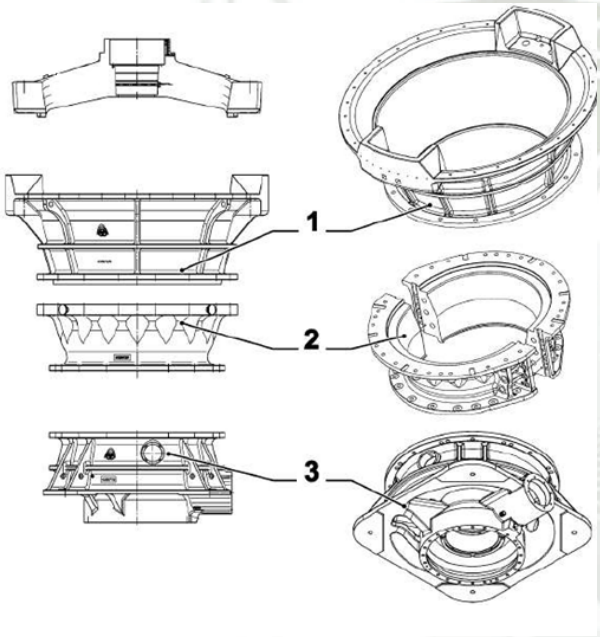
3.2.3 Cuerpo (Shell)

La estructura externa es de acero fundido no maquinado que soporta los componentes de la chancadora se denomina cuerpo y se apoya sobre la cimentación, soporta el peso de la chancadora, así como las cargas que se producen durante su funcionamiento.

Está formado de 3 partes (Figura 3.7) que se instalan uno sobre otro y se fijan mediante pernos dentro de agujeros maquinados.

Figura 3.7

Partes del cuerpo de la chancadora giratoria.



Nota: Tomado de *Mantenimiento de equipos de molienda y chancado* de TECSUP (2016).

- La carcasa inferior (3) lleva superficies de apoyo que se fijan en la cimentación.
- La carcasa intermedia (2) va montado sobre la carcasa intermedia y tiene una geometría tronco-cónica.
- La carcasa superior (1) tiene una geometría tronco-cónica y en la parte superior de esta se monta la araña.

Los cóncavos, que se encuentran en el interior del cuerpo del chancador, son capaces de soportar el impacto y el desgaste abrasivo que se produce durante el proceso de trituración del material. Estos cóncavos están distribuidos en 3, 4 o 5 filas.

Cuando los cóncavos son de acero al manganeso se tiene un cóncavo clave que cierra la fila y este cóncavo es el primero que se retira para realizar el mantenimiento. Los cóncavos de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

acero al manganeso se montan con una holgura entre ellos debido a la expansión de estos que ocurre durante la operación de la chancadora, una vez ya expandidos estos se sujetan entre si a esto y evitando el desprendimiento prematuro a este proceso se le denomina penned.

Si los cóncavos son de aceros martensíticos la holgura que se deja al momento de la instalación es menor a comparación de los aceros al manganeso debido a que la deformación plástica no es apreciable.

Los cóncavos se fijan al cuerpo del chancador mediante:

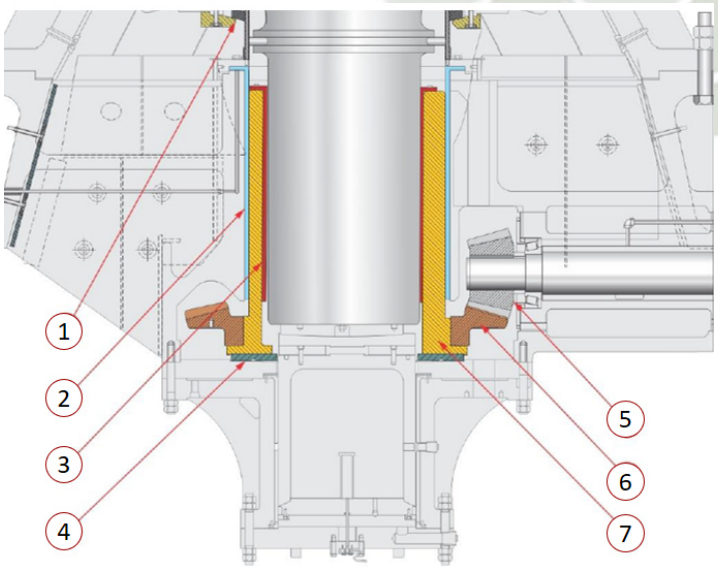
- Pletina soldada al cuerpo.
- Pasadores en las ranuras cónicas entre cóncavos.
- Relleno epoxico.

3.2.4 Conjunto de la excéntrica

Está conformada por anillos, bujes, la corona y la excéntrica, este último se encarga de hacer girar todo este conjunto que genera un movimiento oscilante circular en el eje principal debido a que sus componentes tienen un agujero excéntrico o desfasado (Figura 3.8).

Figura 3.8

Partes del conjunto de la excéntrica.



1. Anillo de sello de polvo
2. Buje exterior de la excéntrica
3. Buje interior de la excéntrica
4. Anillo de desgaste de la excéntrica
5. Piñón del contra-eje
6. Corona
7. Excéntrica

Nota: Tomado de *Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad Para Mejorar La Disponibilidad De La Chancadora 60"X113" De Minera CHINALCO* de Torres (2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

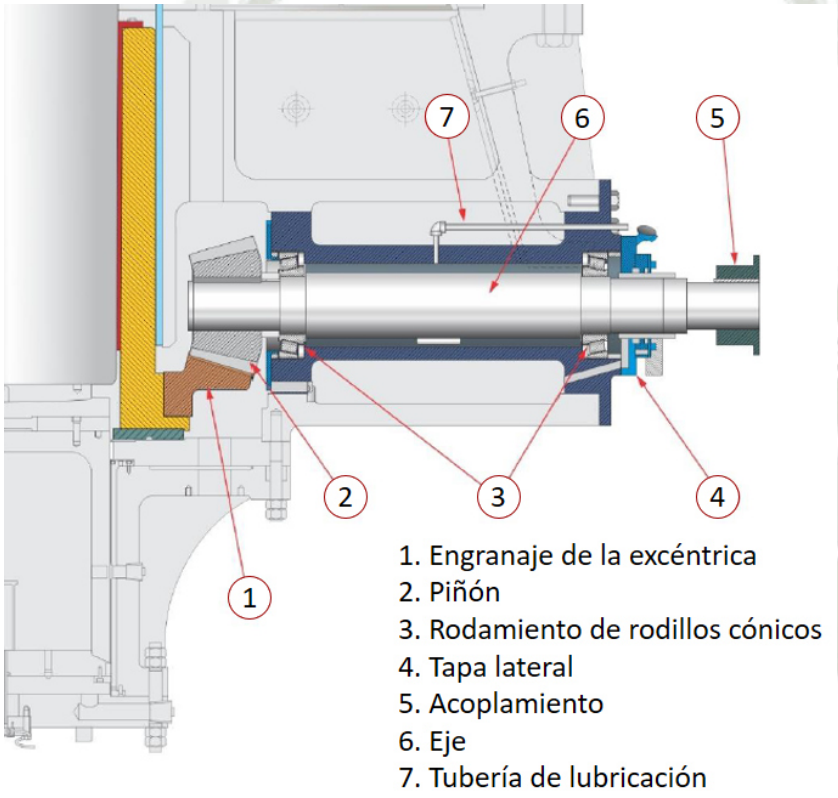
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.2.5 Contra eje, piñón y acoplamiento

El contra eje está ubicado en la parte inferior de la chancadora y en dirección perpendicular al eje principal (Figura 3.9), este contra eje lleva montado en un extremo un engranaje cónico (piñón) y en el otro un acople hacia un eje de extensión, este último se une al eje del motor eléctrico mediante otro acople.

Figura 3.9

Sistema de accionamiento de una chancadora giratoria.



Nota: Tomado de *Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad Para Mejorar La Disponibilidad De La Chancadora 60"X113" De Minera CHINALCO* de Torres (2017).

3.3 Especificación de material

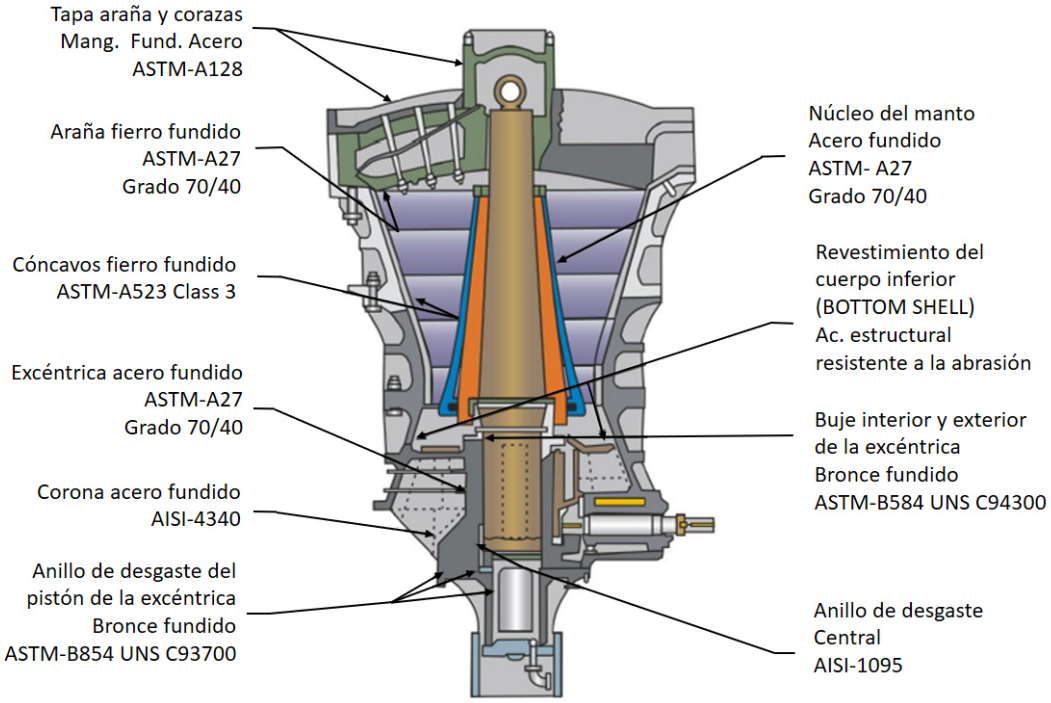
En las Figuras 3.10 y 3.11 se detallan las especificaciones del material de cada componente de una chancadora giratoria.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 3.10

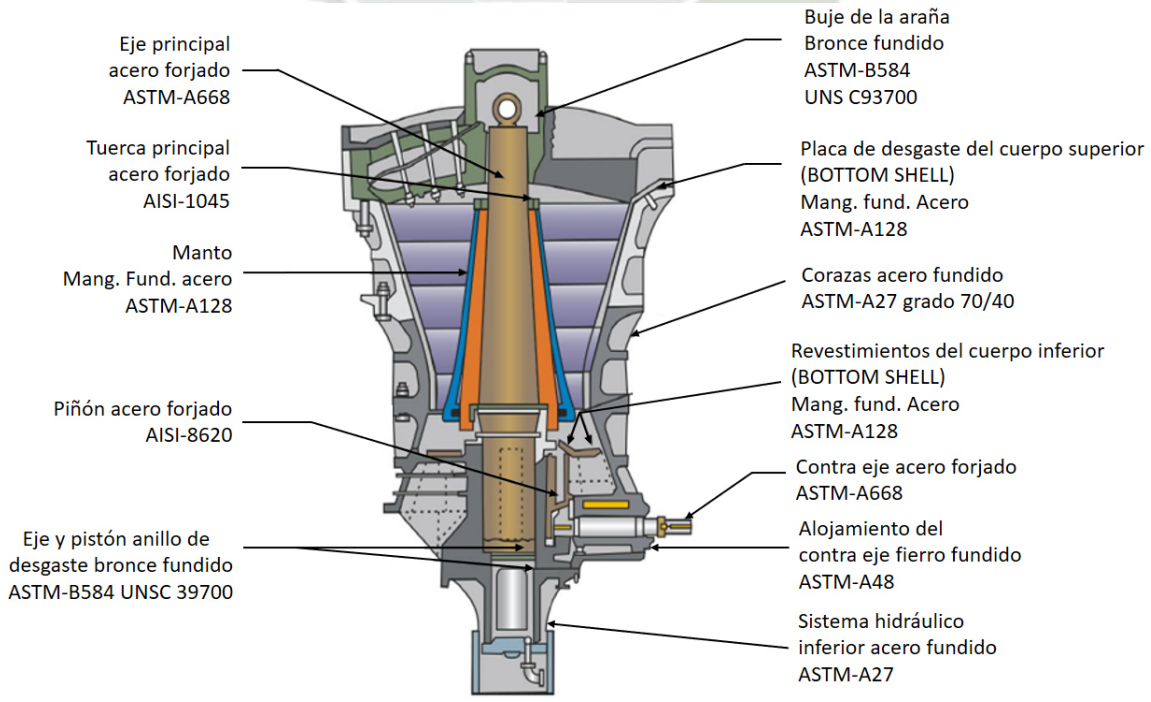
Especificación de materiales de la chancadora giratoria.



Nota: Tomado de *Chancado de minerales* de TECSUP (2017).

Figura 3.11

Especificación de materiales de la chancadora giratoria.



Nota: Tomado de *Chancado de minerales* de TECSUP (2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.4 Sistemas de la chancadora giratoria

Para un correcto funcionamiento la chancadora giratoria está compuesto por los siguientes sistemas:

- Sistema de accionamiento.
- Sistema de lubricación de componentes en movimiento.
- Sistemas de lubricación de la araña.
- Sistema hidroset.
- Sistema de sello de polvo.
- Sistema de posicionamiento del eje principal.

3.4.1 Sistema de lubricación

El sistema de lubricación previene el desgaste de los componentes en movimiento y cumple una función adicional de enfriamiento, el lubricante es enfriado antes lubricar las partes móviles de la chancadora y estas partes son:

1. Buje interno de la excéntrica.
2. Rodamiento del contraeje.
3. Buje externo de la excéntrica.

Un depósito de aceite, 2 bombas de tornillo una de ellas en stand by, dos filtros dúplex y dos intercambiadores de calor encargados del enfriamiento conforman el sistema de lubricación (Figura 3.12).

El depósito de aceite posee dos compartimientos que separan el aceite de retorno y de alimentación. Además, posee sensores de nivel bajo y sensores de nivel muy bajo (Figura 3.13), que tienen la función de evitar el encendido de la bomba lubricación y apagar las bombas respectivamente. Los calentadores controlados por termostatos mantienen el aceite a una temperatura que le permita ser bombeada fácilmente.

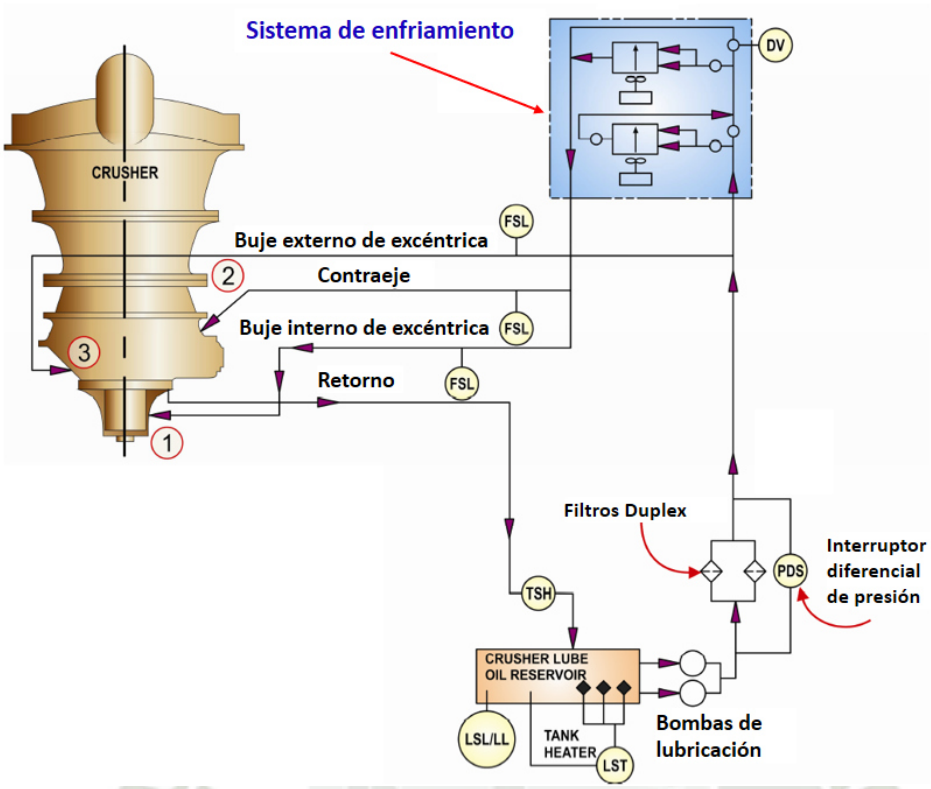
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 3.12

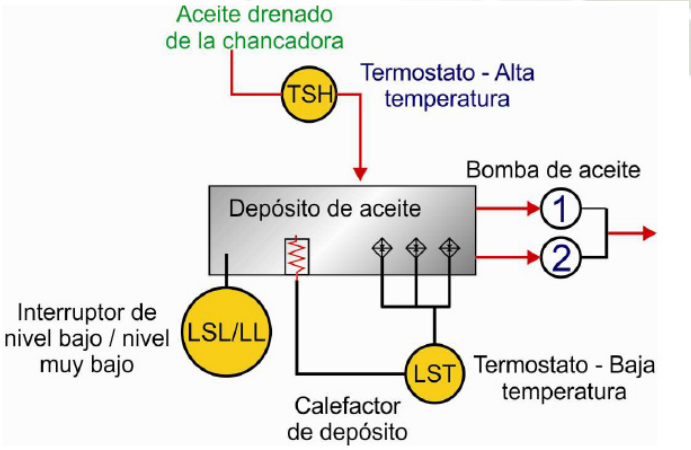
Sistema de lubricación.



Nota: Tomado de *Manual de operación de planta concentradora* de Unidad Minera CIA ANTAPACCAY (s.f.).

Figura 3.13

Depósito de aceite.



Nota: Tomado de *Manual de operación de planta concentradora* de Unidad Minera CIA ANTAPACCAY (s.f.).

Los filtros dúplex (Figura 3.12) están conectados en paralelo, de los cuales solo uno está en uso, mediante un interruptor de diferencial de presión se determina si el filtro está sucio y ocurre cuando este alcanza la presión diferencial máxima. Para realizar la limpieza del filtro

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

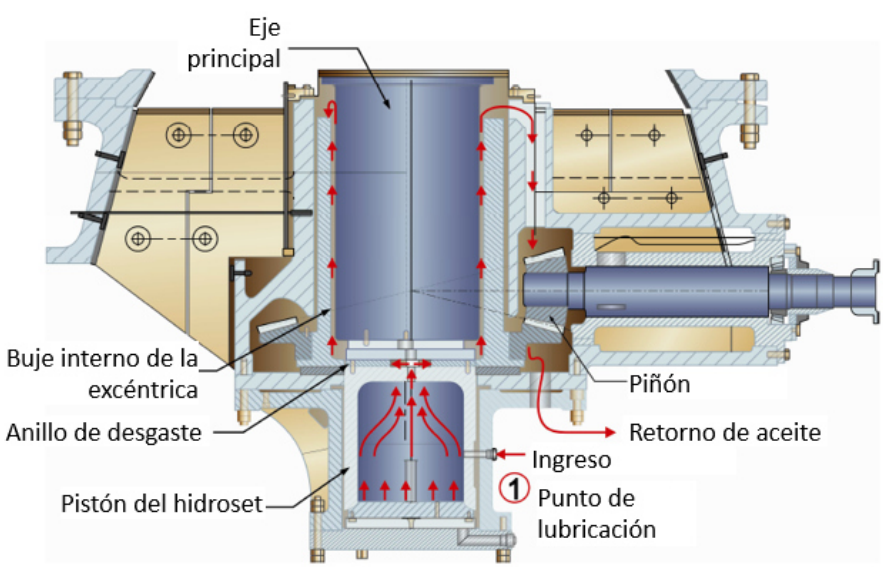
sucio mediante un interruptor manual se cambia el flujo de aceite hacia el otro filtro sin necesidad parar la chancadora.

3.4.1.1 Lubricación del buje interno de la excéntrica

El aceite inicia su recorrido a través del pistón del hidroset (Figura 3.14) y mediante una apertura ubicada en la parte superior del pistón el aceite circula hacia el buje interno de la excéntrica.

Figura 3.14

Lubricación del buje interno.



Nota: Tomado de *Manual de operación de planta concentradora* de Unidad Minera CIA ANTAPACCAY (s.f.).

El aceite lubrica los siguientes componentes:

- Anillo de desgaste del pistón.
- Anillo de desgaste central.
- Anillo de desgaste de la excéntrica.
- Cojinete interior de la excéntrica.
- Piñón del contra eje.

3.4.1.2 Lubricación del rodamiento del contra-eje

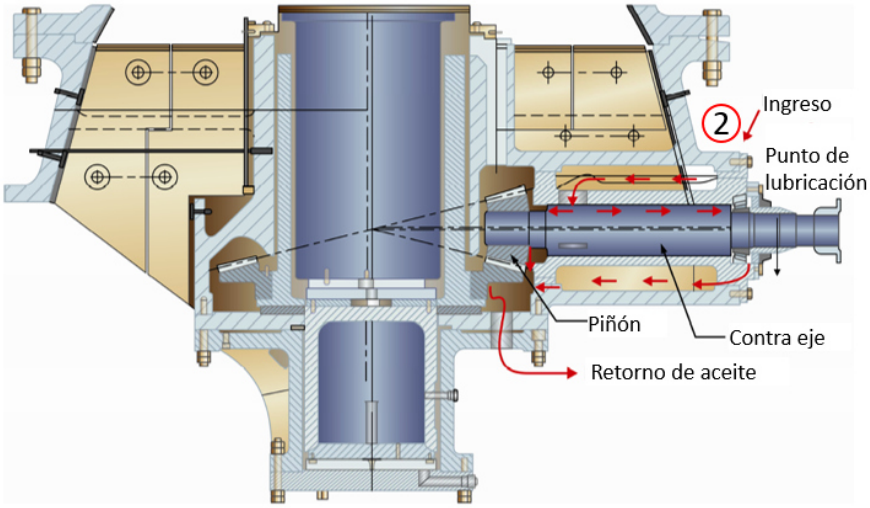
El ingreso del aceite es directo sobre el contra-eje (Figura 3.15) a través de una tubería de lubricación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 3.15

Lubricación del contra eje.



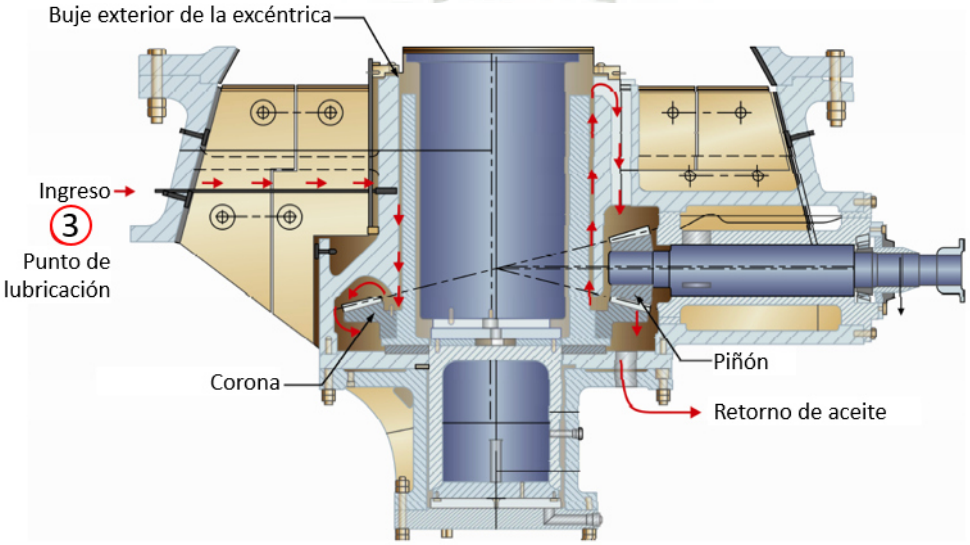
Nota: Tomado de *Manual de operación de planta concentradora* de Unidad Minera CIA ANTAPACCAY (s.f.).

3.4.1.3 Lubricación del buje externo de la excéntrica

En la Figura 3.16 se ilustra cómo se lleva a cabo la lubricación del buje externo de la excéntrica. El lubricante es introducido a través de los puertos maquinados ubicados en el buje exterior y fluye hacia la parte superior e inferior de la excéntrica, lubricando también la corona y el piñón. Este proceso es posible gracias a la holgura existente entre el buje exterior y la excéntrica. Finalmente, el lubricante retorna al estanque de lubricación a través de la línea de retorno.

Figura 3.16

Lubricación del buje externo



Nota: Tomado de *Manual de operación de planta concentradora* de Unidad Minera CIA ANTAPACCAY (s.f.).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

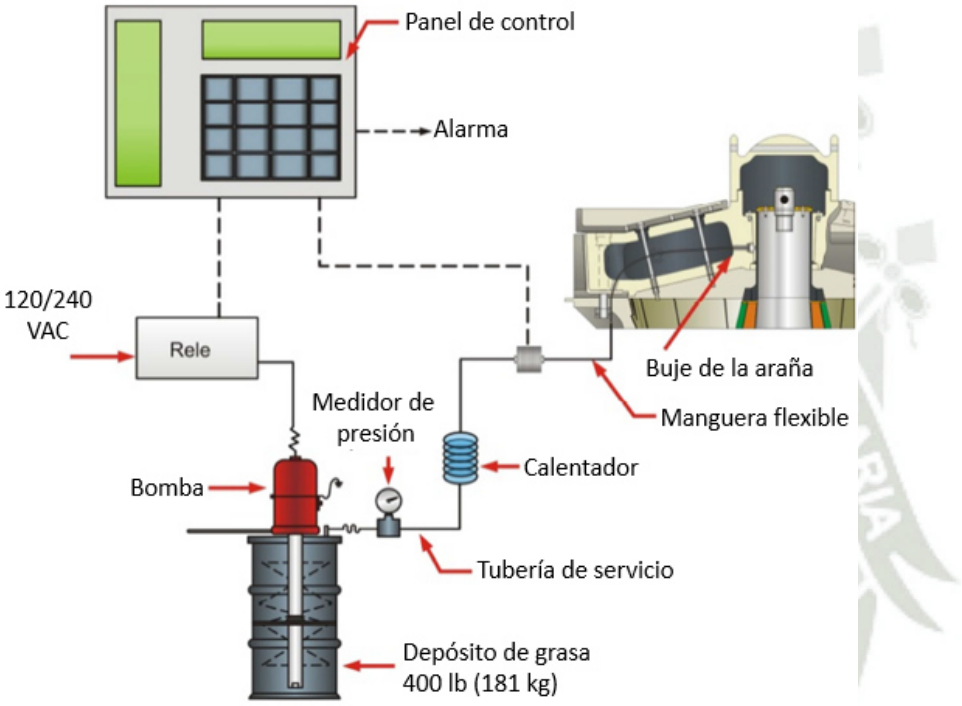
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.1.4 Sistema de lubricación de la araña

El sistema de lubricación de la araña se realiza de forma independiente (Figura 3.17), una bomba electro-neumática activada por un panel de control impulsa la grasa desde el depósito hacia el buje de la araña.

Figura 3.17

Sistema de lubricación de la araña.



Nota: Tomado de *Fundamento de operación en plantas concentradoras* de TECSUP (2015).

El bombeo de grasa hacia el buje de la araña se realiza por ciclos, debido a la acción de bombeo primero se llenan las líneas de alimentación y como la bomba sigue operando aumenta la presión en estas líneas empujando la grasa contenida a través de los inyectores hacia el buje de la araña, el ciclo finaliza cuando un interruptor limitador es activado por el ultimo inyector que apaga la bomba. Este proceso se puede realizar de forma manual o automática.

3.4.2 Sistema hidroset

El sistema hidroset varia la posición vertical del eje principal de la chancadora, ocasionando que los cóncavos y mantos se alejen o acerquen en la cámara de trituración, de esta manera se controla la granulometría del mineral, también tiene la función amortiguar cargas de impacto que se producen en el proceso de chancado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

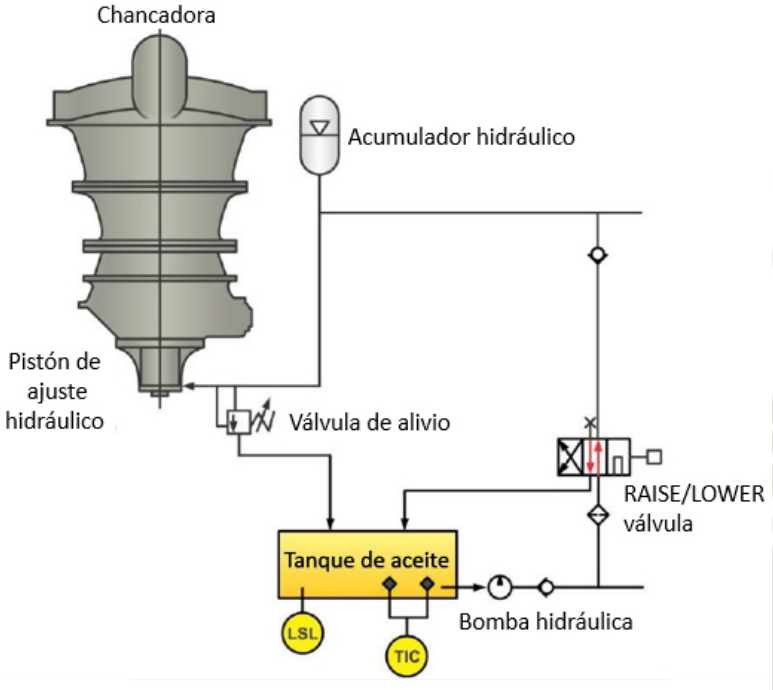
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El sistema hidroset está compuesto por el pistón de ajuste hidráulico, la unidad hidráulica y el acumulador hidráulico (Figura 3.18).

Figura 3.18

Partes principales del sistema Hidroset.

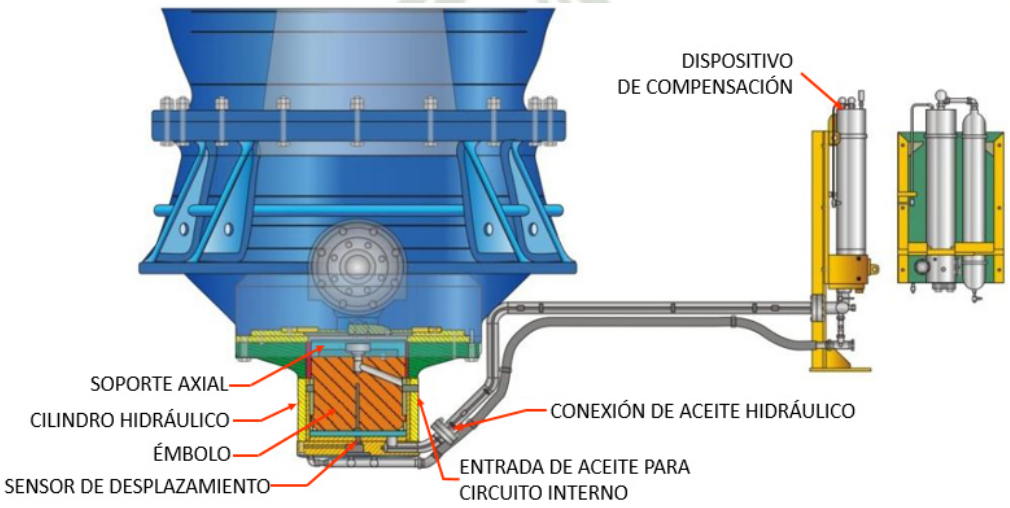


Nota: Tomado de *Manual de operación de planta concentradora* de Unidad Minera CIA ANTAPACCAY (s.f.).

Mediante un soporte axial el eje principal de la chancadora se apoya sobre el émbolo del pistón de ajuste hidráulico (Figura 3.19).

Figura 3.19

Sistema hidráulico.



Nota: Tomado de *Manual de operación de planta concentradora* de Unidad Minera CIA ANTAPACCAY (s.f.).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

A medida que se va desgastando el cóncavo y los mantos el OSS[5] de la chancadora aumenta esto ocasiona que aumente el tamaño del mineral, para reducir el tamaño del mineral se debe de reducir el OSS y esto se logra elevando el eje principal de la chancadora, de esta manera se logra controlar la granulometría del mineral.

El acumulador hidráulico es el encargado de liberar la presión generada por los picos de fuerza debido a la variación de la carga del mineral y presencia de materiales inchancables, el acumulador hidráulico consiste en una cámara de goma con nitrógeno comprimido separada de aceite hidráulico.

La presión que hay del lado del nitrógeno y del lado del aceite hidráulico son iguales para condiciones estáticas, pero cuando aumenta la presión en el pistón hidráulico el aceite es forzado a ocupar el volumen del nitrógeno dentro del acumulador absorbiendo este aumento de presión, cuando la presión disminuye el aceite retorna hacia el pistón hidráulico.

Cuando entra un material inchancable aumenta la presión excesivamente sobre el pistón del hidroset y una válvula de alivio envía el aceite del pistón hidráulico hacia el tanque de aceite y el eje principal de la chancadora baja su posición aumentado el OSS para que el material inchancable pase a través de la chancadora.

En la Figura 3.20 se muestra la distribución del producto debido a la variación de OSS de una chancadora.

[5] Ajuste de lado abierto

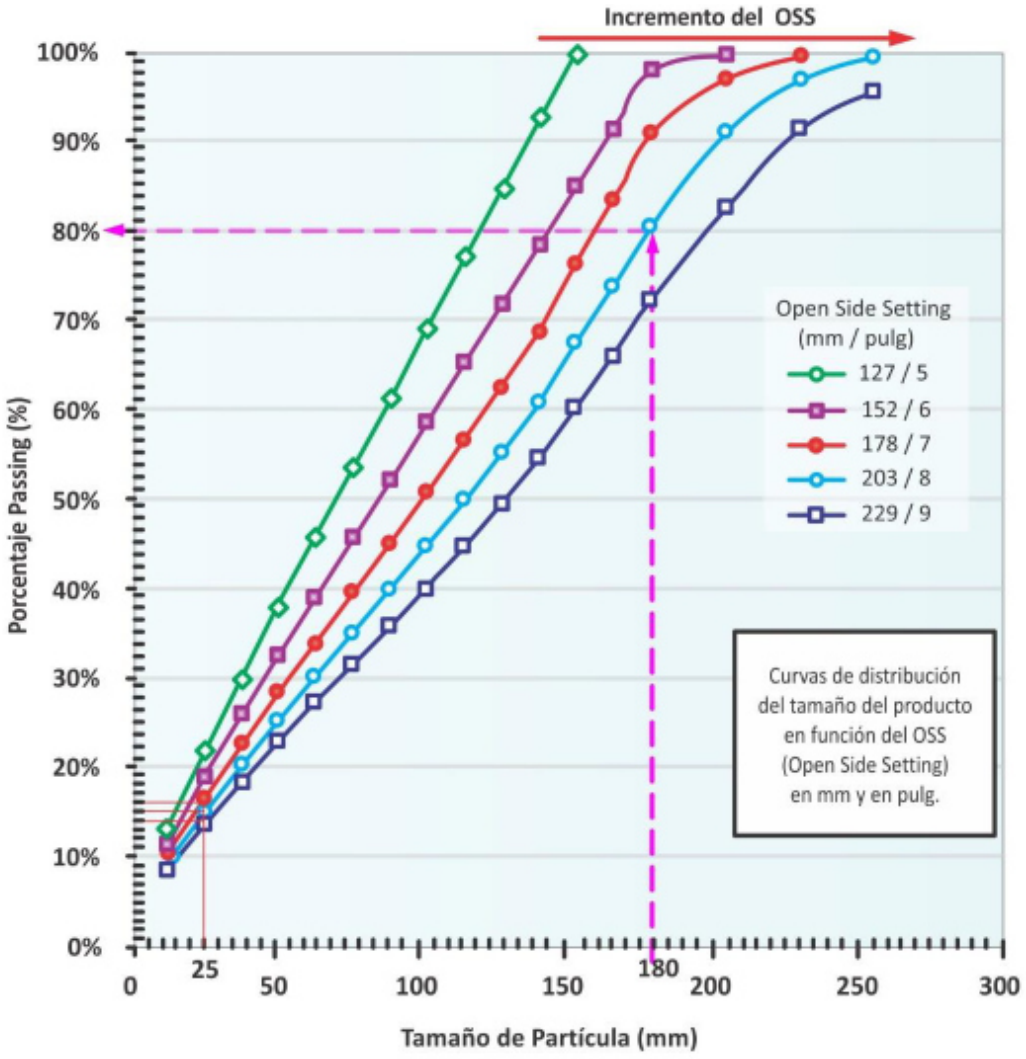
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 3.20

Distribución del tamaño del producto estimado por el OSS de la chancadora.



Nota: Tomado de *Fundamentos de operación en plantas concentradoras* de TECSUP (2015).

La proporción del material fino (tamaño de partícula menor a 25 mm) no sufren grandes cambios debido a la variación del OSS.

3.4.3 Sistema de posicionamiento del eje principal

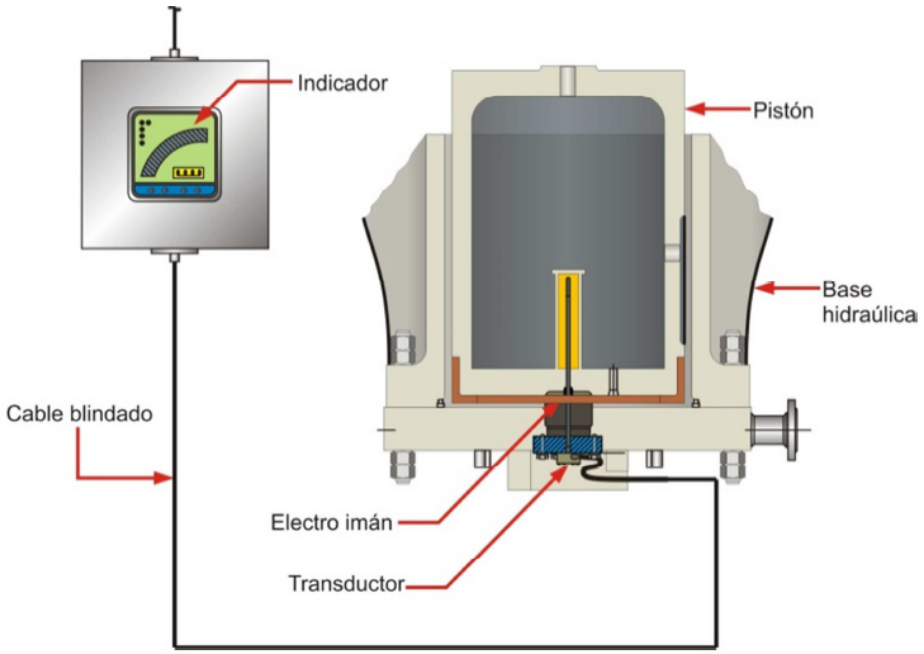
El monitoreo de la posición vertical del eje principal de la chancadora se realiza a través de un transductor ubicado en la parte inferior del pistón del hidroset como se observa en la Figura 3.21, una vez acondicionada la señal es enviada hacia un indicador ubicado en la sala de control.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 3.21

Sistema de posicionamiento del eje principal.



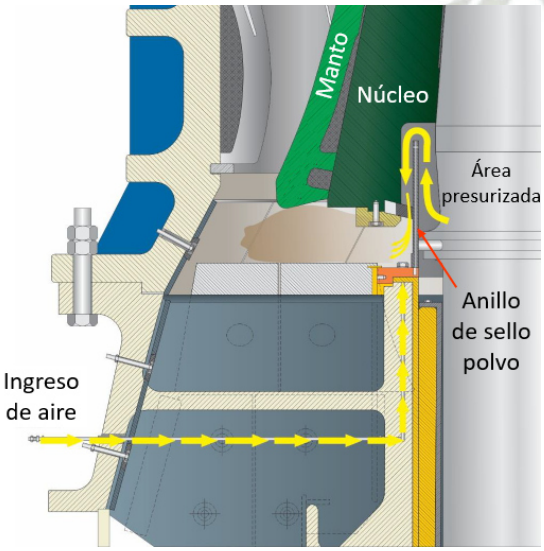
Nota: Tomado de *Chancado primario y transporte de mineral grueso* de TECSUP (2015).

3.4.4 Sistema de sello de polvo

Este sistema evita el daño que pudieran causar las partículas de polvo que ingresan al sistema de lubricación y la excéntrica mediante un sello de aire a presión. El área presurizada está ubicada encima de la excéntrica y en la parte inferior del núcleo (Figura 3.22).

Figura 3.22

Sistema de sello de polvo.



Nota: Tomado de *Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad Para Mejorar La Disponibilidad De La Chancadora 60"X113" De Minera CHINALCO* de Torres (2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.5 Especificaciones de la chancadora giratoria 60”x113”

Las especificaciones generales de la chancadora giratoria TRAYLOR NT 60” x 113” se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1
Especificaciones generales Chancadora giratoria

Datos generales	
TAG	C2-3110-RB-001/002
Fabricante	FLSMIDTH
Modelo	TRAYLOR NT
Tipo	Giratorio
Dimensiones	1525 mm x 2870 mm (60”x113”)
Capacidad	4167 a 7 500 t/h
Ajuste de lado abierto (OSS)	203 mm (8”)
Peso total	439 180 kg
Tamaño del producto	80% 100-165 mm
Accionamiento motor	
Marca	TOSHIBA
Potencia	750 kW/1000 Hp
RPM motor	500 RPM
RPM main shaft	123 RPM
Excentricidad	123 mm
Polos/Frecuencia/Tensión	14/ 60Hz / 4000 V
Sistema de lubricación de la araña	
Numero de Tag	C2-3110-LU-002/004
Fabricante de la bomba	Lincon
Tipo	Screw
Flujo	0.4 L/min
Presión	35 kPa máx.
Sistema de lubricación y enfriamiento	
Numero de Tag	C2-3110-LU-001/003
Fabricante	TBD
Fabricante de la bomba	IMO
Tipo/Modelo	Screw/G3DB-250

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Flujo	378 L/min
Motor marca	Toshiba
Presión	30 PSI/200kpa
Bomba stand by	Incluida

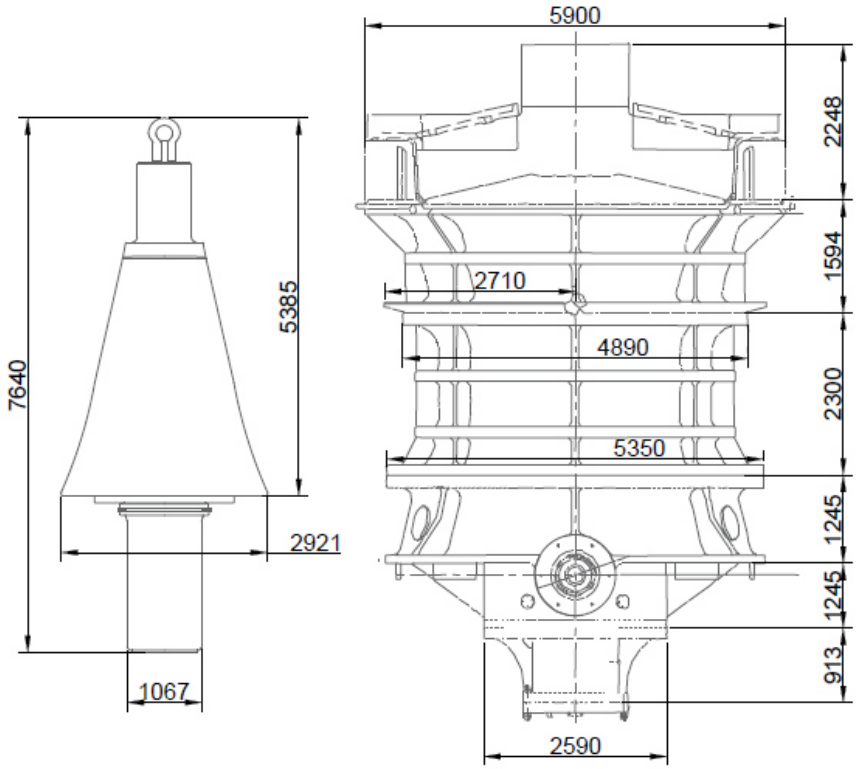
Fuente: Unidad minera del sur del Perú

3.5.1 Dimensiones generales de la chancadora giratoria 60” x 113”

En la Figura 3.23 se detalla las dimensiones generales de la chancadora giratoria TRAYLOR tipo NT 60” x 113”.

Figura 3.23

Dimensiones generales de la chancadora giratoria TRAYLOR modelo NT 60” x 113”.



Nota: Adaptado de *60” x 113” Traylor Type “NT” Gyratory Crusher* de FLSMIDTH (s.f.)

3.5.2 Peso de los principales componentes

En la Tabla 3.2 y 3.3 se detalla el peso de los componentes de la chancadora giratoria 60” x 113”.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3.2
Pesos de izaje de componentes mayores (aproximados)

Descripción	Peso (kg)
Ensamblaje de la araña	32 343
Ensamblaje del eje principal	105 725
Top Shell sin revestimiento	66 700
Middle Shell sin revestimiento	77 818
Bottom Shell sin revestimiento	78 689
Ensamblaje de la excéntrica y placa inferior	19 094
Ensamblaje del cilindro hidráulico	15 289
Tapa de la araña	5 610
Ensamblaje del contra eje	4 035

Fuente: FLSMIDTH, 2020

Tabla 3.3
Pesos de izaje de componentes menores (aproximados)

Descripción	Peso (kg)
Buje excéntrico interior	1 270
Excéntrica	7 710
Buje excéntrico exterior	2 100
Buje de la araña	635
Soporte del cilindro hidráulico	8 300
Buje superior e inferior del pistón	815
Anillo de desgaste de la excéntrica	500
Anillo de desgaste del eje principal	395
Anillo de desgaste del pistón inferior	390
Anillo céntrico de desgaste	412
Manguito del eje principal	960
Piñón	359
Engranaje planetario cónico	2 955
Protector de sello de polvo	573
Superbolts	140

Fuente: FLSMIDTH, 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.6 Procedimiento general de mantenimiento de la chancadora giratoria

3.6.1 Seguridad

Todo el personal que interviene en el procedimiento de mantenimiento debe cumplir con las condiciones y especificaciones mínimas establecidas en el artículo 44 del D.S. 024-2016-EM.

3.6.2 Trabajos previos

Con el objetivo de reducir el tiempo de mantenimiento de la chancadora giratoria se realizan trabajos previos a la parada del equipo y estos consisten en:

- Preparación del procedimiento de trabajo y de los permisos de seguridad respectivos.
- Preparación y verificación de las herramientas.
- Preparación y verificación de los equipos.
- Preparación de los materiales.

En el caso de caso de cambio de cóncavos parte del trabajo previo es el armado de los cóncavos en una estructura metálica llamada “florero”.

3.6.3 Bloqueo de bahías

Este parte del procedimiento es realizado por la empresa minera. El área de ingreso de los camiones mineros hacia el dump hopper se les denomina bahías y este es el único punto de acceso hacia la chancadora. Las bahías se bloquean utilizando llantas.

3.6.4 Traslado de equipos, herramientas y materiales

Previa inspección de los equipos, herramientas y materiales estos son trasladados a la zona de trabajo.

3.6.5 Limpieza de dump pocket, bloqueo de equipo

- Para realizar cualquier trabajo de mantenimiento en la chancadora giratoria se requiere que el dump hopper este vacío, además que el surge pocket se encuentre en un nivel alto. Con la ayuda del rock breaker y de un bobcat se realiza la limpieza del dump hopper.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Antes de realizar el mantenimiento en la chancadora se debe de asegurar que todas las fuerzas eléctricas, mecánicas, hidráulicas y neumáticas hayan sido mitigadas; para luego realizar el bloqueo aguas arriba y abajo.

3.6.6 Instalación de escaleras de acceso

Para que el personal de mantenimiento pueda acceder hacia el dump hopper de manera segura se instala una escalera de acceso utilizando una grúa móvil (Figura 3.24). Esta escalera de acceso se fija mediante cordones de soldadura.

3.6.7 Instalación de la plataforma de mantenimiento

Una serie de barandas instaladas alrededor de la parte superior de la chancadora que funcionan como barrera física llamada “corralito” (Figura 3.24) se instala como un sistema de seguridad. Este corralito también es usado para anclar las líneas de vida retractiles del personal de mantenimiento.

Figura 3.24

Instalación de la escalera de acceso y plataforma de mantenimiento.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

3.6.8 Retiro de la cúpula de la chancadora

El personal de mantenimiento debe realizar la limpieza de las monturas de la cúpula (Figura 3.25) para ubicar 2 orificios diseñados que sirven como punto anclaje, en caso de que la cúpula no posea los puntos de anclaje el personal de mantenimiento deberá de soldar una oreja de izaje. Una vez retirada la cúpula se procede a retirar la grasa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 3.25

Limpieza de monturas e izaje de la cúpula.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

3.6.9 Retiro de la araña

Primero se deben de retirar los superbolts, para esto el personal debe de ubicarse en la parte inferior de la chancadora donde se encuentran las tuercas de ajuste (Figura 3.26), una vez retiradas las tuercas de ajuste se sueldan orejas de izaje en la parte superior de los superbolts para posteriormente ser izados.

Figura 3.26

Ubicación de la tuerca de ajuste e izaje de los superbolt.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

A pesar de retirar los superbolts la araña aún se encuentra pegada al top shell de la chancadora, para despegar la araña se utilizan gatas hidráulicas sobre los soportes del top shell (Figura 3.27). Una vez despegada la araña recién se puede utilizar la grúa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 3.27

Izaje de la araña de la chancadora.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

3.6.9.1 Desmontaje del main shaft

Para acceder al cáncamo ubicado en la parte superior del main shaft se utiliza una plataforma de acceso (Figura 3.28). Y mediante el jib crane se realiza el izaje del main shaft hacia una estructura de soporte ubicada en la parte inferior de la torre de chancado. En caso de utilizar una grúa para el desmontaje, por seguridad se eleva el main shaft 10 cm sobre su apoyo y se verifica que los frenos de la grúa que sostienen la carga no hayan tenido ningún deslizamiento durante 10 minutos.

Figura 3.28

Izaje del main shaft y estructura de soporte.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

Posterior al desmontaje del main shaft se realiza el control dimensional del buje interior de la excéntrica (Figura 3.29), si el diámetro interior es superior a 1073.73 mm es necesario

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

realizar el cambio de la excéntrica. Previamente se realiza la limpieza de aceite lubricante como la limpieza en la zona inferior de excéntrica.

Figura 3.29

Control dimensional del buje interior de la excéntrica.

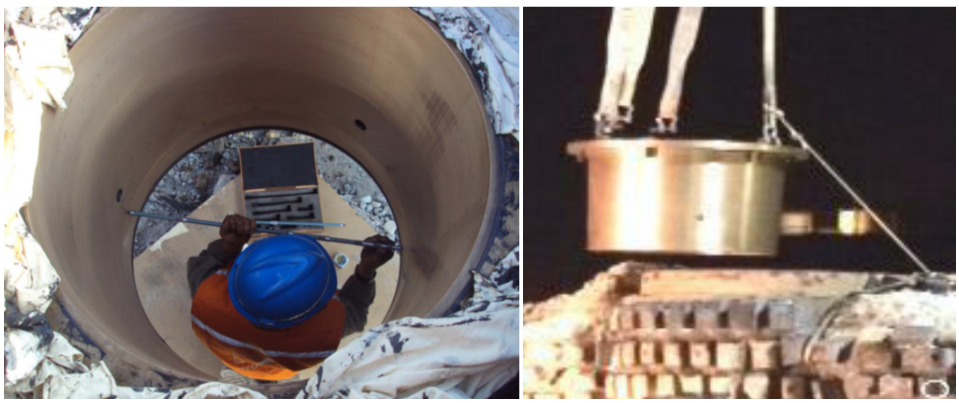
Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

3.6.10 Cambio del buje de la araña

Posterior a la limpieza del buje de la araña se mide el diámetro interno del buje (Figura 3.30) para analizar el desgaste del buje y si necesita ser cambiado. Se realizan 5 mediciones del diámetro interno y se verifica si aún está dentro del rango de 791.64-792.54 mm. En caso de cambio de buje se desajustan los pernos del buje de la araña con pistola de impacto y se iza el buje con una grúa telescópica. Antes del montaje del nuevo buje de la araña se debe de realizar un control dimensional de las diámetros internos y externos, en el momento del montaje debe de verificarse la concentricidad.

Figura 3.30

Control dimensional y montaje del buje de la araña.



Nota: Tomado de *Informe técnico de cambio de cóncavas y mantos en chancadoras primarias por la empresa contratista FLSMIDTH. S.A.C.* de Sisa (2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.6.11 Reforzamiento de liners de la cúpula, arañas y corazas

Una vez desmontada la araña se coloca sobre una estructura diseñada para su soporte (Figura 3.31). Luego se cortan los pernos que unen la coraza y la araña con electrodo chamfercord. Posteriormente se retira la coraza utilizando una grúa telescópica mediante 2 orejas de izaje que han sido soldadas previamente en cada coraza.

Figura 3.31

Desmontaje de la araña y retiro de las corazas.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

Los liners desgastados se retiran utilizando electrodos chamfercord, una vez retirados los liners desgastado la superficie se prepara utilizando esmeril con disco de desbate para finalmente volver a soldar los liners nuevos.

3.6.12 Montaje de las corazas

Antes de realizar el montaje de las corazas sobre la araña primero se debe de realizar una limpieza con esmeriles y discos de desbaste. Posterior al montaje de las corazas e instalación de pernos (Figura 3.32) se realiza el calafateo de las juntas araña-corazas con la mezcla cemento-yeso y se vierten el cemento epoxico previamente preparado (Figura 3.32).

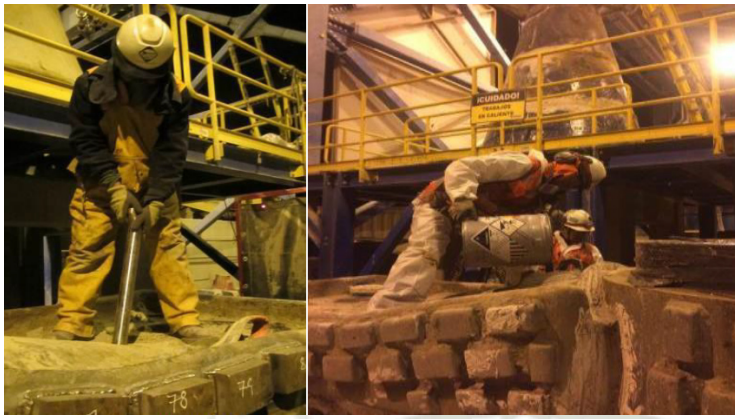
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 3.32

Instalación de pernos y calafateo de las juntas araña-corazas.



Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

3.6.13 Cambio de liners octogonales

3.6.13.1 Apertura de las tapas laterales (Man Hole)

Antes de ingresar se debe de verificar que no haya ningún riesgo de caída del material desde la parte superior de la chancadora, luego se procede a retirar la tapa laterales o escotillas de la chancadora (Figura 3.33).

Figura 3.33

Tapas laterales de la chancadora.

Nota: Tomado *de Inspeccion y cambio de liners octogonales del chancador primario* de FLSMIDTH (2016).

3.6.13.2 Instalación de plataforma de acceso

Utilizando soldadura la plataforma de acceso se instala por debajo de los brazos de la chancadora (Figura 3.34), estas plataformas permitirán ingresar los equipos y herramientas al interior de la chancadora. Además, una escalera se fijará sobre las paredes del octógono y se asentará sobre el terreno nivelado del surge pocket.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 3.34

Plataforma de acceso hacia los octogonales.

Nota: Tomado *de Inspeccion y cambio de liners octogonales del chancador primario* de FLSMIDTH (2016).

3.6.13.3 Retiro e ingreso de liners octogonales desgatados y nuevos

Utilizando un cincel neumático se realiza la limpieza y se retira el material apelmazado de las paredes de los octógonos. Luego se evalúa e identifica los liners desgastados y se realiza la limpieza de los cordones de soldadura a cortar con electrodo chamfercord. Los liners cortados son retirados de las paredes utilizando cincel y comba.

El retiro e ingreso de los liners octogonales desgatados y nuevos es a través de las tapas laterales de la chancadora (Figura 3.35).

Figura 3.35

Retiro e ingreso de liners octogonales.

Nota: Tomado *de Inspeccion y cambio de liners octogonales del chancador primario* de FLSMIDTH (2016).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.6.14 Instalación de liners octogonales

La instalación de liners octogonales que se encuentren al alcance del personal, se realiza por 2 personas, una encargada de posicionar manualmente el liner y la otra de fijar el liner a la base principal mediante soldadura Inox. En caso que el liner se encuentren a una altura por encima del personal de mantenimiento se utilizará las plataformas de trabajo, con el apoyo de roldanas ubicadas en la pared de la chancadora y sogas; se izarán los octógonos en canastas hasta la altura de las plataformas.

Figura 3.36

Liners octogonales instalados.

Nota: Tomado *de Inspeccion y cambio de liners octogonales del chancador primario* de FLSMIDTH (2016).

3.6.15 Cambio de liners del bottom shell

Evalué e identifiqué los liner del bottom shell a reemplazar en función al desgaste, luego utilicé las plataformas de trabajo previamente instaladas para soldar orejas de izaje en la parte superior de los liners identificados.

Para realizar la maniobra de montaje y desmontaje de los liners se necesitan 2 riggers, uno ubicado en la parte superior del dump hopper y otro en la parte interior de la chancadora a la altura de los octógonos. El rigger ubicado interior de la chancadora debe de coordinar con el rigger ubicado en la parte superior del dump hopper para coordinar el descenso de los estrobos instalados en la grúa hasta la altura de los linners identificados, luego se asegura el linner al grillete, después se corta los pernos que sujetan los liners y finalmente se realiza el desmontaje de los linner del bottom shell.

El montaje de los linner del bottom shell nuevos se realiza en coordinación con el rigger y el operador de la grúa móvil hasta su posición de trabajo, realice una retenida con la grúa para posicionar el linner del bottom shell de manera que se pueda asegurar los pernos de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

fijación. Finalmente suelde los separadores para los liners instalados con electrodo de inox para evitar el desprendimiento de los linners del bottom shell.

Figura 3.37

Montaje y desmontaje de los linners del bottom shell.

Nota: Tomado *de Inspeccion y cambio de liners octogonales del chancador primario* de FLSMIDTH (2016).

3.6.16 Cambio de cóncavos

3.6.16.1 Retiro de top shell liner

Para retirar los top shell liner o medias lunas primero se deben de soldar oreja de izaje (Figura 3.37), luego por la parte inferior de la chancadora se retira las tuercas de los pernos que sujetan las medias lunas para retirar los pernos, finalmente con el uso de barreta se despega las medias lunas para su posterior izaje.

Figura 3.38

Desmontaje de los top shell liner.

Nota: Tomado *de Inspeccion y cambio de liners octogonales del chancador primario* de FLSMIDTH (2016).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.6.16.2 Instalación de bandejas

Para el retiro de los cóncavos se instalan 3 bandejas (Figura 3.39) que también tiene la función de plataforma de trabajo que permite realizar el corte de los cóncavos y previo a la instalación de bandejas se coloca una tapa sobre el sello de polvo para evitar que entre material extraño hacia la excéntrica.

Figura 3.39

Instalación de bandejas.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

3.6.16.3 Desmontaje de los cóncavos

Para realizar el desmontaje de los cóncavos se necesitan 2 soldadores con traje de aluminio, uno de los soldadores estará encargado del corte de los cóncavos, mientras que el otro tendrá las funciones de prender la oxiflama utilizando un equipo oxicorte y habilitar las lanzas térmicas al soldador encargado del corte.

Figura 3.40

Equipo oxicorte y corte de los cóncavos de la 4ta fila.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Una vez realizado el corte de una de las filas de los cóncavos con la ayuda del rock breaker y la punta modificada (Figura 3.41) se procede a realizar el desprendimiento de lo cóncavos.

Figura 3.41

Punta modificada del rock breaker y desprendimiento de cóncavo.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

Finalmente se realiza el izaje de las bandejas con los cóncavos, este procedimiento se repite por cada fila de cóncavos.

3.6.16.4 Limpieza e inspección del shell

Para realizar el montaje de los nuevos cóncavos se debe de preparar la superficie del shell mediante una limpieza que consiste en retirar residuos epóxicos, polvos y residuos de grasas una vez retirados todos los cóncavos. Además, se realiza una inspección visual del estado de la superficie del shell y si hubiese parte de la superficie dañada se repara rellenando con soldadura.

3.6.16.5 Montaje de nuevos cóncavos

Los floreros armados en los trabajos previos (Figura 3.42) son montados en el shell por fila, una vez posicionado el florero de la primera fila se revisa que se haya asentado correctamente sobre el anillo de sujeción.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 3.42

Floreros armados y asentamiento sobre el anillo de sujeción.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

Antes de instalar los pines de fijación entre los cóncavos (Figura 3.43) se debe de revisar que los gaps sean equidistantes en la parte inferior y superior de los cóncavos.

Figura 3.43

Medición de los gaps e instalación de pines entre los cóncavos.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

3.6.16.6 Aplicación de yeso y resina epóxica

Se debe de aplicar una mezcla de yeso y cemento en proporción de 2 a 1 entre las aberturas de los cóncavos (Figura 3.44). En el caso de la primera fila el cemento y yeso se ingresan por la parte inferior del florero apoyados en las plataformas de acceso fijadas en el Bottom Shell.

Una vez sellado las aberturas entre cóncavos se prepara una resina epoxica liquida que tiene la función de unir los concavos con el shell (Figura 3.44). Esta resina provoca una cierta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

flexibilidad de los componentes metálicos que ayuda a amortiguar los impactos producidos en el proceso de chancado.

Figura 3.44

Aplicación de cemento y resina epóxica.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

Una vez terminado este proceso se retiran los floreros y se proceden a montar las medias lunas.

3.6.17 Cambio de componentes internos de desgaste

Una vez desmontado la cúpula, la araña y el main shaft se procede a realizar el cambio de los siguientes componentes:

3.6.17.1 Cambio de plato de desgaste de eje principal (MAIN SHAFT THRUST RING)

Una vez desmontado el main shaft se debe de retirar el perno fijador y la tuerca de la parte central del eje. Luego colocar cáncamos en el diámetro exterior del plato de desgaste y con la ayuda del Jib Crane izar el main shaft quedando el plato sobre la mesa y retirar el Thrust Ring.

Colocar el plato nuevo sobre la mesa con la ayuda de cáncamos y eslingas, luego acercar el main shaft con el jib crane y con mucho cuidado centrar el main shaft, y finalmente colocar la tuerca y el perno fijador usando la pistola neumática.

3.6.17.2 Cambio de plato de desgaste del pistón (PISTON WEAR RING)

Una vez retirado al main shaft hasta su soporte de mantenimiento se instala una plataforma sobre el botton shell para realizar la limpieza del lubricante en el interior de la excéntrica. Luego se realiza el izaje del plato central que se encuentra en la parte superior del plato de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

desgaste del pistón, culminado el desmontaje del plato central, se retira el perno fijador y la tuerca que fija el plato de desgaste al pistón. Luego se coloca cáncamos en el plato de desgaste del pistón para realizar su izaje y desmontaje. Finalmente se colocarán cáncamos en el nuevo pistón wear ring para su izaje e instalación.

Figura 3.45

Plataforma de acceso e izaje del plato de desgasto del pistón.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

3.6.17.3 Cambio del buje interno de la excéntrica

Una vez ubicado el personal en la plataforma de acceso en la parte inferior de la chancadora se procede a retirar pernos de fijación del buje interno usado y en paralelo se prepara el buje interno nuevo, para lo cual se colocará este en una cámara de enfriamiento y se deberá de aplicar nitrógeno líquido.

Antes de realizar el desmontaje del buje interno se le realiza un corte en "V" en toda su longitud (Figura 3.46) utilizando una cortadora circular.

Una vez que el buje interno nuevo haya alcanzado la temperatura recomendada por el fabricante para disminuir el diámetro exterior, se retira la tapa de la cámara de enfriamiento para proceder con su izaje e instalación (Figura 3.46) utilizando las guías correspondientes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 3.46

Corte y montaje del buje interno de la excéntrica.

Nota: Tomado *de Inspeccion y cambio de liners octogonales del chancador primario* de FLSMIDTH (2016).

3.6.18 Montaje del main shaft

Un segundo main shaft (Figura 3.28) que ha sido previamente reparado y que la parte inferior del main shaft se encuentra limpio de toda contaminación es izado por el jib crane. Si se utiliza una grúa para el montaje se eleva el main shaft 10 cm sobre su apoyo y si no se visualiza deslizamiento de la grúa durante 10 min se procede con el traslado, luego se instalan los guiadores de poliamida para el montaje del main shaft; de no contar con los guiadores se instalan plataformas por debajo de los brazos de la chancadora para ingreso de personal y dirigir el guiado del trompo con comunicación radial constante.

Figura 3.47

Montaje y guiado del main shaft.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

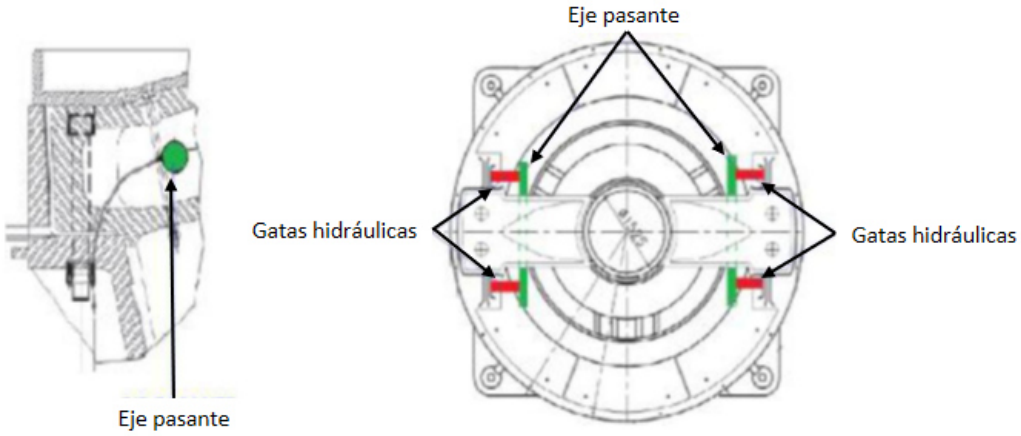
3.6.19 Montaje de la araña

Antes de realizar el montaje debe de realizar la limpieza de los bolsillos de la araña para el epoxicado, primero se realiza la limpieza mecánica con esmeriles y escobillas metálicas, luego se procede con la limpieza química para eliminar restos de grasa y partículas extrañas.

En el montaje de la araña se debe de centrar el buje con el main shaft y para realizar el alineamiento de la araña se atraviesa un eje a través de un agujero pasante ubicado en cada lado de la araña (Figura 3.48) y con la ayuda de gatas hidráulicas instaladas en el top shell liner se logra el posicionamiento correcto.

Figura 3.48

Alineamiento de la araña.



Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

Posterior al posicionamiento de la araña se procede a colocar los superbolts mediante el izaje de los mismos y finalmente se colocan las tuercas de fijación con sus seguros desde la parte inferior de la chancadora.

3.6.20 Montaje de la cúpula

Previo al montaje de la cúpula se rellena de grasa la cavidad de unión de la araña y el main shaft mediante el izaje de un cilindro de grasa (Figura 3.49), luego se realiza el izaje de la cúpula.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 3.49

Vaciado de grasa y montaje de la cúpula.

Nota: Tomado de *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2* de FLSMIDTH (2020).

3.6.21 Post parada

Ya finalizado el procedimiento de mantenimiento se realiza la post parada y consiste en:

- Orden y limpieza de toda el área.
- Clasificación de residuos.
- Traslado de equipos herramientas y residuos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO IV

4. OPERACIONES DE IZAJE

Las operaciones de izaje son inherentes a muchas actividades en la industria minera. Se pueden realizar manualmente o mediante equipos de elevación. Tanto las operaciones de elevación manual como las mecánicas pueden poner a los trabajadores en un gran riesgo de lesiones o síntomas de salud que provoquen licencia por enfermedad o discapacidad. Los costos de los accidentes y la mala salud relacionados con las operaciones de elevación son inmensos.

Una operación de izaje consiste en la elevación y el descenso de una carga. Una carga es el artículo o los artículos que se izan y que pueden incluir a una persona o personas.

4.1 Izaje critico

Según Prever Perú (2012), se considera izaje critico cuando el proceso de izaje tenga las siguientes características:

- Cuando la carga superior al 75% de la capacidad de la grúa.
- Cuando se utilizan más de una grúa.
- Cuando las barras estabilizadoras se encuentren cerca de excavaciones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Cuando la carga supera 35 toneladas.
- Cuando se tiene duda acerca del centro de gravedad.
- Cuando se izan cargas peligrosas o explosivas.
- Cuando el proceso de izaje está cerca de líneas aéreas eléctricas.
- Cuando la carga es irregular.
- Cuando se eleven personas.
- Cuando el terreno posea un pendiente superior a 5°.

4.2 Izaje rutinario

Cuando el proceso de izaje no presenta ninguna de las características anteriormente mencionadas se considera un izaje rutinario.

4.3 Equipos de izaje

4.3.1 Grúas

Una grúa es una maquina utilizada para levantar y mover cargas de diferentes pesos. La principal característica de cualquier grúa es su capacidad de carga, es decir, el peso máximo que puede levantar. Estos mecanismos difieren tanto en alcance como en diseño.

Las grúas se clasifican en 3 tipos:

- Grúas torre
- Grúas puente
- Grúas móviles

4.3.1.1 Grúa torre

Una grúa torre es una estructura en forma de L invertida (Figura 4.1) que es capaz de levantar varias toneladas de peso y a grandes alturas. La característica más llamativa de esta grúa es que es autoconstruible y puede permitir la construcción de un edificio adyacente o incluso alrededor de ella.

4.3.1.2 Partes de una grúa torre

A pesar de poder levantar mucho peso, una grúa torre es extremadamente simple tanto en su construcción como en su operación. Se compone de las siguientes partes:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3.1.2.1 Soporte base

El soporte de la base se encuentra en la parte inferior de la torre y, a menudo, se une a una plataforma de hormigón en el suelo. Alternativamente, el soporte de la base se puede unir a una rejilla de acero o un chasis lastrado colocado en el suelo o encima de una estructura existente.

4.3.1.2.2 Torre

También conocida como columna, la torre es el elemento vertical que le da a la grúa su notable altura. Este componente se extiende desde abajo y soporta otros elementos como la cabina, el gancho y los contrapesos. Las torres a menudo cuentan con celosías de acero para mayor resistencia.

4.3.1.2.3 Plataforma giratoria

La plataforma giratoria es la parte de la grúa que permite que el brazo gire. Este componente utiliza la misma tecnología que solemos ver en los molinos de viento. Gracias a ello, la pluma tiene un rango de movimiento más amplio.

4.3.1.2.4 Cabina del operador

La cabina es la caja donde se sienta el operador mientras trabaja con la grúa torre. Contiene la computadora y los joysticks, así como los sistemas de control.

4.3.1.2.5 Pluma

También conocido como el brazo de trabajo de la grúa, el brazo es el componente horizontal que sobresale de la parte superior de la torre. La función de este elemento es soportar y posicionar la carga que se eleva.

4.3.1.2.6 Carro de pluma

El carro es la pieza que se mueve hacia delante y hacia atrás por el brazo. El bloque de gancho sirve como un sistema de poleas que permite que el gancho suba y baje de la torre.

4.3.1.2.7 Contrapluma

El contrapluma se extiende en dirección opuesta a la pluma y ayuda a la grúa torre a mantener el equilibrio.

4.3.1.2.8 Contrapeso

Los contrapesos equilibran la carga de izaje. Sin ellos, la capacidad de carga tendría que ser significativamente menor para mantener la estabilidad. Encontrará este elemento esencial

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

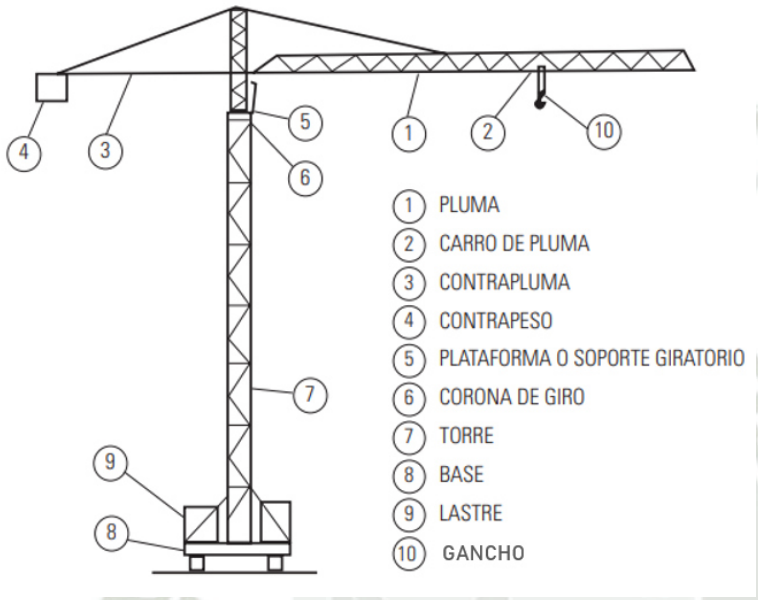
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

en la parte trasera de la contrapluma. Algunos materiales de contrapeso comunes incluyen hormigón armado y acero.

Figura 4.1

Componentes de una grúa torre desmontable.



Nota: Tomado de La *seguridad en las grúas torre en las obras de construcción de Andalucía* de Simón y Rubio (2009)

4.3.1.3 Grúa puente

La grúa puente (Figura 4.2) se utiliza para mover cargas extremadamente pesadas o voluminosas a través del espacio superior en una instalación, en lugar de mover a través del pasillo o en el piso se utilizan grúas puentes, una grúa puente es una máquina que levanta, baja y mueve una carga horizontalmente.

Las grúas puente tienen altas capacidades de elevación para el movimiento de la carga, el movimiento de la grúa es dirigido por un operador, ya sea manualmente, con una estación colgante cableada o con controles inalámbricos que guían su viaje eléctrico o neumático.

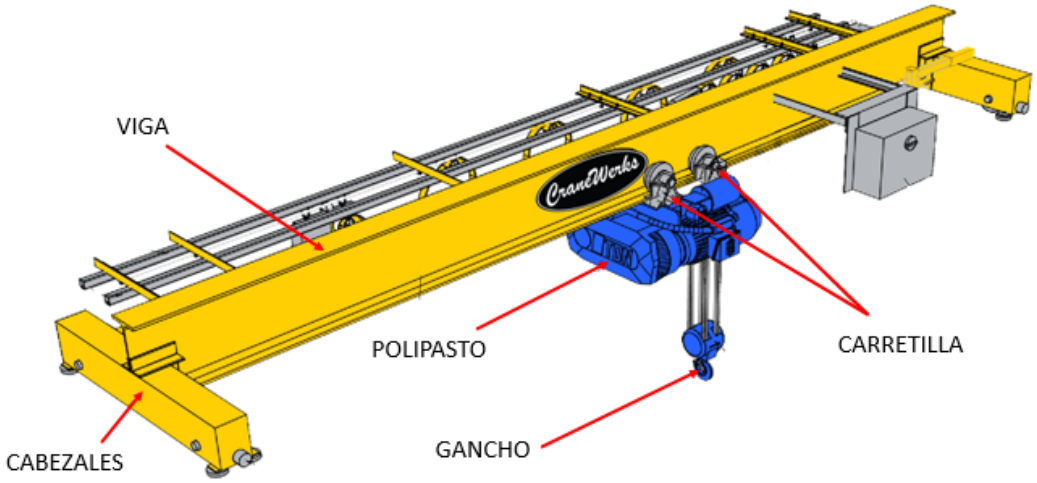
Las grúas aéreas cubren un área rectangular, moviendo una carga de lado a lado, hacia atrás y hacia adelante. El dispositivo de elevación, llamado “polipasto”, está montado en una carretilla para el movimiento horizontal a través de una viga de puente conectada a una o más vigas horizontales que están soportadas en cualquiera de los extremos por cabezales. Los cabezales están unidos en ángulo recto a las vigas y se mueven sobre carriles fijos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 4.2

Componentes de una grúa puente.



Nota: Adaptado de *Crane Components* de Service Crane Company (2022).

4.3.1.4 Partes de una grúa puente

4.3.1.4.1 Gancho

La carga se sostiene mediante un gancho que se conecta al polipasto.

4.3.1.4.2 Tecle

El polipasto es el equipo encargado de sostener, subir o bajar la carga usando cables o cadenas. Los polipastos pueden ser manuales, eléctricos o de aire comprimido (neumático).

4.3.1.4.3 Carretilla

Soportan el polipasto y se mueven a lo largo del puente de la grúa. Las carretillas se pueden configurar para correr por arriba o por abajo, y pueden estar dentro de un sistema de rieles o correr sobre una viga.

4.3.1.4.4 Puente

Los puentes son el componente portante que corre a lo ancho del sistema de grúa. Este es el componente estructural principal que conecta las pistas, sujeta los polipastos y caretillas. Los puentes pueden ser de simple o doble viga. Pueden ser de estilo caja cerrada o fabricación de viga/viga, según sus necesidades y las clasificaciones de carga del trabajo realizado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3.1.4.5 Cabezales

Ubicadas a ambos lados del puente, los cabezales están encargados de soportar el puente, la carga y los componentes además alojar ruedas motrices que mueven el puente horizontalmente.

4.3.1.5 Grúas móviles

Este tipo de grúa se puede mover fácilmente de un lugar a otro. Las grúas móviles se pueden usar para levantar objetos pesados y moverlos en distancias cortas, así como para ayudar a construir grúas torre. Estas grúas móviles son controladas por cable montadas sobre orugas o transportadores con neumáticos. Las grúas móviles generalmente operan una pluma desde cuyo extremo se suspende un gancho mediante un cable metálico y poleas.

4.3.1.5.1 Grúas móviles sobre neumáticos

Los tipos de grúas móviles sobre neumáticos (Figura 4.3) usan siglas ubicadas antes del modelo.

4.3.1.5.1.1 Todo terreno (AT)

Utilizado en áreas fuera de carretera o terrenos vírgenes donde otras grúas podrían no llegar, no requieren preparación del sitio. Están equipados con neumáticos de gran tamaño y la mayoría tienen tracción 4x4x4 o 4x4 y generalmente tienen dirección en las 4x4, lo que los hace muy maniobrables y capaces de trabajar en espacios reducidos.

4.3.1.5.1.2 Grúas sobre camión (TM)

Están compuestas por el transportador (camión) y la pluma (brazo). Debido a su construcción única, pueden viajar fácilmente en la carretera sin una configuración especial o equipo de transporte. Las grúas montadas en camión están equipadas con contrapesos y estabilizadores, la mayoría de estas grúas pueden girar 360 grados.

4.3.1.5.1.3 Terrenos difíciles (RT)

Esta grúa es una combinación de una grúa para terrenos difíciles y una grúa montada en camión. Se puede conducir fácilmente en las carreteras y al mismo tiempo, tener un excelente manejo y maniobrabilidad terrenos difíciles.

4.3.1.5.1.4 Camión grúa (BT)

Estos tipos de grúas no están montadas en un chasis de camión convencional, sino en bastidores de transporte especialmente diseñados para resistir las tensiones de levantar y bajar cargas pesadas constantemente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 4.3

Tipos de grúas móviles sobre neumáticos.

Nota: Adaptado de *Tipos de grúas moviles* de Extreme Mobility (2019).

4.3.1.5.2 Grúas sobre orugas

Al ser un vehículo sobre orugas con un mecanismo de grúa adjunto, la grúa sobre orugas posee la capacidad de trabajar en todo tipo de superficies de suelo, incluidos los terrenos más blandos. Pueden moverse en el sitio y realizar cada levantamiento con poca configuración, ya que la grúa es estable sobre sus orugas sin estabilizadores, además pueden trasladarse con una carga.

Los tipos de grúas sobre orugas son:

- Grúas sobre orugas hidráulica
- Grúas sobre orugas con pluma de celosía

Figura 4.4

Tipos de grúas móviles sobre orugas.

Nota: Adaptado de *Types of Cranes Commonly Used in Construction* de BigRentz (2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.3.1.6 Selección de una grúa móvil

Los datos de entrada que necesitamos conocer para seleccionar la grúa a utilizar son:

4.3.1.6.1 Radio de giro

Radio de giro o alcance es la distancia horizontal en metros desde la estructura giratoria de la grúa hasta el centro de gravedad de la carga.

Un alcance sin carga instalada se llama instalación y con carga maniobra. La distancia de salida de la barrera debe garantizar un trabajo de construcción seguro, incluso en condiciones limitadas por el desarrollo residencial. Es necesario conocer este parámetro para calcular los límites de la zona peligrosa de operación de la grúa y los límites de la posible caída de la carga.

4.3.1.6.2 Capacidad de elevación

Se debe de conocer el peso máximo de la carga transportada. Este valor también incluye el peso del grillete, el separador y las eslingas y otros dispositivos extraíbles para capturar la carga. La dependencia de la capacidad de carga (Q) del radio de giro (R) y su longitud se expresa gráficamente en forma de diagrama. La definición de esta característica es necesaria al seleccionar el tipo y modelo de la grúa a utilizar.

4.3.1.6.3 Altura de elevación

La altura de elevación (H) es la distancia vertical desde el nivel del piso hasta el gancho de la grúa, que se encuentra en la posición superior.

4.3.1.6.4 Angulo de la pluma

El ángulo de la pluma se encuentra entre la línea central longitudinal de la pluma y la línea central horizontal. Se debe tener en cuenta la estabilidad de la grúa al determinar el ángulo de pluma adecuado. Si la grúa intenta levantar un peso demasiado grande en un ángulo demasiado grande, puede perder el equilibrio.

4.3.1.6.5 Momento de carga

El momento de carga (M) es el resultado de multiplicar la carga por el radio. El momento de carga permite detectar el momento de vuelco de la grúa e indica el porcentaje utilizado de la capacidad nominal de la grúa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3.1.6.6 Pista

La pista (K) es la distancia medida entre los ejes de las superficies de apoyo de las partes móviles de la máquina. Esta característica es necesaria para la disposición y designación de la ruta de trabajo de la grúa.

4.3.1.6.7 Movimiento

Las grúas a menudo deben moverse o rotar para completar una elevación. Se debe tener en cuenta la distancia y la velocidad a la que debe girar una grúa al determinar la viabilidad de un izaje. Algunos levantamientos requieren que la grúa complete un giro completo de 360 grados. Si no se considera el movimiento, la grúa puede perder el equilibrio y volcarse.

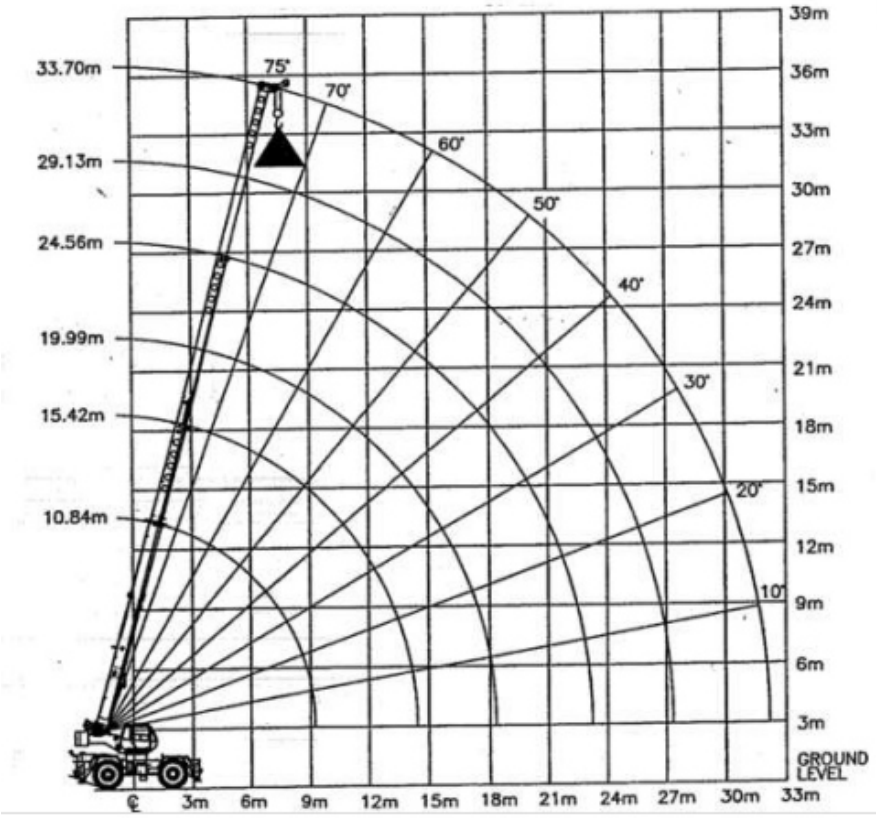
4.3.1.7 Diagrama de rangos de una grúa

El radio de giro y la altura total son datos de entrada para usar el diagrama de rango de una grúa (Figura 4.5), los datos de salida son la longitud y el ángulo de la pluma.

La capacidad de la grúa se obtiene de otra tabla adicional con el radio de giro y la longitud de la pluma.

Figura 4.5

Diagrama de rangos de una grúa.



Nota: Tomado de Grúa TEREX (2014)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4 Aparejos de izaje

Los equipos de izaje son elementos mecánicos conformado por una serie de componentes y/o sistemas, diseñado, fabricado, aprobado y certificado para realizar trabajos de elevación y/o movilización de cargas en forma segura.

4.4.1 Eslingas

Una eslinga es un conjunto diseñado para conectar una carga que se va a levantar o girar a un dispositivo de elevación, como el gancho de una grúa., facilita el izaje y el equilibrio de la carga.

Hay tres tipos principales de eslingas de izaje (Figura 4.6) que se pueden elegir: eslingas de cable, eslingas de cadena y eslingas sintéticas.

Figura 4.6

Tipos de eslingas de izaje.

Nota: Tomado de *Estándar para actividad de alto riesgo izaje y levantamiento de carga* de Unidad Minera CIA ANTAPACCAY (s.f.)

4.4.1.1 Eslingas sintéticas

El tipo de eslingas son las más versátiles, generalmente están hechas de fibras de nailon o poliéster. Las eslingas sintéticas son livianas, fáciles de manipular, fáciles de almacenar, flexibles y perfectas para asegurar cargas frágiles o delicadas. Estos atributos hacen que las eslingas sintéticas sean esenciales y la opción más popular para los atadores. Sin embargo, estas eslingas no deben usarse en condiciones extremas o difíciles, ya que se desgastarán más rápidamente que otros tipos de eslingas.

4.4.1.2 Eslingas de cable

Su diseño consta de múltiples alambres de acero que forman hebras individuales dispuestas en un patrón helicoidal alrededor de un núcleo de fibra o acero. Esta estructura proporciona

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

fuerza, flexibilidad y la capacidad de manejar las tensiones de flexión. Las eslingas de cable metálico tienen un costo inicial más bajo que las cadenas de aleación, mientras que su diseño sigue siendo bastante liviano.

Sin embargo, debido a su mayor peso, son más difíciles de usar que las eslingas de red y pueden causar lesiones menores. Las eslingas de cable de acero también son propensas a sufrir daños por torceduras, abrasión y aplastamiento.

4.4.1.3 Eslingas de cadena

Las eslingas de cadena son el tipo de eslingas más resistentes y duraderas, lo que las hace especialmente adecuadas para operaciones de construcción, minería y fabricación de servicio pesado. Son particularmente útiles para izajes en temperaturas extremadamente altas o para asegurar cargas extremadamente calientes, son fabricadas en aleación de acero. Sin embargo, las eslingas en sí mismas pueden ser bastante pesadas y no tan fáciles de almacenar o mover con frecuencia.

4.4.1.4 Selección de una eslinga

Los datos de entrada que necesitamos conocer para seleccionar una eslinga son:

- Dimensiones de la carga (ancho, longitud, altura)
- El peso de la carga
- Centro de gravedad
- Número de puntos de fijación
- Tipo de enganche
- Angulo de las eslingas
- Longitud de la eslinga
- Condiciones ambientales

4.4.1.5 Criterios de rechazo

Según la The American Society of Mechanical Engineers ASME B30.9 Slings (2018), el usuario o la persona designada deberá realizar una inspección visual para detectar daños cada día o turno en que se utilice la eslinga. Una persona designada deberá realizar periódicamente una inspección completa de daños, al menos una vez al año. Se mantendrán registros escritos de la inspección periódica más reciente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.1.6 Eslingas sintéticas

- Quemaduras ácidas o cáusticas
- Derretimiento o carbonización de cualquier parte de la eslinga
- Agujeros, rasgaduras, cortes o enganches
- Costuras rotas o desgastadas en los empalmes que soportan carga
- Desgaste abrasivo excesivo
- Decoloración y áreas quebradizas o rígidas en cualquier parte del cabestrillo, lo que puede significar daño químico o ultravioleta/luz solar

4.4.1.7 Eslingas de cable

- Exceso de cables rotos, para eslingas de torones y de una sola pieza, diez cables rotos distribuidos aleatoriamente en un tendido de cables o cinco cables rotos en un torón en un tendido de cables
- Abrasión o raspado grave localizado, torceduras, aplastamiento
- Cualquier otro daño que resulte en daño a la estructura de la cuerda.
- Corrosión severa de la cuerda o de los accesorios de los extremos

4.4.1.8 Eslinga de cadenas

- Grietas o roturas
- Desgaste excesivo, mellas o hendiduras
- Eslabones o componentes de cadena estirados
- Eslabones o componentes de cadena doblados, torcidos o deformados
- Picaduras o corrosión excesivas
- Falta de capacidad de la cadena o los componentes para girar libremente
- salpicadura de soldadura

4.4.1.9 Factor de seguridad

El factor de seguridad mínimo recomendado por The American Society of Mechanical Engineers ASME B30.9 Slings (2018), se muestra en la siguiente tabla:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4.1
Factores de seguridad

Tipos de eslingas	
Eslingas de cadena	4
Eslingas de cable	5
Eslingas malla de alambre	5
Eslingas cuerda sintética	5
Eslinga sintética plana	5
Eslinga sintética redonda	5

Fuente: The American Society of Mechanical Engineers ASME B30.9 Slings (2018)

4.4.2 Grilletes

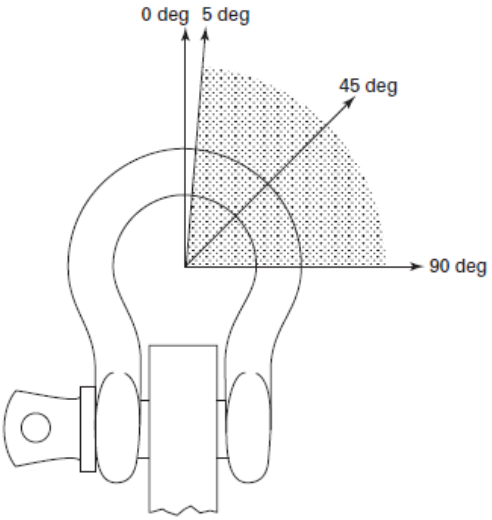
Grillete es un elemento de elevación que se suele usar como pieza intermedia entre el cáncamo o gancho y la eslinga o estrobo. El grillete suele constar de una argolla y un perno.

4.4.2.1 Capacidad del grillete

La capacidad de carga del grillete está en función del diámetro del pasador, del diámetro del cuerpo de resistencia y del material de estos componentes. Sin embargo, cuando se necesite realizar una operación de izaje con carga lateral (Figura 4.7) se requiere una reducción en el límite de carga de trabajo de los grilletes.

Figura 4.7

Capacidad del estrobo según el lado de carga.



Side Loading Angle, deg	% Rate Load Reduction
In-line (0) to 5	None
6 to 45	30%
46 to 90	50%
Over 90	Not recommended to load in this condition. Consult manufacturer or qualified person.

Nota: Tomado de *ASME B30.26 Rigging Hardware* de American Society of Mechanical Engineers (2015)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El factor de seguridad recomendado por The American Society of Mechanical Engineers ASME B30.26 Rigging Hardware (2015) para grilletes es:

- 5 para cargas hasta 136 Tm.
- 4 para cargar mayores a 136 Tm.

4.4.2.2 Criterios de rechazo

El uso o cuidado inadecuado de los grilletes puede provocar accidentes graves que no solo lesionen a los empleados, sino que también dañen la propiedad. Para evitar esto, la inspección de los grilletes es fundamental. De acuerdo con The American Society of Mechanical Engineers ASME B30.26 Rigging Hardware (2015), los grilletes deben inspeccionarse visualmente antes de cada uso y los criterios son los siguientes:

- Cualquier parte del grillete está desgastada más del 10 por ciento de las dimensiones originales
- El grillete tiene demasiadas picaduras, corrosión, muescas o hendiduras
- Los componentes que soportan carga están doblados, torcidos, distorsionados, estirados, alargados, agrietados o rotos
- Indicación de daño por calor
- Nombre o marca registrada del fabricante, límite de carga de trabajo o tamaño faltantes o ilegibles
- Los pasadores de carga están doblados o tienen roscas visiblemente dañadas

4.4.3 Grapas

Las grapas son abrazaderas para cable de acero, sirven como una alternativa al empalme y son un medio mecánico simple para asegurar un cable de acero alrededor de un dedal. Los clips para cable metálico están hechos de acero forjado para formar un perno en forma de U con una montura y dos tuercas para sujetar el cable metálico en su lugar.

Son fabricados de dos tipos de materiales. Son de hierro maleable y acero forjado. En caso de uso de grapas de acero maleable se deben usar solo para aplicaciones no críticas de servicio liviano con cargas aplicadas pequeñas. No deben utilizarse para levantar o suspender cargas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.3.1 Factor de seguridad

Según The American Society of Mechanical Engineers ASME B30.26-3 Rigging Hardware (2015), las grapas no tienen un factor de diseño convencional, las grapas deben estar diseñadas para tener una eficiencia de conexión mínima del 80 % en función de la fuerza de rotura mínima del cable de acero con la que se utilizan.

4.4.4 Ganchos

El gancho de elevación es una herramienta diseñada para levantar, agarrar y conectar la carga a un polipasto o una grúa. El gancho de elevación normalmente está equipado con un pestillo de seguridad. El pestillo evita el desprendimiento de la cadena, de la eslinga de cable de izaje, o del cable donde va sujeta la carga.

4.4.4.1 Criterios de rechazo

Según The American Society of Mechanical Engineers ASME B30.10 Hooks (2019), se requiere la inspección de ganchos y estos deben retirarse de servicio si presentan daños o no cumplan las siguientes condiciones:

- Identificación del fabricante faltante o ilegible o identificación del fabricante secundario.
- Identificación de carga nominal faltante o ilegible.
- Picaduras o corrosión excesivas.
- Grietas, muescas o hendiduras.
- Desgaste: Cualquier desgaste que exceda el 10% (o según lo recomendado por el fabricante) de la dimensión de la sección original del gancho o su pasador de carga.
- Deformación: Cualquier doblez o torsión aparente visible desde el plano del anzuelo sin doblar.
- Apertura de la garganta: Cualquier distorsión que provoque un aumento en la apertura de la garganta del 5 % sin exceder 1/4” (6 mm), o según lo recomendado por el fabricante.
- Incapacidad para trabar: Cualquier gancho autoblocante que no se trabe.
- Pestillo que no funciona (si se proporciona): cualquier pestillo dañado o que funcione mal y que no cierre la garganta del anzuelo.
- Fijación del gancho y medios de seguridad dañados, faltantes o que funcionan mal
- Desgaste, daño o corrosión de la rosca.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Evidencia de exposición al calor o soldadura no autorizada.
- Evidencia de alteraciones no autorizadas, como taladrado, mecanizado, pulido u otras modificaciones.

4.4.4.2 Factor de seguridad

Según The American Society of Mechanical Engineers ASME B30.10 Hooks (2019), el factor de diseño del gancho deberá, como mínimo, cumplir con los especificados para el equipo o sistema en el que el gancho es un componente.

4.4.5 Polipasto

También llamado "tecles", se define como el mecanismo utilizado para levantar o mover una carga mecánicamente, aplicando una fuerza menor que el peso a mover. Se utiliza para levantar o bajar una carga por medio de un tambor o una rueda elevadora alrededor de la cual se enrolla una cuerda o una cadena. Puede ser operado manualmente, accionado eléctrica o neumáticamente y puede utilizar cadenas, eslingas de fibra/elevación o cable metálico como medio de elevación. Estas unidades se utilizan normalmente en un entorno industrial y pueden formar parte de una grúa aérea.

4.4.5.1 Criterios de rechazo

Según The American Society of Mechanical Engineers ASME B30.10 Overhead Underhung and Stationary Hoists (2016), los polipastos que no cumplan las siguientes condiciones deben de retirarse de servicio:

- Evidencia de exposición al calor o soldadura no autorizada
- Evidencia de pernos, tuercas o remaches sueltos
- Evidencia de piezas gastadas, agrietadas, dobladas, soldadas o corroídas, incluidos todos los componentes de la cadena
- Daño a las tuercas y/o collares de retención del gancho
- Daños o desgaste excesivo de las ruedas dentadas de carga o las ruedas dentadas locas
- Evidencia de discos de fricción desgastados, vidriados o contaminados con aceite
- Polipastos que no pueden soportar la carga de prueba requerida del 125% del límite de carga de trabajo original

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.4.6 Vigas

Una eslinga por sí sola no siempre es suficiente para mover una carga de manera segura. Los levantamientos pesados o desequilibrados a veces requieren más estabilidad o capacidad de la que puede brindar un enganche de eslinga. Aquí es cuando se utilizan vigas de elevación y vigas separadoras (Figura 4.8).

Las vigas aumentan la seguridad y la eficiencia del izaje donde el tamaño, la forma o el peso de la carga requieren una estabilidad adicional. Mantienen la carga nivelada con el suelo, lo que ayuda a evitar daños a la carga y prolonga la vida útil de las eslingas al reducir la posibilidad de que las eslingas se deslicen de la carga.

Figura 4.8

Viga de elevación y viga separadora.

Fuente: Chancado primario y transporte de mineral grueso (**TECSUP, 2015)**

4.4.7 Orejas

Una oreja de izaje es una placa con un agujero, el agujero tiene el tamaño adecuado para encajar en un pasador de un grillete, estas orejas están unidas a la carga mediante pernos o soldadura.

4.4.7.1 Factor de seguridad

Para las orejas que se necesiten diseñar y construir en campo The American Society of Mechanical Engineers ASME BTH-1 Design of Below the Hook Lifting Devices (2020), recomienda factores de seguridad teniendo en cuenta la siguiente:

- Categoría de diseño.
- Clase de servicio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.7.2 Categoría de diseño

- Categoría A: La magnitud de la carga es predecible y las condiciones ambientales no son severas. El factor de diseño considerado es igual a 2. Esta categoría está limitada a las clases de servicio 0.
- Categoría B: La magnitud de la carga no es predecible en el diseño, pudiendo variar de forma considerable o bien las condiciones ambientales pueden ser severas. El factor de diseño en este caso es igual a 3. Este es el caso de diseño más habitual, a no ser que un diseñador cualificado considere apropiado el uso de la categoría A.
- Categoría C: Se utiliza en aplicaciones especiales. El factor de diseño en este caso es igual a 6.

4.4.7.3 Clase de servicio

La clase asociada al servicio define el número de ciclos de carga, o la vida a fatiga a la cual el elemento de izado es diseñado.

Tabla 4.2
Clases de servicio

Service Class	Load Cycles
0	0–20,000
1	20,001–100,000
2	100,001–500,000
3	500,001–2,000,000
4	Over 2,000,000

Fuente: The American Society of Mechanical Engineers ASME BTH-1 Design of Below the Hook Lifting Devices (2020)

El estudio de fatiga de la sección 3.4 del estándar no es necesario realizarlo para los elementos de izados clasificados dentro de la clase de servicio 0, debido al bajo número de ciclos.

4.4.8 Cuerda guía

También llamado “viento”, se utilizado por los operadores para dirigir la posición de la carga de forma que estos puedan estar dentro de los espacios de seguridad establecidos. (Juarez, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.5 Plan de izaje

El plan de izaje es un procedimiento planificado que explica detalladamente el proceso de izaje, se elabora antes de poner en marcha la operación de izaje con la finalidad de brindar seguridad y reducir los peligros y riesgos durante la operación, de esta manera se ofrece protección a los trabajadores, a la carga y los equipos que intervienen. (Juarez, 2022)

Según ESPAGRUAS (2020), un plan de izaje debe de considerar los siguientes puntos:

- Información general del sitio.
- Peso de la carga, dimensiones, centro de gravedad y puntos de anclaje.
- Equipos y aparejos de izaje indicando sus especificaciones técnicas.
- Personal de izaje (incluidos sus roles y competencias).
- Método de elevación.
- Requisitos para montar o desmontar equipos de izaje (si los hubiere).
- Medios de comunicación.
- Condiciones ambientales.
- Esquema de la zona de elevación (que muestre la posición del equipo de elevación, el personal y la carga).
- Cualquier otra información importante (por ejemplo, precauciones especiales).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO V

5. PROCEDIMIENTO DE IZAJE DEL CHANCADOR GIRATORIO

En esta sección se procederá a realizar el procedimiento de izaje de los componentes de la chancadora.

Para seleccionar los aparejos de izaje se debe de conocer las dimensiones y los pesos de los componentes de la chancadora giratoria detallados en la Tabla 3.2.

5.1 Procedimiento de izaje

Una vez que los componentes del chancador giratorio estén ubicado en la empresa minera estos son izados hacia el Low Boy (ANEXO E) utilizando una grúa secundaria y mediante un camión CAT 777 unido al Low Boy son traslados hacia el patio de maniobras como se observa en la Figura 5.1. Previamente habiendo preparado el terreno y habiendo instalado la grúa principal en su posición de izaje, una vez que se ubique el Low Boy dentro del radio de giro de la grúa principal esta realiza el izaje del componente nuevo de manera que quede ubicado alrededor de la grúa principal y lo más cercano posible al radio de giro de la grúa respecto al chancador usado.

.

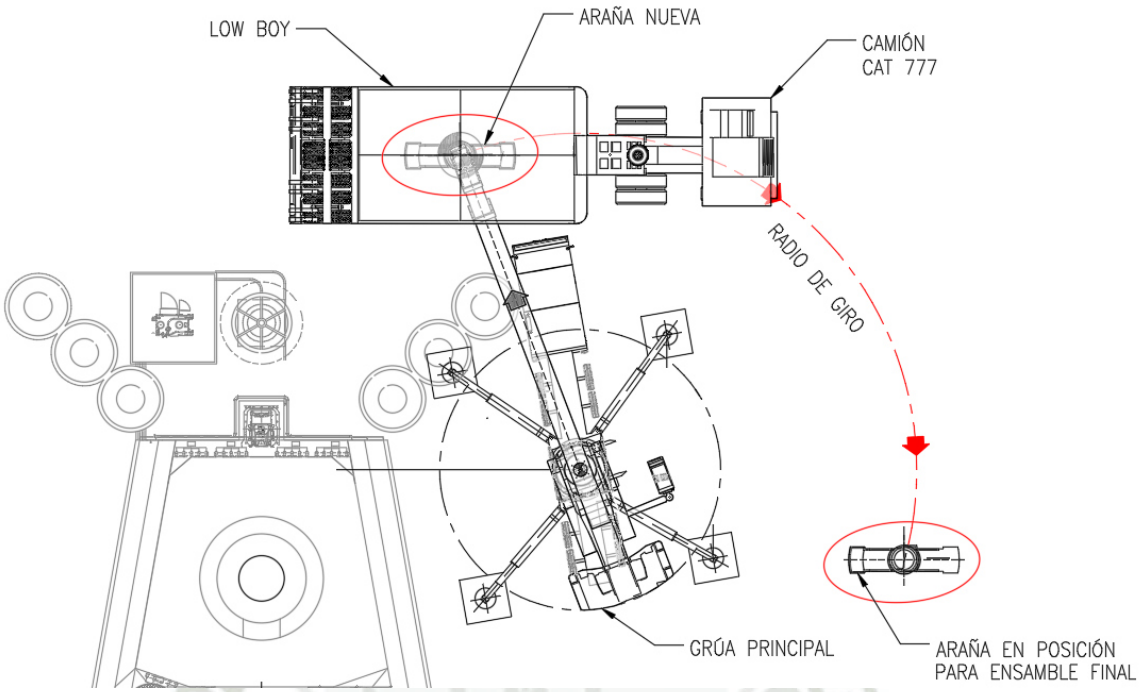
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 5.1

Ubicación del componentes nuevo para su ensamble final.



Este procedimiento se realiza con todos los componentes nuevos del shell del chancador, estos componentes deben estar ubicados alrededor de la grúa principal como se observa en la Figura 5.3.

Una vez que todos los componentes nuevos estén ubicados alrededor de la grúa principal se procede a realizar el desmontaje del shell del chancador giratorio y se vuelve a ubicar el Low Boy dentro del radio de giro de la grúa principal para retirar los componentes usados.

La secuencia para realizar el procedimiento de desmontaje y montaje del chancador giratorio se observa en la Figura 5.2. Muchos de estos componentes poseen un procedimiento escrito de trabajo seguro por lo que son procedimientos rutinarios y han sido descritos brevemente en el Capítulo III.

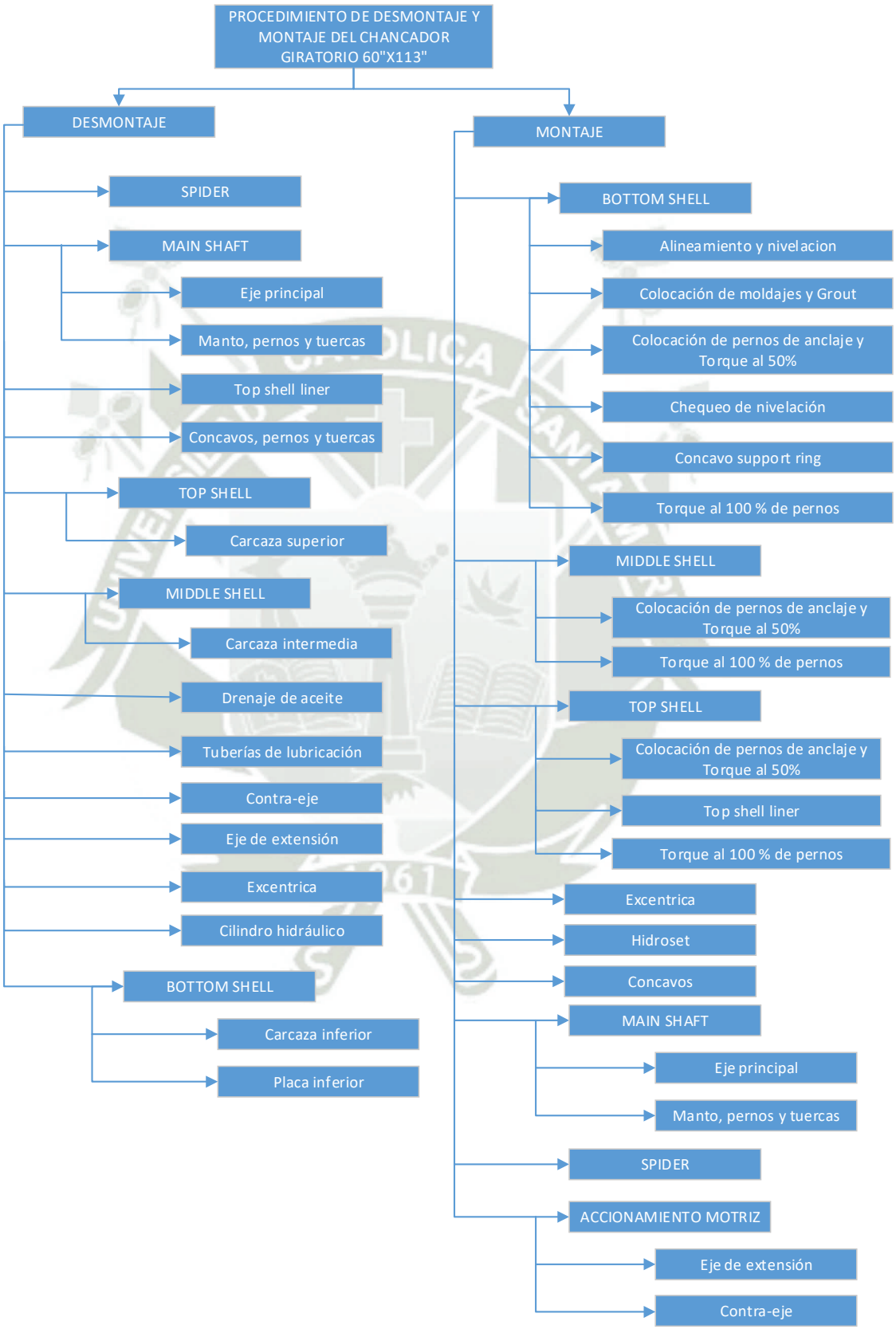
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 5.2

Procedimiento de desmontaje y montaje del chancador giratorio 60" x 113".



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.2 Selección de la grúa

Para realizar la selección de la grúa se debe de determinar el peso de la carga incluyendo el peso de los aparejos, según la Tabla 3.2 el bottom shell es el componente de mayor peso excluyendo el peso del ensamble del mainshaft que es izado por el jib crane.

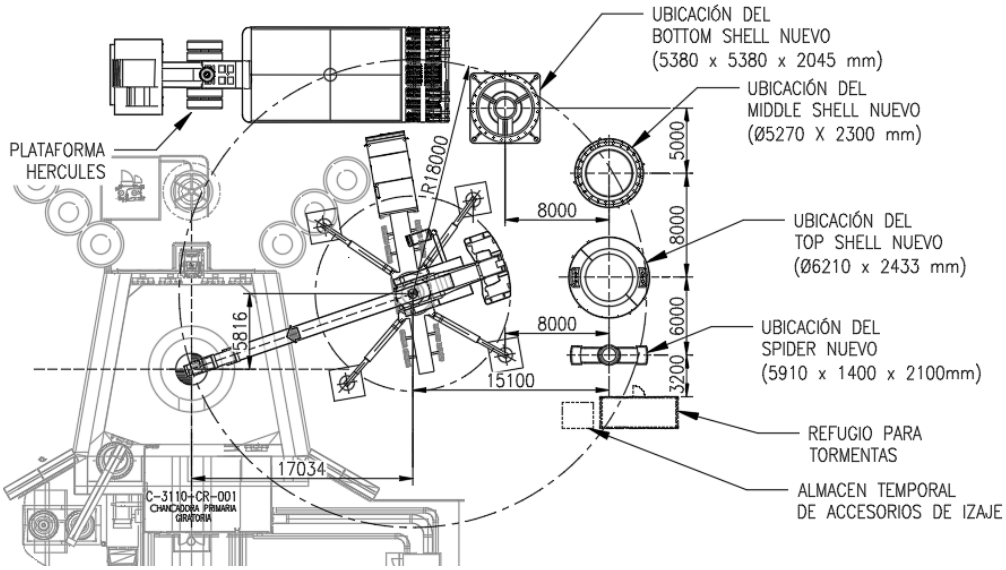
La grúa disponible de mayor capacidad en las empresas locales es la grúa todo terreno de la marca DEMAG modelo AC-700-9 que posee las siguientes características:

- Capacidad máxima: 700 TON
- Radio mínimo: 3 m
- Contrapeso máximo: 160 TON
- Ancho de apoyo: 12.36 m
- Capacidad del gancho: 201.5 TON
- Hook Block distancia mínima: 5 m
- Peso del gancho de elevación: 2800 kgf

Con las dimensiones de la grúa ubicadas en el Anexo 1 se procede a realizar la distribución de los equipos y componentes de la chancadora como se observa en la Figura 5.3

Figura 5.3

Distribución de equipos y componentes de la chancadora giratoria.



Nota: Todas las medidas están en milímetros.

En la Figura 5.3 se puede observar que el radio de giro de la grúa y el giro que debe realizar la pluma para el montaje y desmontaje de los componentes de la chancadora.

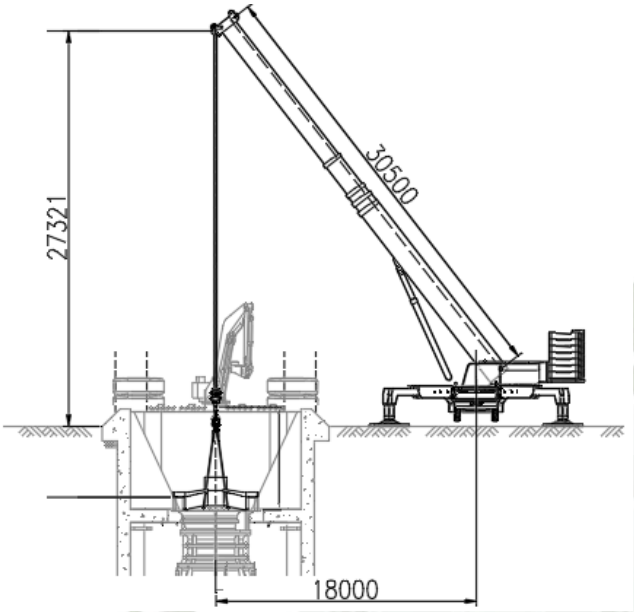
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La máxima altura de izaje está en función a las alturas de las estructuras o equipos que estarán por debajo del giro de la pluma de la grúa como se observa en la Figura 5.4.

Figura 5.4

Máxima altura de izaje de la grúa.



Nota: Todas las medidas están en milímetros.

Utilizando Tabla 5.1 con un radio de giro de 18 metros y una longitud de la pluma de 30.5 metros se puede determinar que la grúa DEMAG AC 700-9 ofrece una capacidad de 102 toneladas.

Tabla 5.1
Tabla de cargas de la grúa DEMAG AC 700-9

140 t							360°							ISO
							(m)							
	15,5*	15,5	20,5*	20,5	25,5*	25,5	30,5	35,5	40,5	45,5	50,5	55,5	60,0	
m	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	m
	700,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	577,0[1]	312,0	312,0	312,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
3,5	473,0[2]	312,0	312,0	312,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,5
4	435,0[2]	311,0	312,0	310,0	300,0	300,0	-	-	-	-	-	-	-	4
4,5	403,0[2]	293,0	312,0	291,0	300,0	292,0	-	-	-	-	-	-	-	4,5
5	375,0[2]	276,0	312,0	275,0	300,0	275,0	230,0	197,0	-	-	-	-	-	5
6	330,0[2]	248,0	296,0	246,0	271,0	247,0	218,0	187,0	158,0	-	-	-	-	6
7	294,0[2]	224,0	266,0	223,0	243,0	223,0	206,0	176,0	146,0	123,0	-	-	-	7
8	264,0	205,0	240,0	203,0	220,0	204,0	195,0	166,0	135,0	116,0	-	-	-	8
9	236,0	188,0	219,0	186,0	200,0	187,0	183,0	156,0	125,0	110,0	102,0	-	-	9
10	212,0	174,0	201,0	172,0	183,0	173,0	172,0	146,0	116,0	104,0	96,0	83,5	-	10
12	171,0	150,0	172,0	149,0	156,0	149,0	150,0	128,0	101,0	92,5	86,0	74,5	65,0	12
14	-	-	146,0	130,0	137,0	131,0	131,0	115,0	89,5	82,5	76,5	67,5	59,0	14
16	-	-	126,0	116,0	121,0	116,0	115,0	104,0	79,5	74,0	69,0	61,5	54,5	16
18	-	-	93,5	93,5	109,0	104,0	102,0	96,0	71,0	66,5	62,0	56,5	50,0	18
20	-	-	-	-	98,5	92,0	92,0	88,0	64,0	60,0	56,5	52,5	46,5	20
22	-	-	-	-	81,0	81,0	83,5	80,5	58,0	54,5	51,5	48,5	43,0	22
24	-	-	-	-	-	-	75,0	74,0	52,5	49,5	47,5	45,0	40,0	24
26	-	-	-	-	-	-	68,0	68,0	48,0	45,5	44,0	42,0	37,5	26
28	-	-	-	-	-	-	-	62,5	44,5	41,5	40,5	39,0	35,0	28
30	-	-	-	-	-	-	-	56,0	41,0	38,5	37,5	36,5	32,5	30
32	-	-	-	-	-	-	-	50,0	38,5	36,0	35,0	34,0	30,5	32

Fuente: DEMAG

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

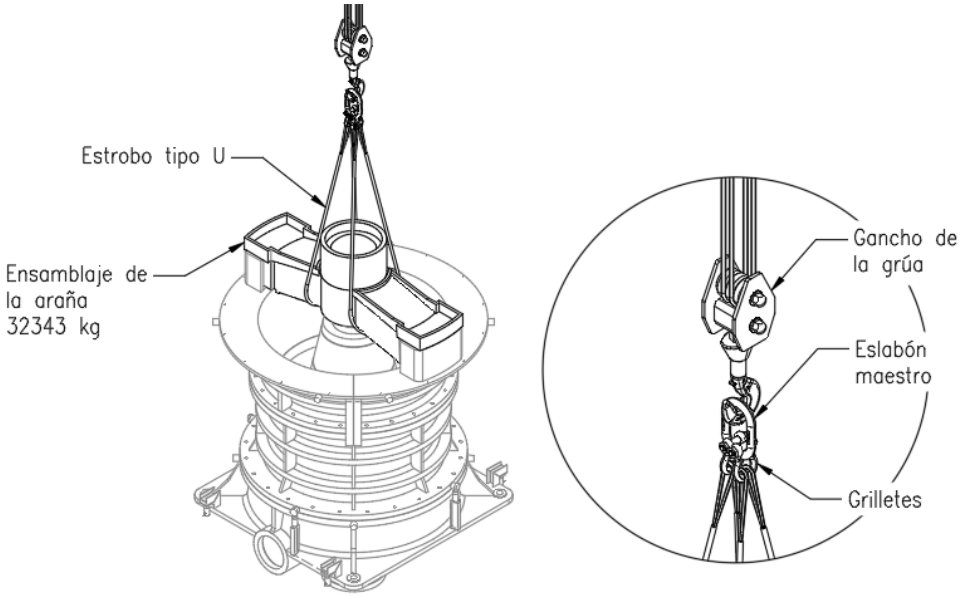
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.3 Izaje del ensamble del spider

En las Figura 5.5 se muestra la vista isométrica del izaje del spider, los aparejos serán utilizados tanto para el desmontaje como el montaje.

Figura 5.5

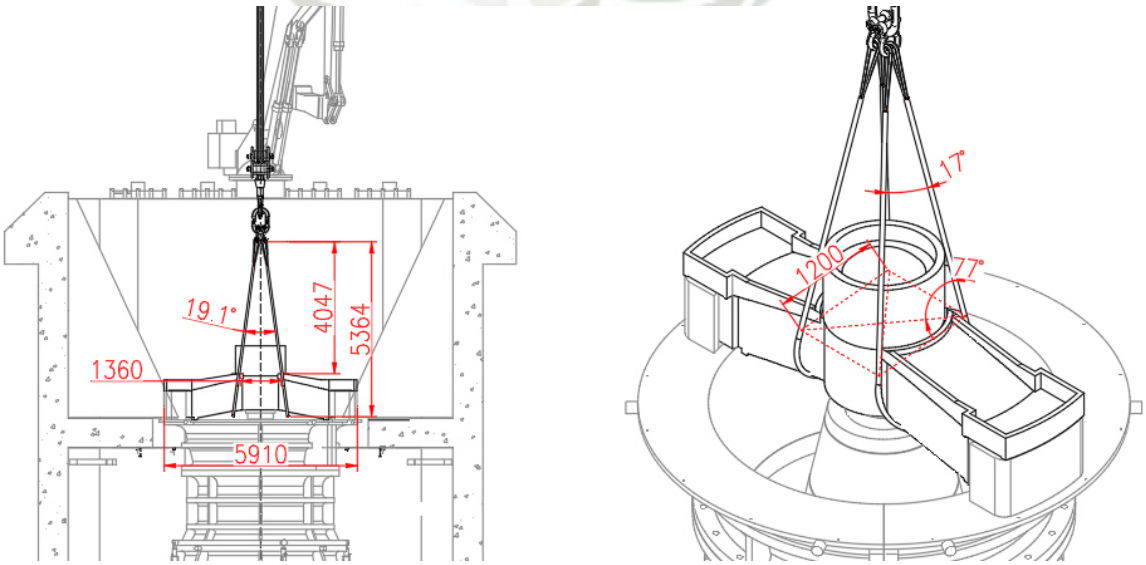
Vista isométrica del izaje del spider.



En la Figura 5.6 se muestra la posición ideal de izaje del spider.

Figura 5.6

Posición ideal de izaje del spider.



Nota: Todas las medidas están en milímetros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.3.1 Selección de estrobos

Para realizar el izaje del ensamble del spider se utilizarán 2 estrobos en U que se repartirán el peso de 33343 kgf como se muestra en la Figura 5.6. La carga sobre cada ramal del estrobo de determina utilizando la siguiente ecuación:

$$P = \frac{W}{N \cdot sen(\alpha)} \tag{5.1}$$

Dónde:

P: Carga de cada estrobo, eslinga o tecle [kgf]

W: Peso del elemento a izar [kgf]

N: Puntos de izaje [-]

α: Angulo del estrobo respecto a la horizontal [°]

$$P = \frac{33243 \text{ kgf}}{2 \cdot sen(\text{atan}(\frac{4047}{680}))} = 16854 \text{ kgf}$$

Como los ramales del estrobo tienen un ángulo de 17° la carga que soportan los estrobos es 17041 kgf.

Tabla 5.2
Tabla de selección de estrobos para el izaje del ensamble del spider

Diámetro de cable		Carga Límite de Trabajo (WLL)						
				Dos Ramales				
Pulgadas	Milímetros	Axial	Lazo	Doble o en U	60°	45°	30°	60° Doble lazo
3/4	19,0	5,46	4,04	10,92	9,45	7,70	5,46	6,99
7/8	22,0	7,44	5,51	14,88	12,87	10,49	7,44	9,52
1	26,0	9,72	7,19	19,44	16,82	13,71	9,72	12,44
1 1/8	29,0	12,32	9,12	24,64	21,31	17,37	12,32	15,77
1 1/4	32,0	15,18	11,23	30,36	26,26	21,40	15,18	19,43
1 3/8	35,0	18,58	13,75	37,16	32,14	26,20	18,58	23,79
1 1/2	38,0	21,90	16,21	43,80	37,89	30,88	21,90	28,04
1 3/4	45,0	29,82	22,07	59,64	51,59	42,05	29,82	38,10
2	52,0	37,10	27,45	74,20	64,18	52,31	37,10	47,5
2 1/4	57,0	46,94	34,74	93,88	81,21	66,19	46,94	60,09
2 1/2	64,0	56,86	42,08	113,72	98,37	80,17	56,86	72,79
2 3/4	70,0	65,94	48,80	131,88	114,08	92,98	65,94	84,42

Fuente: PRODINSA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

De la Tabla 5.2 selecciona 2 estrobos de cable de acero con una capacidad 19.44 toneladas métricas en carga doble o en U con diámetro de 1" y una longitud de 12 metros.

El factor de seguridad de cada estrobo para izar el spider es:

$$FS = \frac{19440 \text{ kgf} \cdot 5}{17041 \text{ kgf}} = 5.70$$

5.3.2 Selección de grilletes

Para realizar esta maniobra se necesitarán 2 grilletes, cada grillete debe soportar los 2 terminales de cada estrobo como se muestra en la Figura 5.5.

La carga que transmiten los estrobos en U hacia los grilletes es 17041 kgf.

Tabla 5.3
Tabla de selección de grilletes G-2130/S-2130 para el izaje del spider

Tamaño Nominal (plg.)	Carga Limite de Trabajo (t)*	No de Parte			Peso de c/u (lb)	Dimensiones (plg.)										Tolerancia + / -	
		G-2130	S-2130	G-2130OC		A	B	C	D	E	F	H	L	M	N	C	A
3/16	1/3 ‡	1019464	–	–	.06	.38	.25	.88	.19	.60	.56	1.47	.98	1.29	.19	.06	.06
1/4	1/2	1019466	–	–	.11	.47	.31	1.13	.25	.78	.61	1.84	1.28	1.56	.25	.06	.06
5/16	3/4	1019468	–	–	.22	.53	.38	1.22	.31	.84	.75	2.09	1.47	1.82	.31	.06	.06
3/8	1	1019470	–	–	.33	.66	.44	1.44	.38	1.03	.91	2.49	1.78	2.17	.38	.13	.06
7/16	1-1/2	1019471	–	–	.49	.75	.50	1.69	.44	1.16	1.06	2.91	2.03	2.51	.44	.13	.06
1/2	2	1019472	1019481	–	.79	.81	.64	1.88	.50	1.31	1.19	3.28	2.31	2.80	.50	.13	.06
5/8	3-1/4	1019490	1019506	1262013	1.68	1.06	.77	2.38	.63	1.69	1.50	4.19	2.94	3.56	.69	.13	.06
3/4	4-3/4	1019515	1019524	1262022	2.72	1.25	.89	2.81	.75	2.00	1.81	4.97	3.50	4.15	.81	.25	.06
7/8	6-1/2	1019533	1019542	1262031	3.95	1.44	1.02	3.31	.88	2.28	2.09	5.83	4.03	4.82	.97	.25	.06
1	8-1/2	1019551	1019560	1262040	5.66	1.69	1.15	3.75	1.00	2.69	2.38	6.56	4.69	5.39	1.06	.25	.06
1-1/8	9-1/2	1019579	1019588	1262059	8.27	1.81	1.25	4.25	1.13	2.91	2.69	7.47	5.16	5.90	1.25	.25	.06
1-1/4	12	1019597	1019604	1262068	11.71	2.03	1.40	4.69	1.29	3.25	3.00	8.25	5.75	6.69	1.38	.25	.06
1-3/8	13-1/2	1019613	1019622	1262077	15.83	2.25	1.53	5.25	1.42	3.63	3.31	9.16	6.38	7.21	1.50	.25	.13
1-1/2	17	1019631	1019640	1262086	19.00	2.38	1.66	5.75	1.53	3.88	3.63	10.00	6.88	7.73	1.62	.25	.13
1-3/4	25	1019659	1019668	1262095	33.91	2.88	2.04	7.00	1.84	5.00	4.19	12.34	8.80	9.68	2.25	.25	.13
2	35	1019677	1019686	–	52.25	3.25	2.30	7.75	2.08	5.75	4.81	13.68	10.15	10.81	2.40	.25	.13
2-1/2	55	1019695	1019702	–	98.25	4.13	2.80	10.50	2.71	7.25	5.69	17.90	12.75	13.58	3.13	.25	.25
3	† 85	1019711	–	–	154.00	5.00	3.30	13.00	3.12	7.88	6.50	21.50	14.62	15.13	3.62	.25	.25
3-1/2	† 120 ‡	1019739	–	–	265.00	5.25	3.76	14.63	3.62	9.00	8.00	24.88	17.02	17.00	4.38	.25	.25
4	† 150 ‡	1019757	–	–	338.00	5.50	4.26	14.50	4.00	10.00	9.00	25.68	18.00	17.75	4.56	.25	.25

Fuente: Crosby

Del catálogo Crosby se selecciona un grillete tipo ancla con un tamaño nominal de 1-3/4" que resiste hasta 25 toneladas de carga.

El factor de seguridad de cada grillete para izar el spider es:

$$FS = \frac{25000 \text{ kgf} \cdot 6}{17041 \text{ kgf}} = 8.80$$

5.3.3 Selección del eslabón maestro

El aparejo que une el gancho de la grúa y los grilletes es un eslabón maestro como se muestra en la Figura 5.5, la carga que soporta el eslabón maestro es el peso del ensamble de la araña, el peso de los grilletes y de los estrobos, estos pesos están detallados en la Tabla 5.5.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Utilizando la Tabla 5.4 se procede a seleccionar el eslabón maestro.

Tabla 5.4
Tabla de selección del eslabón maestro A-342 para el izaje del spider

Tamaño		A-342 No. de parte	Peso de c/u (lb)	Carga Límite de Trabajo (lb)*	Carga de Prueba (lb)**	Dimensiones (plg.)			
(plg.)	(mm)					A	B	C	Indicadores de deformación
1/2W	13W	1014266	1.3	7400	17200	.62	2.80	5.00	3.50
5/8	16	1014280	1.5	9000	18000	.62	3.00	6.00	3.50
3/4W	19W	1014285	2.0	12300	28400	.73	3.20	6.00	4.00
7/8W	22W	3522213	3.3	15200	†38000	.88	3.75	6.38	4.50
1W	26W	3522214	6.1	26000	†65000	1.10	4.30	7.50	5.50
1-1/4W	32W	3522215	12.0	39100	†97750	1.33	5.50	9.50	7.00
1-1/2W	38W	3522216	18.6	61100	†152750	1.61	5.90	10.50	6.50
1-3/4	44	3522217	25.2	84900	†212250	1.75	6.00	12.00	7.50
2	51	3522218	37.0	102600	†256500	2.00	7.00	14.00	9.00
2-1/4	57	1014422	54.1	143100	289200	2.25	8.00	16.00	10.00
2-1/2	63	1014468	68.5	160000	320000	2.50	8.38	16.00	11.00
2-3/4	70	1014440	94.0	216900	433800	2.75	9.88	18.00	12.50
3	76	1014486	115	228000	456000	3.00	9.88	18.00	13.00
3-1/4	83	1014501	145	262200	524400	3.25	10.00	20.00	13.50
3-1/2	89	1014529	200	279000	558000	3.50	12.00	24.00	15.50
3-3/4	95	1015051	198	336000	672000	3.75	10.00	20.00	13.50
4	102	1015060	264	373000	746000	4.00	12.00	24.00	16.00
†† 4-1/4	†† 108	1015067	302	354000	708000	4.25	12.00	24.00	-
†† 4-1/2	†† 114	1015079	345	360000	720000	4.50	14.00	28.00	-
†† 4-3/4	†† 121	1015088	436	389000	778000	4.75	14.00	28.00	-

Fuente: Crosby

Del catálogo Crosby se selecciona 1 eslabón de 1-3/4” de diámetro modelo A-342 que resiste hasta 38.5 toneladas de carga.

El factor de seguridad del eslabón maestro para izar el spider es:

$$FS = \frac{38500\ \text{kgf} \cdot 5}{35461\ \text{kgf}} = 5.59$$

5.3.4 Análisis de la carga

En la Tabla 5.5 se detallan los pesos de los aparejos y de la carga de izaje.

Tabla 5.5
Pesos de los aparejos de izaje y del spider

Cant.	Descripción	Peso unitario	Peso total (kgf)
2	Estrobos 1" / 12 m	4.2 kgf/m	100.8
2	Grilletes 1-3/4”/ G-2130 S-2130	15.38 kgf	30.76
1	Eslabón maestro 1-3/4”/ A-342	11.4 kgf	11.4
1	Gancho de la grúa	2800 kgf	2800
1	Ensamblaje del spider	33343 kgf	33343
1	Otros pesos	100 kgf	100
Total			36285

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El porcentaje de la capacidad de la grúa es:

$$\%\ capacidad = \frac{36285\ kg}{102000\ kg} = 35.6\%$$

La grúa trabaja a un 35.6 % de su capacidad para realizar el montaje y desmontaje del ensamble del spider.

5.4 Izaje del top shell

En las Figura 5.7 y Figura 5.8 se muestran la vista isométrica y los puntos de izaje del top shell.

Figura 5.7

Vista isométrica del izaje del top shell.

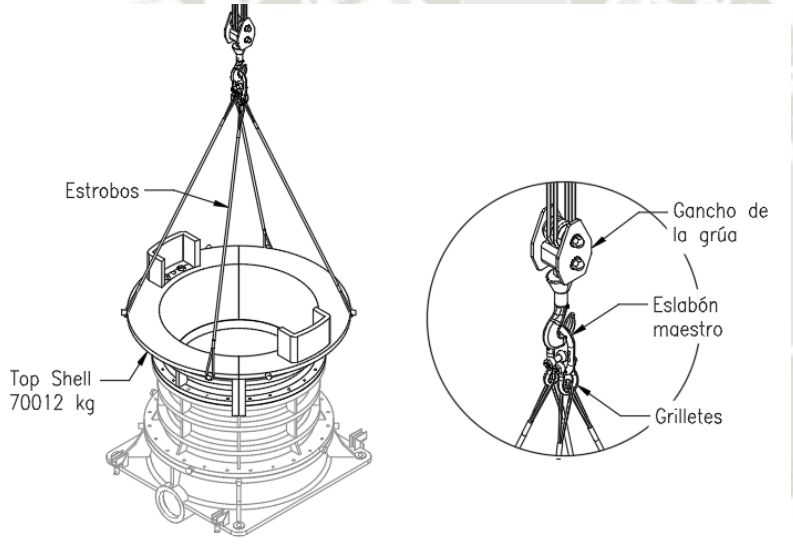
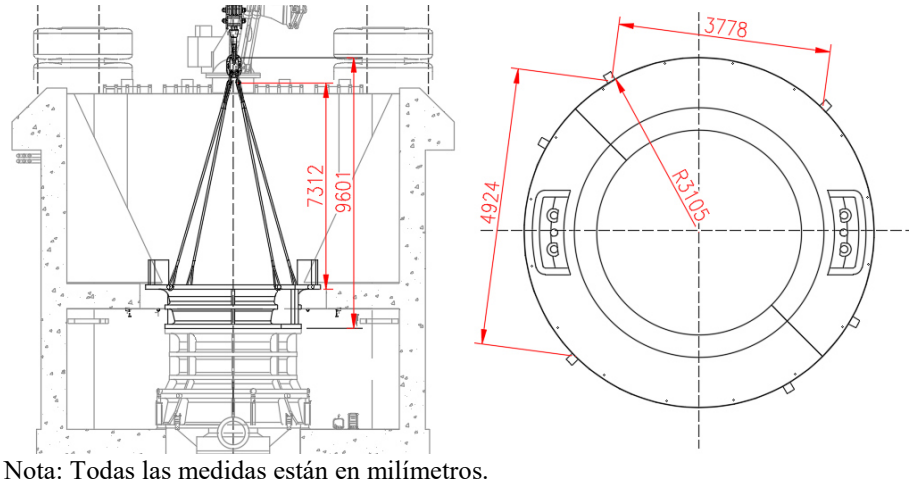


Figura 5.8

Posición ideal para el desmontaje y puntos de izaje del top shell.



Nota: Todas las medidas están en milímetros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.1 Selección de estrobos

El montaje y desmontaje del top shell se realizará mediante los puntos de izaje ubicados en la parte superior del top shell, 4 estrobos son los encargados de soportar el peso del top shell durante el izaje.

Utilizando la ecuación (5.1) se calcula la carga que debe resistir cada estrobo.

$$P = \frac{70012}{4 \cdot sen\left(\text{atan}\left(\frac{7312\ mm}{3105\ mm}\right)\right)} = 19014\ kgf$$

Tabla 5.6
Tabla de selección de estrobos para el izaje del top shell

Diámetro de cable		Carga Límite de Trabajo (WLL)						
				Dos Ramales				
Pulgadas	Milímetros	Axial	Lazo	Doble o en U	60°	45°	30°	60° Doble lazo
3/4	19,0	5,46	4,04	10,92	9,45	7,70	5,46	6,99
7/8	22,0	7,44	5,51	14,88	12,87	10,49	7,44	9,52
1	26,0	9,72	7,19	19,44	16,82	13,71	9,72	12,44
1 1/8	29,0	12,32	9,12	24,64	21,31	17,37	12,32	15,77
1 1/4	32,0	15,18	11,23	30,36	26,26	21,40	15,18	19,43
1 3/8	35,0	18,58	13,75	37,16	32,14	26,20	18,58	23,79
1 1/2	38,0	21,90	16,21	43,80	37,89	30,88	21,90	28,04
1 3/4	45,0	29,82	22,07	59,64	51,59	42,05	29,82	38,10
2	52,0	37,10	27,45	74,20	64,18	52,31	37,10	47,5
2 1/4	57,0	46,94	34,74	93,88	81,21	66,19	46,94	60,09
2 1/2	64,0	56,86	42,08	113,72	98,37	80,17	56,86	72,79
2 3/4	70,0	65,94	48,80	131,88	114,08	92,98	65,94	84,42
3	77,0	78,36	57,99	156,72	135,56	110,49	78,36	100,32

Fuente: PRODINSA

Se selecciona cuatro estrobos de cable de acero con una capacidad 21.9 toneladas con un diámetro de 1-1/2" y una longitud de 8 m.

El factor de seguridad de cada estrobo para izar el top shell es:

$$FS = \frac{21900\ \text{kgf} \cdot 5}{19014\ \text{kgf}} = 5.76$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.2 Selección de grilletes

Para realizar el izaje del top shell se necesitarán 2 grilletes, cada grillete debe resistir el carga transmitida por los terminales de los estrobos como se muestra en la Figura 5.8.

Teniendo en cuenta que cada estrobo está soportando 19014 kgf y el ángulo entre dos estrobos es de 38°, la carga que soporta cada grillete es de 35956 kgf.

Tabla 5.7
Tabla de selección de grilletes G-2130/S-2130 para el izaje del top shell

Tamaño Nominal (plg.)	Carga Limite de Trabajo (t)*	No de Parte			Peso de c/u (lb)	Dimensiones (plg.)										Tolerancia + / -	
		G-2130	S-2130	G-2130OC		A	B	C	D	E	F	H	L	M	N	C	A
3/16	1/3 ‡	1019464	–	–	.06	.38	.25	.88	.19	.60	.56	1.47	.98	1.29	.19	.06	.06
1/4	1/2	1019466	–	–	.11	.47	.31	1.13	.25	.78	.61	1.84	1.28	1.56	.25	.06	.06
5/16	3/4	1019468	–	–	.22	.53	.38	1.22	.31	.84	.75	2.09	1.47	1.82	.31	.06	.06
3/8	1	1019470	–	–	.33	.66	.44	1.44	.38	1.03	.91	2.49	1.78	2.17	.38	.13	.06
7/16	1-1/2	1019471	–	–	.49	.75	.50	1.69	.44	1.16	1.06	2.91	2.03	2.51	.44	.13	.06
1/2	2	1019472	1019481	–	.79	.81	.64	1.88	.50	1.31	1.19	3.28	2.31	2.80	.50	.13	.06
5/8	3-1/4	1019490	1019506	1262013	1.68	1.06	.77	2.38	.63	1.69	1.50	4.19	2.94	3.56	.69	.13	.06
3/4	4-3/4	1019515	1019524	1262022	2.72	1.25	.89	2.81	.75	2.00	1.81	4.97	3.50	4.15	.81	.25	.06
7/8	6-1/2	1019533	1019542	1262031	3.95	1.44	1.02	3.31	.88	2.28	2.09	5.83	4.03	4.82	.97	.25	.06
1	8-1/2	1019551	1019560	1262040	5.66	1.69	1.15	3.75	1.00	2.69	2.38	6.56	4.69	5.39	1.06	.25	.06
1-1/8	9-1/2	1019579	1019588	1262059	8.27	1.81	1.25	4.25	1.13	2.91	2.69	7.47	5.16	5.90	1.25	.25	.06
1-1/4	12	1019597	1019604	1262068	11.71	2.03	1.40	4.69	1.29	3.25	3.00	8.25	5.75	6.69	1.38	.25	.06
1-3/8	13-1/2	1019613	1019622	1262077	15.83	2.25	1.53	5.25	1.42	3.63	3.31	9.16	6.38	7.21	1.50	.25	.13
1-1/2	17	1019631	1019640	1262086	19.00	2.38	1.66	5.75	1.53	3.88	3.63	10.00	6.88	7.73	1.62	.25	.13
1-3/4	25	1019659	1019668	1262095	33.91	2.88	2.04	7.00	1.84	5.00	4.19	12.34	8.80	9.68	2.25	.25	.13
2	35	1019677	1019686	–	52.25	3.25	2.30	7.75	2.08	5.75	4.81	13.68	10.15	10.81	2.40	.25	.13
2-1/2	55	1019695	1019702	–	98.25	4.13	2.80	10.50	2.71	7.25	5.69	17.90	12.75	13.58	3.13	.25	.25
3	† 85	1019711	–	–	154.00	5.00	3.30	13.00	3.12	7.88	6.50	21.50	14.62	15.13	3.62	.25	.25
3-1/2	† 120 ‡	1019739	–	–	265.00	5.25	3.76	14.63	3.62	9.00	8.00	24.88	17.02	17.00	4.38	.25	.25
4	† 150 ‡	1019757	–	–	338.00	5.50	4.26	14.50	4.00	10.00	9.00	25.68	18.00	17.75	4.56	.25	.25

Fuente: Crosby

Del catálogo Crosby se selecciona 2 grillete G-2130/ S-2130 tipo ancla con un tamaño nominal de 2-1/2" que resisten hasta 55 toneladas de carga cada uno.

El factor de seguridad de cada grillete para izar el top shell es:

$$FS = \frac{55000\ \text{kgf} \cdot 6}{35956\ \text{kgf}} = 9.18$$

5.4.3 Selección del eslabón maestro

En la Figura 5.7 se observa que el eslabón maestro es el aparejo que une el gancho de la grúa con los grilletes de los estrobos, la carga que soporta el eslabón maestro es el peso del top shell de 70012 kgf y el peso de los aparejos de izaje detallados en la Tabla 5.9.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 5.8
Tabla de selección del eslabón maestro A-342 para el izaje del top shell

Tamaño		A-342 No. de parte	Peso de c/u (lb)	Carga Límite de Trabajo (lb)*	Carga de Prueba (lb)**	Dimensiones (plg.)			
(plg.)	(mm)					A	B	C	Indicadores de deformación
1/2W	13W	1014266	1.3	7400	17200	.62	2.80	5.00	3.50
5/8	16	1014280	1.5	9000	18000	.62	3.00	6.00	3.50
3/4W	19W	1014285	2.0	12300	28400	.73	3.20	6.00	4.00
7/8W	22W	3522213	3.3	15200	†38000	.88	3.75	6.38	4.50
1W	26W	3522214	6.1	26000	†65000	1.10	4.30	7.50	5.50
1-1/4W	32W	3522215	12.0	39100	†97750	1.33	5.50	9.50	7.00
1-1/2W	38W	3522216	18.6	61100	†152750	1.61	5.90	10.50	6.50
1-3/4	44	3522217	25.2	84900	†212250	1.75	6.00	12.00	7.50
2	51	3522218	37.0	102600	†256500	2.00	7.00	14.00	9.00
2-1/4	57	1014422	54.1	143100	289200	2.25	8.00	16.00	10.00
2-1/2	63	1014468	68.5	160000	320000	2.50	8.38	16.00	11.00
2-3/4	70	1014440	94.0	216900	433800	2.75	9.88	18.00	12.50
3	76	1014486	115	228000	456000	3.00	9.88	18.00	13.00
3-1/4	83	1014501	145	262200	524400	3.25	10.00	20.00	13.50
3-1/2	89	1014529	200	279000	558000	3.50	12.00	24.00	15.50
3-3/4	95	1015051	198	336000	672000	3.75	10.00	20.00	13.50
4	102	1015060	264	373000	746000	4.00	12.00	24.00	16.00
†† 4-1/4	†† 108	1015067	302	354000	708000	4.25	12.00	24.00	-
†† 4-1/2	†† 114	1015079	345	360000	720000	4.50	14.00	28.00	-
†† 4-3/4	†† 121	1015088	436	389000	778000	4.75	14.00	28.00	-
†† 5	†† 127	1015094	516	395000	790000	5.00	15.00	30.00	-

Fuente: Crosby

Del catálogo Crosby se selecciona 1 eslabón de 2-1/2" modelo A-342 que resiste hasta 98.38 toneladas de carga.

El factor de seguridad del eslabón maestro para izar el top shell es:

$$FS = \frac{98380 \text{ kgf} \cdot 5}{70378 \text{ kgf}} = 6.99$$

5.4.4 Análisis de la carga

En la Tabla 5.9 se detallan los pesos de los aparejos y de la carga de izaje .

Tabla 5.9
Pesos de los aparejos de izaje y del top shell

Cant.	Descripción	Peso unitario	Peso total (kgf)
4	Estrobos 1-1/2" / 8 m	8.95 kgf/m	286.4
2	Grilletes 2-1/2"/ G-2130 S-2130	44.6 kgf	89.2
1	Eslabón maestro 2-3/4"/ A-342	46.4 kgf	46.4
1	Gancho de la grúa	2800 kgf	2800
1	Top shell	70012 kgf	70012
1	Otros pesos	100 kgf	100
Total			73334

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El porcentaje de capacidad de la grúa es:

$$\%\ capacidad = \frac{73334\ kgf}{102000\ kgf} = 71.9\ \%$$

La grúa trabaja a un 71.9 % de su capacidad para realizar el izaje del top shell.

5.5 Izaje del middle shell

En las Figura 5.9 y Figura 5.10 se muestra la vista isométrica y los puntos de izaje del middle shell.

Figura 5.9

Vista isométrica del izaje del middle shell.

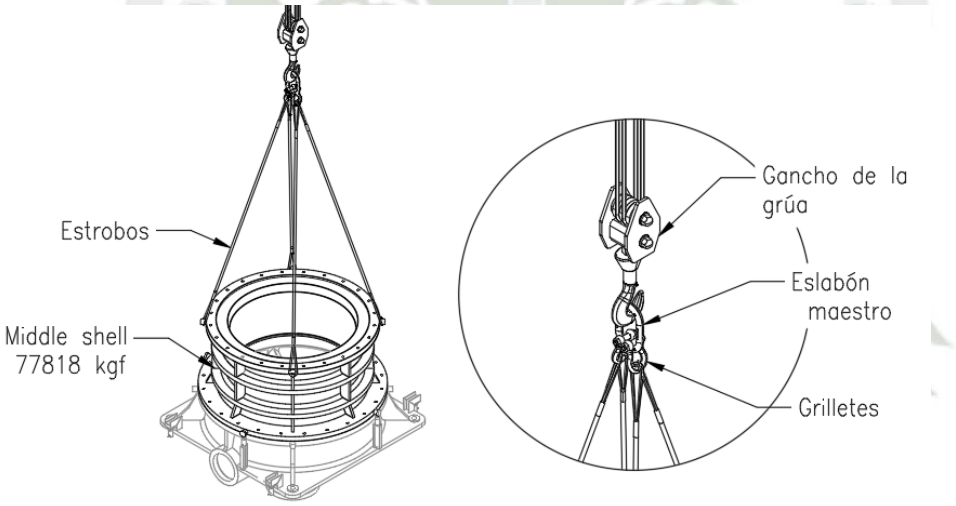
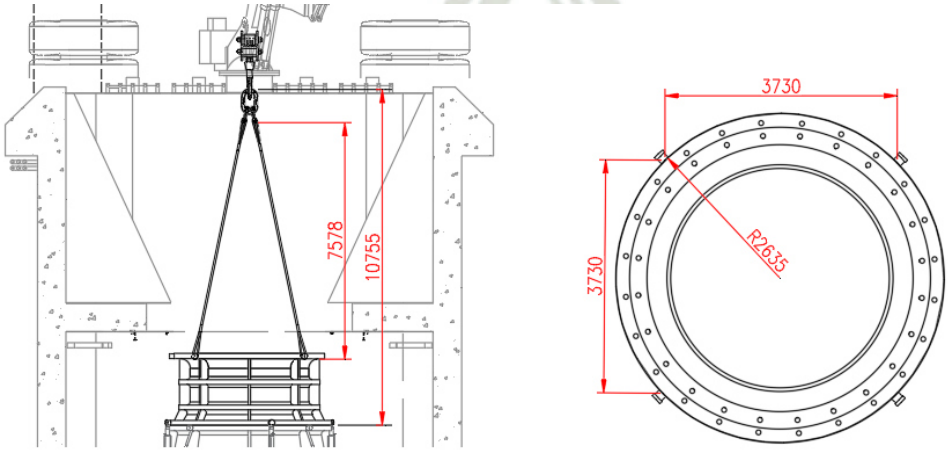


Figura 5.10

Posición ideal para el desmontaje y puntos de izaje del middle shell.



Nota: Las medidas están en milímetros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.5.1 Selección de estrobos

El izaje del middle shell se realizará mediante los puntos de izaje ubicados en la parte superior del middle shell, mediante 4 estrobos se partirán la carga de 77818 kgf.

Utilizando la ecuación (5.1) se calcula la carga que debe resistir cada estrobo.

$$P = \frac{77818}{4 \cdot sen\left(\text{atan}\left(\frac{7578\ mm}{2635\ mm}\right)\right)} = 20600\ kgf$$

Tabla 5.10
Tabla de selección de estrobos para el izaje del middle shell

Diámetro de cable		Carga Límite de Trabajo (WLL)						
				Dos Ramales				
Pulgadas	Milímetros	Axial	Lazo	Doble o en U	60°	45°	30°	60° Doble lazo
3/4	19,0	5,46	4,04	10,92	9,45	7,70	5,46	6,99
7/8	22,0	7,44	5,51	14,88	12,87	10,49	7,44	9,52
1	26,0	9,72	7,19	19,44	16,82	13,71	9,72	12,44
1 1/8	29,0	12,32	9,12	24,64	21,31	17,37	12,32	15,77
1 1/4	32,0	15,18	11,23	30,36	26,26	21,40	15,18	19,43
1 3/8	35,0	18,58	13,75	37,16	32,14	26,20	18,58	23,79
1 1/2	38,0	21,90	16,21	43,80	37,89	30,88	21,90	28,04
1 3/4	45,0	29,82	22,07	59,64	51,59	42,05	29,82	38,10
2	52,0	37,10	27,45	74,20	64,18	52,31	37,10	47,5
2 1/4	57,0	46,94	34,74	93,88	81,21	66,19	46,94	60,09
2 1/2	64,0	56,86	42,08	113,72	98,37	80,17	56,86	72,79
2 3/4	70,0	65,94	48,80	131,88	114,08	92,98	65,94	84,42

Fuente: PRODINSA

Se selecciona 4 estrobos de cable de acero con una capacidad 56.86 toneladas con un diámetro de 1-1/2" y una longitud de 8 m.

El factor de seguridad de cada estrobo para izar el middle shell es:

$$FS = \frac{21900\ \text{kgf} \cdot 5}{20600\ \text{kgf}} = 5.32$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.5.2 Selección de grilletes

Para realizar el izaje del middle shell se necesitarán 2 grilletes, cada grillete debe resistir el terminal de dos estrobos como se muestra en la Figura 5.9.

Teniendo en cuenta que cada estrobo está soportando 19014 kgf y el ángulo entre dos estrobos es de 28°, la carga que soporta cada grillete es de 39976 kgf.

Tabla 5.11
Tabla de selección de grilletes G-2130/S-2130 para el izaje del middle shell

Tamaño Nominal (plg.)	Carga Limite de Trabajo (t)*	No de Parte			Peso de c/u (lb)	Dimensiones (plg.)										Tolerancia + / -	
		G-2130	S-2130	G-2130OC		A	B	C	D	E	F	H	L	M	N	C	A
3/16	1/3 ‡	1019464	–	–	.06	.38	.25	.88	.19	.60	.56	1.47	.98	1.29	.19	.06	.06
1/4	1/2	1019466	–	–	.11	.47	.31	1.13	.25	.78	.61	1.84	1.28	1.56	.25	.06	.06
5/16	3/4	1019468	–	–	.22	.53	.38	1.22	.31	.84	.75	2.09	1.47	1.82	.31	.06	.06
3/8	1	1019470	–	–	.33	.66	.44	1.44	.38	1.03	.91	2.49	1.78	2.17	.38	.13	.06
7/16	1-1/2	1019471	–	–	.49	.75	.50	1.69	.44	1.16	1.06	2.91	2.03	2.51	.44	.13	.06
1/2	2	1019472	1019481	–	.79	.81	.64	1.88	.50	1.31	1.19	3.28	2.31	2.80	.50	.13	.06
5/8	3-1/4	1019490	1019506	1262013	1.68	1.06	.77	2.38	.63	1.69	1.50	4.19	2.94	3.56	.69	.13	.06
3/4	4-3/4	1019515	1019524	1262022	2.72	1.25	.89	2.81	.75	2.00	1.81	4.97	3.50	4.15	.81	.25	.06
7/8	6-1/2	1019533	1019542	1262031	3.95	1.44	1.02	3.31	.88	2.28	2.09	5.83	4.03	4.82	.97	.25	.06
1	8-1/2	1019551	1019560	1262040	5.66	1.69	1.15	3.75	1.00	2.69	2.38	6.56	4.69	5.39	1.06	.25	.06
1-1/8	9-1/2	1019579	1019588	1262059	8.27	1.81	1.25	4.25	1.13	2.91	2.69	7.47	5.16	5.90	1.25	.25	.06
1-1/4	12	1019597	1019604	1262068	11.71	2.03	1.40	4.69	1.29	3.25	3.00	8.25	5.75	6.69	1.38	.25	.06
1-3/8	13-1/2	1019613	1019622	1262077	15.83	2.25	1.53	5.25	1.42	3.63	3.31	9.16	6.38	7.21	1.50	.25	.13
1-1/2	17	1019631	1019640	1262086	19.00	2.38	1.66	5.75	1.53	3.88	3.63	10.00	6.88	7.73	1.62	.25	.13
1-3/4	25	1019659	1019668	1262095	33.91	2.88	2.04	7.00	1.84	5.00	4.19	12.34	8.80	9.68	2.25	.25	.13
2	35	1019677	1019686	–	52.25	3.25	2.30	7.75	2.08	5.75	4.81	13.68	10.15	10.81	2.40	.25	.13
2-1/2	55	1019695	1019702	–	98.25	4.13	2.80	10.50	2.71	7.25	5.69	17.90	12.75	13.58	3.13	.25	.25
3	† 85	1019711	–	–	154.00	5.00	3.30	13.00	3.12	7.88	6.50	21.50	14.62	15.13	3.62	.25	.25
3-1/2	† 120 ‡	1019739	–	–	265.00	5.25	3.76	14.63	3.62	9.00	8.00	24.88	17.02	17.00	4.38	.25	.25
4	† 150 ‡	1019757	–	–	338.00	5.50	4.26	14.50	4.00	10.00	9.00	25.68	18.00	17.75	4.56	.25	.25

Fuente: Crosby

Del catálogo Crosby se selecciona 4 grillete G-2130/ S-2130 tipo ancla con un tamaño nominal de 2-1/2" que resiste hasta 85 toneladas de carga.

El factor de seguridad de cada grillete para izar el middle shell es:

$$FS = \frac{55000\ \text{kgf} \cdot 6}{39976\ \text{kgf}} = 8.25$$

5.5.3 Selección del eslabón maestro

El aparejo que une el gancho de la grúa y los grilletes es el eslabón maestro como se muestra Figura 5.9, la carga que soporta el eslabón es el peso del middle shell de 77818 kgf y el peso de los aparejos de izaje detallados en la Tabla 5.12.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 5.12
Tabla de selección del eslabón maestro A-342 para el izaje del middle shell

Tamaño		A-342 No. de parte	Peso de c/u (lb)	Carga Límite de Trabajo (lb)*	Carga de Prueba (lb)**	Dimensiones (plg.)			
(plg.)	(mm)					A	B	C	Indicadores de deformación
1/2W	13W	1014266	1.3	7400	17200	.62	2.80	5.00	3.50
5/8	16	1014280	1.5	9000	18000	.62	3.00	6.00	3.50
3/4W	19W	1014285	2.0	12300	28400	.73	3.20	6.00	4.00
7/8W	22W	3522213	3.3	15200	†38000	.88	3.75	6.38	4.50
1W	26W	3522214	6.1	26000	†65000	1.10	4.30	7.50	5.50
1-1/4W	32W	3522215	12.0	39100	†97750	1.33	5.50	9.50	7.00
1-1/2W	38W	3522216	18.6	61100	†152750	1.61	5.90	10.50	6.50
1-3/4	44	3522217	25.2	84900	†212250	1.75	6.00	12.00	7.50
2	51	3522218	37.0	102600	†256500	2.00	7.00	14.00	9.00
2-1/4	57	1014422	54.1	143100	289200	2.25	8.00	16.00	10.00
2-1/2	63	1014468	68.5	160000	320000	2.50	8.38	16.00	11.00
2-3/4	70	1014440	94.0	216900	433800	2.75	9.88	18.00	12.50
3	76	1014486	115	228000	456000	3.00	9.88	18.00	13.00
3-1/4	83	1014501	145	262200	524400	3.25	10.00	20.00	13.50
3-1/2	89	1014529	200	279000	558000	3.50	12.00	24.00	15.50
3-3/4	95	1015051	198	336000	672000	3.75	10.00	20.00	13.50
4	102	1015060	264	373000	746000	4.00	12.00	24.00	16.00
†† 4-1/4	†† 108	1015067	302	354000	708000	4.25	12.00	24.00	-
†† 4-1/2	†† 114	1015079	345	360000	720000	4.50	14.00	28.00	-
†† 4-3/4	†† 121	1015088	436	389000	778000	4.75	14.00	28.00	-
†† 5	†† 127	1015094	516	395000	790000	5.00	15.00	30.00	-

Fuente: Crosby

Del catálogo Crosby se selecciona 1 eslabón modelo A-342 de 2-3/4" de diámetro que resiste hasta 98.38 toneladas de carga.

El factor de seguridad del eslabón maestro para izar el middle shell es:

$$FS = \frac{98380 \text{ kgf} \cdot 5}{78193 \text{ kgf}} = 6.29$$

5.5.4 Análisis de la carga

En la Tabla 5.13 se detallan los peso de los aparejos y de la carga de izaje.

Tabla 5.13
Pesos de los aparejos de izaje y del middle shell

Cant.	Descripción	Peso unitario	Peso total (kgf)
4	Estrobos 1-1/2" / 8 m	8.95 kgf/m	286.4
2	Grilletes 2-1/2"/ G-2130 S-2130	44.6 kgf	89.2
1	Eslabón maestro 2-3/4"/ A-342	46.4 kgf	46.4
1	Gancho de la grúa	2800 kgf	2800
1	Middle shell	77818 kgf	77818
1	Otros pesos	100 kgf	100
Total			81140

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El porcentaje de la capacidad de la grúa es:

$$\%\ capacidad = \frac{81140\ \text{kgf}}{102000\ \text{kgf}} = 79.55\ \%$$

La grúa trabaja a un 79.55 % de su capacidad para realizar el izaje del middle shell.

5.6 Desmontaje del bottom shell

En las Figura 5.11 y Figura 5.12 se muestra la vista isométrica y la posición ideal para realizar el izaje del bottom shell.

Figura 5.11

Vista isométrica del izaje del bottom shell.

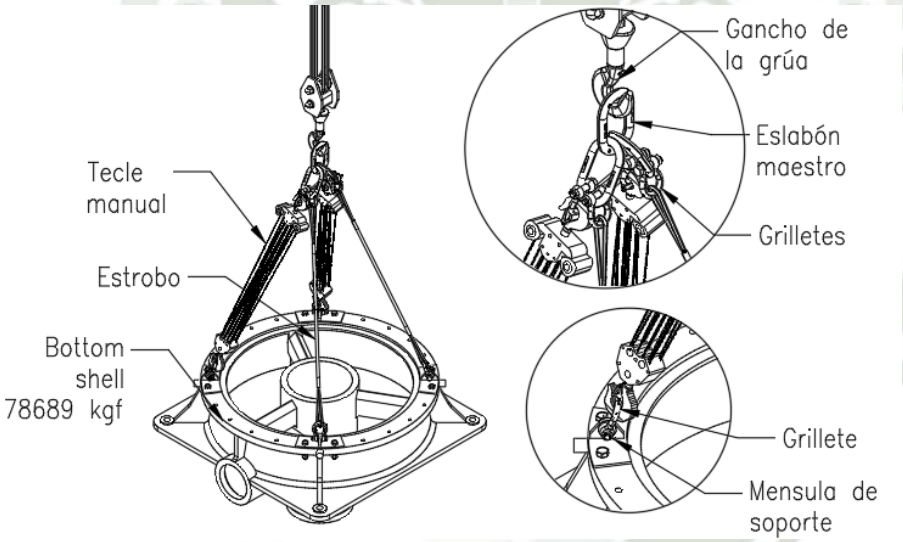
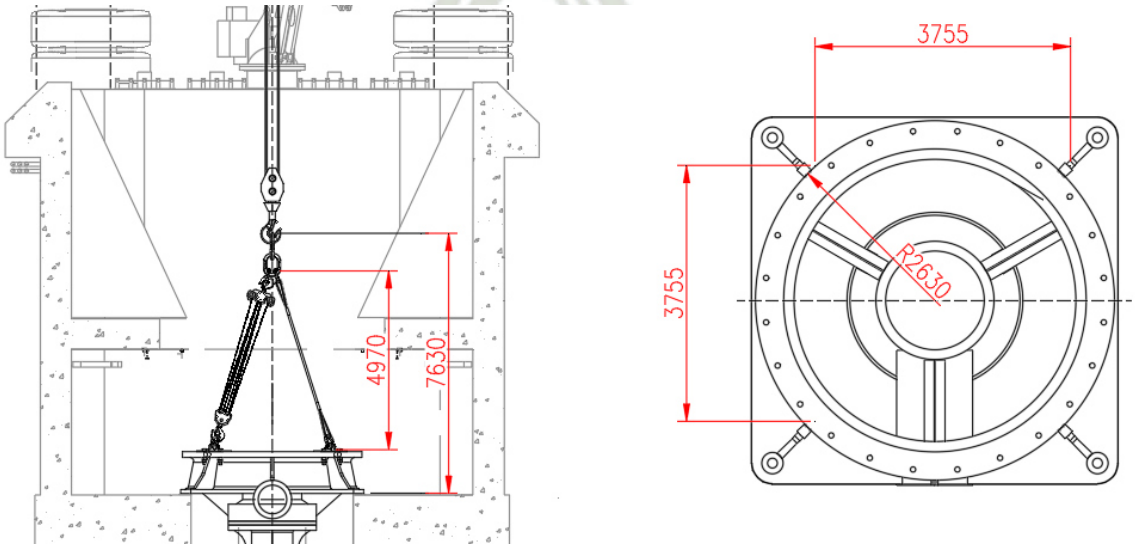


Figura 5.12

Posición ideal para el desmontaje y puntos de izaje del bottom shell.



Nota: Las medidas están en milímetros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.6.1 Selección de estrobos

El izaje del top shell se realizará mediante las 4 ménsulas de soporte ubicadas en la parte superior del bottom shell.

Para realizar el izaje del bottom shell se utilizaran 2 estrobos y 2 tecles, la carga que deben resistir estos aparejos se determina utilizando la ecuación (5.1).

$$P = \frac{78689}{4 \cdot sen\left(atan(\frac{4970}{2630})\right)} = 22266\ kgf$$

Tabla 5.14
Tabla de selección de estrobos para el izaje del bottom shell

Diámetro de cable		Carga Límite de Trabajo (WLL)						
				Dos Ramales				
Pulgadas	Milímetros	Axial	Lazo	Doble o en U	60°	45°	30°	60° Doble lazo
3/4	19,0	5,46	4,04	10,92	9,45	7,70	5,46	6,99
7/8	22,0	7,44	5,51	14,88	12,87	10,49	7,44	9,52
1	26,0	9,72	7,19	19,44	16,82	13,71	9,72	12,44
1 1/8	29,0	12,32	9,12	24,64	21,31	17,37	12,32	15,77
1 1/4	32,0	15,18	11,23	30,36	26,26	21,40	15,18	19,43
1 3/8	35,0	18,58	13,75	37,16	32,14	26,20	18,58	23,79
1 1/2	38,0	21,90	16,21	43,80	37,89	30,88	21,90	28,04
1 3/4	45,0	29,82	22,07	59,64	51,59	42,05	29,82	38,10
2	52,0	37,10	27,45	74,20	64,18	52,31	37,10	47,5
2 1/4	57,0	46,94	34,74	93,88	81,21	66,19	46,94	60,09
2 1/2	64,0	56,86	42,08	113,72	98,37	80,17	56,86	72,79
2 3/4	70,0	65,94	48,80	131,88	114,08	92,98	65,94	84,42
3	77,0	78,36	57,99	156,72	135,56	110,49	78,36	100,32

Fuente: PRODINSA

Se selecciona 2 estrobos de cable de acero con una capacidad 56.86 toneladas con un diámetro de 1-3/4" y una longitud de 5 m.

El factor de seguridad de cada estrobo para izar el bottom shell es:

$$FS = \frac{29820\ \text{kgf} \cdot 5}{22266\ \text{kgf}} = 6.69$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.6.2 Selección del tecle

De manera similar a los estrobos cada tecle debe soportar 22266 kgf de peso

Tabla de selección de tecles manuales

Capacidad	Modelo	Ramales	Cadena de Carga	Grado de Cadena	Máx Esfuerzo del Operario	Carga de Prueba	Cadena de Mando	Peso Neto	Peso por Metro Adic. de Izaje	Dimensiones mm							
ton	N°	#	mm	N°	N	ton	mm	kg	kg	A	B	C	D	E	F	G	H
0.25	YAL0025	1	4x12	G100	220	0.375	3x15x10	3.9	0.76	96	109	29.5	21	27	32	35.5	250
0.5	YAL0050	1	5x15	G80	219	0.75	5x25x17	7.8	1.38	125	130	43	25	27	32	35	280
1	YAL0100	1	6x18	G80	254	1.5	5x25x17	11.1	1.62	134	155	51	30	33	40	45	306
1.5	YAL0150	1	8x24	G80	351	2.25	5x25x17	15.8	2.23	151	173	64	34	33.5	42	47	368
2	YAL0200	1	8x24	G80	405	3	5x25x17	16.8	2.23	157	185	64	34	37	46	52	445
3.2	YAL0320	1	10x30	G80	450	4.8	5x25x17	25	3	180	262	68.5	38	43.5	52	62.5	500
5	YAL0500	2	10x30	G80	385	7.5	5x25x17	39.8	5.18	180	262	126	74	51	60	79	600
10	YAL1000A	3	10x28	G100	398	15	5x25X18	85.2	7.6	190.5	356	120	70	64	85	-	760
20	YAL2000	8	9x27	G100	353x2	25	5x25X18	205	15.8	230	655	286	123	82	110	-	1150
30	YAL3000	12	10x28	G100	345x2	37.5	5x25X18	284	29.3	360	680	306	180	82	110	-	1250
50	YAL5000	20	10x28	G100	345x2	62.5	5x25X18	702	46	585	832	482	235	133	170	-	1700

Fuente: VITALI-INTL

Del catálogo VITALI-INTL se selecciona 2 tecles manuales modelo YAL3000.

5.6.3 Selección de grilletes

Para realizar el izaje del bottom shell se necesitarán 8 grilletes, 4 grilletes estarán ubicados en la parte superior del bottom shell y los otros 4 en la parte superior de la maniobra. Cada grillete debe resistir 22266 kgf.

Tabla 5.15
Tabla de selección de grilletes G-2130/S-2130 para el izaje del bottom shell

Tamaño Nominal (plg.)	Carga Limite de Trabajo (t)*	No de Parte			Peso de c/u (lb)	Dimensiones (plg.)										Tolerancia + / -	
		G-2130	S-2130	G-2130OC		A	B	C	D	E	F	H	L	M	N	C	A
3/16	1/3 ‡	1019464	–	–	.06	.38	.25	.88	.19	.60	.56	1.47	.98	1.29	.19	.06	.06
1/4	1/2	1019466	–	–	.11	.47	.31	1.13	.25	.78	.61	1.84	1.28	1.56	.25	.06	.06
5/16	3/4	1019468	–	–	.22	.53	.38	1.22	.31	.84	.75	2.09	1.47	1.82	.31	.06	.06
3/8	1	1019470	–	–	.33	.66	.44	1.44	.38	1.03	.91	2.49	1.78	2.17	.38	.13	.06
7/16	1-1/2	1019471	–	–	.49	.75	.50	1.69	.44	1.16	1.06	2.91	2.03	2.51	.44	.13	.06
1/2	2	1019472	1019481	–	.79	.81	.64	1.88	.50	1.31	1.19	3.28	2.31	2.80	.50	.13	.06
5/8	3-1/4	1019490	1019506	1262013	1.68	1.06	.77	2.38	.63	1.69	1.50	4.19	2.94	3.56	.69	.13	.06
3/4	4-3/4	1019515	1019524	1262022	2.72	1.25	.89	2.81	.75	2.00	1.81	4.97	3.50	4.15	.81	.25	.06
7/8	6-1/2	1019533	1019542	1262031	3.95	1.44	1.02	3.31	.88	2.28	2.09	5.83	4.03	4.82	.97	.25	.06
1	8-1/2	1019551	1019560	1262040	5.66	1.69	1.15	3.75	1.00	2.69	2.38	6.56	4.69	5.39	1.06	.25	.06
1-1/8	9-1/2	1019579	1019588	1262059	8.27	1.81	1.25	4.25	1.13	2.91	2.69	7.47	5.16	5.90	1.25	.25	.06
1-1/4	12	1019597	1019604	1262068	11.71	2.03	1.40	4.69	1.29	3.25	3.00	8.25	5.75	6.69	1.38	.25	.06
1-3/8	13-1/2	1019613	1019622	1262077	15.83	2.25	1.53	5.25	1.42	3.63	3.31	9.16	6.38	7.21	1.50	.25	.13
1-1/2	17	1019631	1019640	1262086	19.00	2.38	1.66	5.75	1.53	3.88	3.63	10.00	6.88	7.73	1.62	.25	.13
1-3/4	25	1019659	1019668	1262095	33.91	2.88	2.04	7.00	1.84	5.00	4.19	12.34	8.80	9.68	2.25	.25	.13
2	35	1019677	1019686	–	52.25	3.25	2.30	7.75	2.08	5.75	4.81	13.68	10.15	10.81	2.40	.25	.13
2-1/2	55	1019695	1019702	–	98.25	4.13	2.80	10.50	2.71	7.25	5.69	17.90	12.75	13.58	3.13	.25	.25
3	† 85	1019711	–	–	154.00	5.00	3.30	13.00	3.12	7.88	6.50	21.50	14.62	15.13	3.62	.25	.25
3-1/2	† 120 ‡	1019739	–	–	265.00	5.25	3.76	14.63	3.62	9.00	8.00	24.88	17.02	17.00	4.38	.25	.25
4	† 150 ‡	1019757	–	–	338.00	5.50	4.26	14.50	4.00	10.00	9.00	25.68	18.00	17.75	4.56	.25	.25

Fuente: Crosby

Del catálogo Crosby se selecciona 8 grillete G-2130/ S-2130 tipo ancla con un tamaño nominal de 1-3/4" que resiste hasta 25 toneladas de carga.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El factor de seguridad de cada grillete para izar el bottom shell es:

$$FS = \frac{25000\ \text{kgf} \cdot 6}{22266\ \text{kgf}} = 6.74$$

5.6.4 Selección del eslabón maestro

El aparejo que une el gancho de la grúa a los grilletes que están unidos a los terminales de los estrobos es el eslabón maestro unido con 2 eslabones conectores (Figura 5.11), la carga que soporta el eslabón es el peso del bottom shell de 78689 kgf y el peso de los aparejos de izaje detallados en la Tabla 5.17.

Tabla 5.16
Tabla de selección del eslabón maestro A-345 para el izaje del bottom shell

Tamaño		A-345 No. de parte	Peso de c/u (lbs.)	C.L.T. basado en Factor de Diseño de 5:1 (lbs.)	Carga de Prueba (lbs.)**	Dimensiones (plg.)							
(plg.)	(mm)					A	B	C	D	E	F	G	Indicadores de deformación
3/4W	19W	1014739	3.5	12300	28400	.73	3.20	6.00	.56	3.35	1.77	.30	4.00
7/8W	22W	1014742	4.8	15200	35200	.88	3.75	6.38	.56	3.35	1.77	.30	4.50
1W	26W	1014766	9.3	26000	60000	1.10	4.30	7.50	.75	3.94	2.36	.33	5.50
1-1/4W	32W	1014779	15.8	39100	90400	1.33	5.50	9.50	1.00	6.30	3.54	.51	7.00
† 1-1/4W	† 32W	1262603	27.6	† 36200	90500	1.25	4.38	8.75	1.25	8.75	4.38	-	5.50
1-1/2W	38W	1014807	34.1	61100	141200	1.61	5.90	10.50	1.25	7.09	3.94	.65	7.50
† 1-1/2W	† 38W	1262612	47.7	† 54300	135750	1.50	5.25	10.50	1.50	10.50	5.25	-	6.50
1-3/4	44	1014814	46.7	84900	212250	1.75	6.00	12.00	1.38	8.00	5.00	.73	7.50
† 1-3/4	† 44	1262603	74.4	† 84900	212250	1.75	6.00	12.00	1.75	12.00	6.00	-	7.50
2	51	1014832	67.2	102600	256500	2.00	7.00	14.00	1.50	9.00	5.75	-	9.00
† 2	† 51	1262630	113	† 102600	256500	2.00	7.00	14.00	2.00	14.00	7.00	-	9.00
2-1/2	64	1014855	206	160000	320000	2.50	8.38	16.00	2.50	16.00	8.38	-	11.00
2-3/4	70	1014864	282	216900	433800	2.75	9.88	18.00	2.75	18.00	9.88	-	12.50
4	102	1014999	667	373000	746000	4.00	12.00	24.00	3.50	24.00	12.00	-	15.50***

Fuente: Crosby

Del catálogo Crosby se selecciona 1 eslabón maestro modelo A-345 de 2-3/4" de diámetro con muescas para usarse con el eslabón conector que resiste hasta 98.38 toneladas de carga.

El factor de seguridad del eslabón maestro para izar el bottom shell es:

$$FS = \frac{98380\ \text{kgf} \cdot 5}{79893\ \text{kgf}} = 6.16$$

5.6.5 Diseño de las orejas de izaje

Las orejas de izaje son aparejos específicos para esta tarea por lo que tiene un servicio de clase 0 según la Tabla 4.2 y pertenece a un categoría de diseño B con un factor de diseño mínimo de 3.

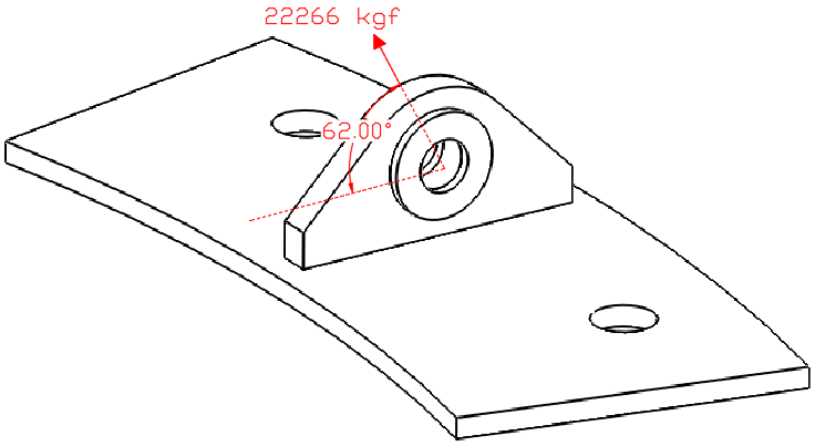
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la Figura 5.13 se muestra la carga sobre la oreja de izaje.

Figura 5.13

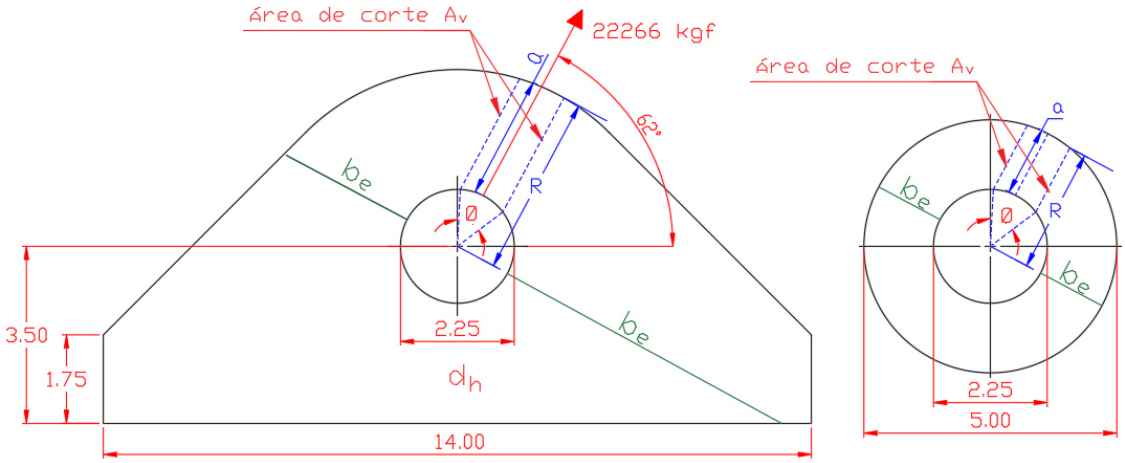
Carga sobre la oreja de izaje.



La oreja de izaje y los refuerzos laterales son de material ASTM A-36 con un espesor de 1.5 pulgadas y de 0.5 pulgadas respectivamente. Las principales medidas de la oreja de izaje se muestra en la Figura 5.14.

Figura 5.14

Dimensiones de la oreja de izaje y de los refuerzos laterales.



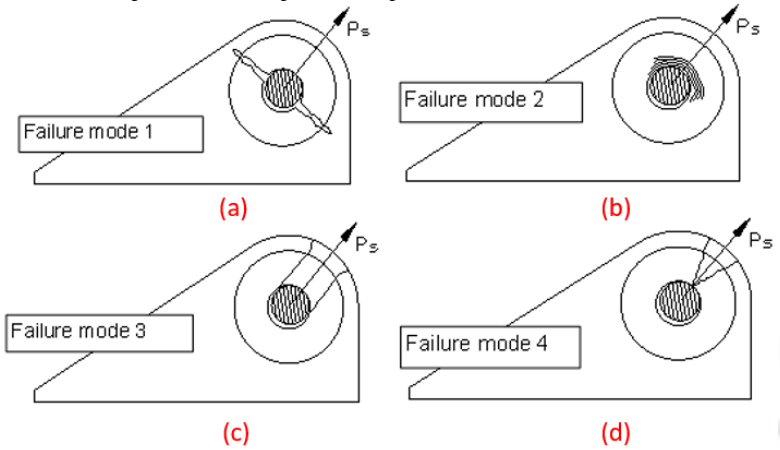
Nota: Las medidas están en pulgadas.

La carga ejercida sobre la oreja de izaje puede generar 4 modos de falla como se observa en la Figura 5.15.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 5.15
Modos de falla de oreja de izaje



Nota: (a) Resistencia a la tensión a través del agujero, (b) Aplastamiento, (c) Resistencia al cortante en doble plano, (d) Falla por fractura en un solo plano, Obtenido de mecEngineering Spreadsheets (2022)

El ángulo donde se ubica el plano de corte para la oreja de izaje conectada con el pasador se obtiene con la Ecuación 5.2.

$$\emptyset = 55 \cdot \frac{d_p}{d_h} \tag{5.2}$$

Dónde:

$\emptyset$: Ángulo del plano de corte. [°]

d_p : Diámetro del pin. [mm, in]

d_h : Diámetro del agujero. [mm, in]

El ángulo donde se ubica el plano de corte es:

$$\emptyset = 55 \cdot \frac{2.04\ in}{2.25\ in} = 49.9°$$

5.6.5.1 Modo de falla 1

Este modo de falla involucra la falla por tensión en ambos lados de la oreja de izaje como se observa en la Figura 5.15a. Según la norma ASME BTH-1 (2017) la resistencia a la tensión a través del agujero se calcula utilizando la Ecuación 5.3.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$P_t = \mathrm{c_r} \cdot \frac{F_u}{1.2 \cdot N_d} \cdot 2 \cdot \mathrm{t} \cdot \mathrm{b_{eff}} \tag{5.3}$$

Dónde:

P_t: Resistencia al cortante en doble plano. [lbf, N]

c_r: Factor de reducción de resistencia para placas conectadas con pasadores. [-]

F_u: Esfuerzo ultimo a la tracción. [ksi, MPa]

N_d: Factor de seguridad. [-]

$\mathrm{b_{eff}}$: Ancho efectivo a cada lado de la oreja de izaje. [mm, in]

t: Espesor de la placa. [mm, in]

Utilizando la Ecuación 5.4 y la Ecuación 5.5 se obtiene el factor de reducción de resistencia y el ancho efectivo respectivamente:

$$c_r = 1 - 0.275 \cdot \sqrt{1 - \frac{d_p}{d_h}} \tag{5.4}$$

$$\mathrm{b_{eff}} = \min\left[\mathrm{b_e},\ 4 \cdot \mathrm{t},\ \mathrm{b_e} \cdot 0.6 \cdot \frac{F_u}{F_y} \cdot \sqrt{\frac{d_h}{d_p}}\right] \tag{5.5}$$

Dónde:

c_r: Factor de reducción de resistencia para placas conectadas con pasadores. [-]

d_p: Diámetro del pin. [mm, in]

d_h: Diámetro del agujero. [mm, in]

$\mathrm{b_e}$: ancho neto real de una placa entre el borde del agujero y el borde de la placa en una línea perpendicular a la línea de acción de la carga aplicada. [mm, in]

t : Espesor de la placa. [mm, in]

F_u: Esfuerzo ultimo a la tracción. [ksi, MPa]

F_y: Esfuerzo de fluencia. [ksi, MPa]

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El factor de reducción de resistencia es:

$$c_r = 1 - 0.275 \cdot \sqrt{1 - \frac{2.04\ in}{2.25\ in}} = 0.884$$

El ancho efectivo para la oreja de izaje es:

$$\mathrm{b_{eff}} = \min\left[2.75\ \mathrm{in},\ \ 4 \cdot 2.75\ \mathrm{in},\ \ 2.75\ in \cdot 0.6 \cdot \frac{58000\ \mathrm{psi}}{36000\ \mathrm{psi}} \cdot \sqrt{\frac{2.25\ \mathrm{in}}{2.04\ \mathrm{in}}}\right]$$

$$\mathrm{b_{eff}} = \min[2.75\ \mathrm{in},\ \ 6\ \mathrm{in},\ \ 2.405\ \mathrm{in}]$$

$$\mathrm{b_{eff}} = 2.405\ \mathrm{in}$$

El ancho efectivo para los refuerzos laterales es:

$$\mathrm{b_{eff}} = \min\left[1.38\ \mathrm{in},\ \ 4 \cdot 1.38\ \mathrm{in},\ \ 1.38\ in \cdot 0.6 \cdot \frac{58000\ \mathrm{psi}}{36000\ \mathrm{psi}} \cdot \sqrt{\frac{2.25\ \mathrm{in}}{2.04\ \mathrm{in}}}\right]$$

$$\mathrm{b_{eff}} = \min[1.38\ \mathrm{in},\ \ 2\ \mathrm{in},\ \ \ \ 1.73\ \mathrm{in}]$$

$$\mathrm{b_{eff}} = 1.38\ \mathrm{in}$$

La resistencia a la tensión a través del agujero de la oreja es:

$$P_t = 0.884 \cdot \frac{58000\ \frac{\mathrm{lbf}}{\mathrm{in}^2}}{1.2 \cdot 3} \cdot 2 \cdot 1.5\ \mathrm{in} \cdot 2.405\ \mathrm{in} = 102738\ \mathrm{lbf}$$

La resistencia a la tensión a través del agujero de los refuerzos laterales es:

$$P_t = 0.884 \cdot \frac{58000\ \frac{\mathrm{lbf}}{\mathrm{in}^2}}{1.2 \cdot 3} \cdot 2 \cdot 0.5\ \mathrm{in} \cdot 1.38\ \mathrm{in} = 19654\ \mathrm{lbf}$$

La resistencia a la tensión a través del agujero total es:

$$P_t = 102738\ \mathrm{lbf} + 2 \cdot (19654\ \mathrm{lbf}) = 142046\ \mathrm{lbf}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.6.5.2 Modo de falla 2

Este modo de falla implica la falla del cojinete entre el pin/oreja de izaje como se observa en la Figura 5.15b. Según la norma ASME BTH-1 (2017) la resistencia al aplastamiento se calcula utilizando la Ecuación 5.6.

$$P_p = \frac{1.25 \cdot F_y}{Nd} \cdot \mathrm{d_p} \cdot t \tag{5.6}$$

Dónde:

P_p: Resistencia al aplastamiento. [lbf, N]

F_u: Esfuerzo ultimo a la tracción. [ksi, MPa]

N_d Factor de seguridad. [-]

d_p: Diámetro del pin. [mm, in]

La resistencia al aplastamiento de la oreja de izaje es:

$$P_p = \frac{1.25 \cdot 36000 \frac{\mathrm{lbf}}{\mathrm{in}^2}}{3} \cdot 2.04\mathrm{in} \cdot 1.5\ \mathrm{in} = 45900\ \mathrm{lbf}$$

La resistencia al aplastamiento de la oreja de los refuerzos laterales es:

$$P_p = \frac{1.25 \cdot 36000 \frac{\mathrm{lbf}}{\mathrm{in}^2}}{3} \cdot 2.04\ \mathrm{in} \cdot 0.5\ \mathrm{in} = 15300\ \mathrm{lbf}$$

La resistencia al aplastamiento total es:

$$P_p = 45900\ \mathrm{lbf} + 2 \cdot (15300\ \mathrm{lbf}) = 76500\ \mathrm{lbf}$$

5.6.5.3 Modo de falla 3

Este modo de falla involucra la falla por tensión en ambos lados de la oreja de izaje como se observa en la Figura 5.15c. Según la norma ASME BTH-1 (2017) la resistencia al cortante en doble plano se calcula utilizando la Ecuación 5.7.

$$P_v = \frac{0.7 \cdot F_u}{1.2 \cdot Nd} \cdot A_v \tag{5.7}$$

Dónde:

P_v: Resistencia al cortante en doble plano. [lbf, N]

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

F_u: Esfuerzo ultimo a la tracción. [ksi, MPa]

N_d: Factor de seguridad. [-]

A_v: Área de corte. [mm^2, in^2]

El área al cortante se obtiene utilizando la Ecuación 5.8

$$A_v = 2 \cdot \left[a + \frac{d_p}{2}(1 - cos\emptyset)\right] \cdot t \tag{5.8}$$

Dónde:

A_v: Área de corte. [mm^2, in^2]

a: distancia desde el borde del agujero hasta el borde de la placa en la dirección de la carga aplicada. [mm, in]

d_p: Diámetro del pin. [mm, in]

$\emptyset$: Ángulo del plano de corte. [°]

t : Espesor de la placa. [mm, in]

El área al cortante de la oreja de izaje es:

$$\mathrm{A_v} = 2 \cdot \left[2.44\ \mathrm{in} + \frac{2.04\ \mathrm{in}}{2}(1 - \cos(49.9°))\right] \cdot 1.5\ \mathrm{in}$$

$$A_v = 8.41\ \mathrm{in}^2$$

El área al cortante de los refuerzos laterales es:

$$\mathrm{A_v} = 2 \cdot \left[1.38\ \mathrm{in} + \frac{2.04\ \mathrm{in}}{2}(1 - \cos(49.9°))\right] \cdot 0.5\ \mathrm{in}$$

$$A_v = 1.74\ \mathrm{in}^2$$

La resistencia al cortante en doble plano de la oreja de izaje es:

$$P_v = \frac{0.7 \cdot 58000\ \frac{\mathrm{lbf}}{\mathrm{in}^2}}{1.2 \cdot 3} \cdot 8.41\ \mathrm{in}^2 = 94819\ lbf$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La resistencia al cortante en doble plano de los refuerzos laterales es:

$$P_v = \frac{0.7 \cdot 58000 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}}{1.2 \cdot 3} \cdot 1.74 \text{ in}^2 = 19652 \text{ lbf}$$

La resistencia al cortante en doble plano total es es:

$$P_v = 94819 \text{ lbf} + 2 \cdot (19652 \text{ lbf}) = 134123 \text{ lbf}$$

5.6.5.4 Modo de falla 4

Este modo de falla implica una falla por tracción cuando el pin intenta empujar la placa través del borde de la placa de la oreja como se observa en la Figura 5.15d. La norma ASME BTH-1 (2017) se refiere a esta falla como falla por fractura en un solo plano y se calcula utilizando la Ecuación 5.9.

$$P_b = \text{c}_\text{r} \cdot \frac{F_u}{1.2 \cdot Nd} \cdot A_b \tag{5.9}$$

Dónde:

P_b: Resistencia a la fractura en un solo plano. [lbf, N]

F_u: Esfuerzo ultimo a la tracción. [ksi, MPa]

N_d Factor de seguridad. [-]

A_b: Área de corte en un solo plano. [mm^2, in^2]

El área de corte en un solo plano se determina utilizando la Ecuación 5.10.

$$A_b = \left[1.13 \cdot \left(R - \frac{d_h}{2}\right) + \frac{0.92 \cdot b_e}{1 + \frac{b_e}{d_h}}\right] \cdot t \tag{5.10}$$

Dónde:

A_b: Área de corte en un solo plano. [mm^2, in^2]

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

R: distancia desde el centro del agujero hasta el borde de la placa en la dirección de la carga aplicada. [mm, in]

d_h: Diámetro del agujero. [mm, in]

b_e: ancho neto real de una placa entre el borde del agujero y el borde de la placa en una línea perpendicular a la línea de acción de la carga aplicada. [mm, in]

t : Espesor de la placa. [mm, in]

El área de corte en un solo plano de la oreja de izaje es:

$$A_b = \left[1.13 \cdot \left(2.505\ \text{in} - \frac{2.25\ \text{in}}{2}\right) + \frac{0.92 \cdot 1.38\ \text{in}}{1 + \frac{1.38\ \text{in}}{2.25\ \text{in}}}\right] \cdot 0.5\ \text{in}$$

$$A_b = 5.84\ \text{in}^2$$

El área de corte en un solo plano de los refuerzos laterales es:

$$A_b = \left[1.13 \cdot \left(3.565\ \text{in} - \frac{2.25\ \text{in}}{2}\right) + \frac{0.92 \cdot 2.75\ \text{in}}{1 + \frac{2.75\ \text{in}}{2.25\ \text{in}}}\right] \cdot 1.5\ \text{in}$$

$$A_b = 1.17\ \text{in}^2$$

La resistencia a la fractura en un solo plano de la oreja de izaje es:

$$P_b = 0.884 \cdot \frac{58000\ \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}}{1.2 \cdot 3} \cdot 5.84\ \text{in}^2 = 83224\ \text{lbf}$$

La resistencia a la fractura en un solo plano de los refuerzos laterales es:

$$P_b = 0.884 \cdot \frac{58000\ \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}}{1.2 \cdot 3} \cdot 1.17\ \text{in}^2 = 16708\ \text{lbf}$$

La resistencia a la fractura en un solo plano total es:

$$P_b = 83224\ \text{lbf} + 2 \cdot (16708\ \text{lbf}) = 116640\ \text{lbf}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.6.5.5 Resumen de casos

Las resistencias obtenidas por los diferentes modos de fallos con un factor de seguridad de 3 para la oreja de izaje son:

$$P_t = 142046 \text{ lbf}$$

$$P_p = 76500 \text{ lbf}$$

$$P_v = 134123 \text{ lbf}$$

$$P_b = 116640 \text{ lbf}$$

La carga que debe soportar la oreja de izaje es de 49096 lbf por lo que la oreja de izaje no falla por ninguno de los casos analizados.

5.6.5.6 Calculo de la soldadura del refuerzo

Para determinar el espesor de la soldadura se supone que la carga es compartida entre las placas en proporción a sus espesores, por lo que cada refuerzo lateral soporta la siguiente carga:

$$P_{t1} = P \cdot \frac{t_1}{t + 2 \cdot t_1}$$

Dónde:

P_{t1}: Carga que soporta cada refuerzo. [N, lbf]

P: Carga aplicada sobre la oreja de izaje. [N, lbf]

t_1: Espesor del refuerzo. [mm, in]

t: Espesor de la oreja de izaje. [mm, in]

La carga que soporta cada refuerzo es:

$$P_{t1} = 49096 \text{ lbf} \cdot \frac{0.5 \text{ in}}{1.5 \text{ in} + 2 \cdot 0.5 \text{in}} = 9819 \text{ lbf}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La carga por corte directo se obtiene con la Ecuación 5.11.

$$f'_w = \frac{P}{l_w} \tag{5.11}$$

Dónde:

f'_w: Carga por cortante directo. [N/mm, lbf/in]

P: Carga aplicada sobre la oreja de izaje. [N, lbf]

l_w: Longitud del cordón de soldadura. [mm, lbf]

La carga por corte directo es:

$$f'_w = \frac{9819\ \text{lbf}}{\pi \cdot 5\ \text{in}} = 625.09\ \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

La carga por corte secundario debido al momento flector se obtiene con la Ecuación 5.12.

$$f''_w = \frac{M \cdot c}{I_w} \tag{5.12}$$

Dónde:

f''_w: Carga por cortante secundaria debido al momento flector. [N/mm lbf/in]

M: Momento flector actuante. [N·mm, lbf·in]

c: Distancia del centro de gravedad al extremo del cordon. [mm, lbf]

I_w: Momento de inercia de línea. [mm, lbf]

La carga por corte secundaria debido al momento flector es:

$$f''_w = \frac{9819\ \text{lbf} \cdot 0.25\ \text{in} \cdot 2.5\ \text{in}}{\pi \cdot (2.5\ \text{in})^3} = 125\ \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

El esfuerzo cortante total es:

$$fw = \sqrt{\left(125\ \frac{\text{lbf}}{\text{in}}\right)^2 + \left(625\ \frac{\text{lbf}}{\text{in}}\right)^2} = 637\ \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El espesor de la soldadura se calcula despejando la ecuación 5.13.

$$n = \frac{S_{xy}}{\tau} \tag{5.13}$$

Dónde:

n: Factor de seguridad. [-]

S_{xy}: Resistencia a la fluencia cortante según la teoría de energía de distorsión. [Mpa, Psi]

τ: Esfuerzo cortante. [Mpa, Psi]

Para un factor de seguridad de 3, un electrodo E70XX y la resistencia a la fluencia predicha por el criterio de la energía de distorsión máxima, el espesor del cordón de soldadura es:

$$3 = \frac{0.577 \cdot 57000 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}}{637 \frac{\text{lbf}}{\text{in}} \cdot \frac{1}{0.707 \cdot \text{h}}} \rightarrow \text{h}_{\text{min}} = 0.08 \text{ in}$$

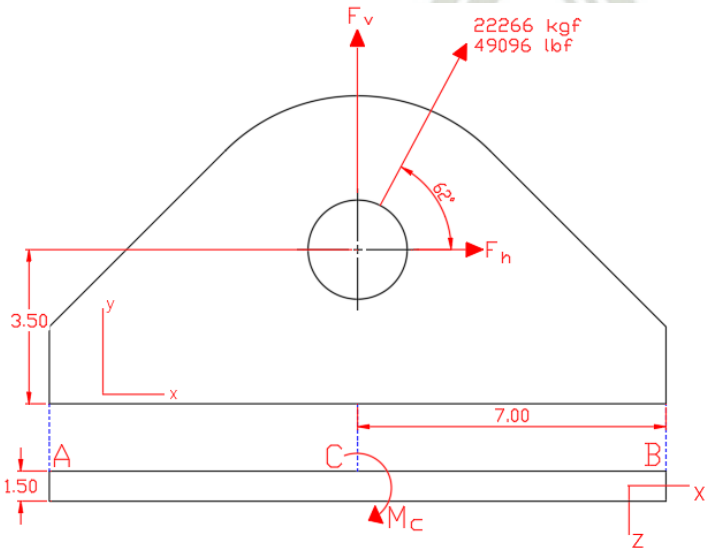
Se necesita un espesor de soldadura de 0.08 pulgadas para que soporte la carga de 9819 lbf, pero el espesor de la soldadura mínimo recomendado para espesores de 0.5 pulgadas por el LRFD es de 3/16 pulgadas, con el espesor recomendado la soldadura tiene un factor de seguridad de 6.84.

5.6.5.7 Análisis de la base de la oreja de izaje

En la Figura 5.16 se muestran las cargas sobre la base de la oreja.

Figura 5.16

Cargas sobre la base de la oreja.



Nota: Las medidas están en pulgadas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El esfuerzo cortante debido a la fuerza horizontal es:

$$\tau_{xz} = \frac{49096\ \text{lbf} \cdot \cos(62°)}{14\ \text{in} \cdot 1.5\ \text{in}} = 1097 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

El esfuerzo a tracción debido a la fuerza vertical es:

$$\sigma_y = \frac{49096\ \text{lbf} \cdot \text{sen}(62°)}{14\ \text{in} \cdot 1.5\ \text{in}} = 2064 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

El esfuerzo flexionante debido al momento en el punto C es:

$$\sigma_y = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{49096\ \text{lbf} \cdot \cos(62) \cdot 3.5\ \text{in} \cdot 7\ \text{in}}{\frac{1}{12} \cdot 1.5\ \text{in} \cdot (14\ \text{in})^3} = 1646\ \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

En el punto A de la base el esfuerzo flexionante genera tracción en el sentido del eje y, por lo tanto, el esfuerzo a tracción total es:

$$\sigma_y = 2064 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} + 1646 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} = 3710\ \frac{lb}{in^2}$$

El esfuerzo equivalente según el criterio de Von Misses es:

$$\sigma' = \sqrt{\left(3710 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(1097 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}\right)^2} = 4168\ \frac{lb}{in^2}$$

El factor de seguridad en la base de la oreja de izaje es:

$$n = \frac{36000\ psi}{4168\ psi} = 8.64$$

5.6.5.8 Análisis del cordón de soldadura de la base

Las cargas que se generan sobre el cordón de soldadura se observan en la Figura 5.17.

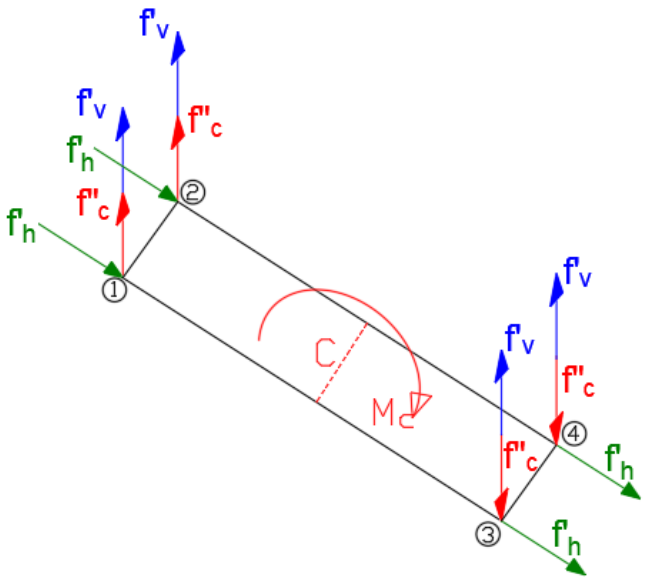
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 5.17

Cargas sobre sobre el cordón de soldadura de la base de la oreja de izaje.



La fuerza por corte directo debido a la carga vertical es:

$$f'_v = \frac{49096\ \text{lbf} \cdot \text{sen}(62)}{14\ \text{in} \cdot 2 + 1.5 \cdot 2} = 1398 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

La fuerza por corte directo debido a la carga horizontal es:

$$f'_h = \frac{49096\ \text{lbf} \cdot \cos(62)}{14\ \text{in} \cdot 2 + 1.5 \cdot 2} = 743 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

La fuerza por corte secundario debido al momento flector es:

$$f'_c = \frac{49096\ \text{lbf} \cdot \cos(62) \cdot 3.5\ \text{in} \cdot 7\ \text{in}}{\frac{(14\ \text{in})^2}{6} \cdot (3 \cdot 1.5 + 14)} = 934 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

En la figura 5.15 se puede observar que el punto 1 y 2 son los más críticos.

$$f_w = \sqrt{\left(1398 \frac{\text{lbf}}{\text{in}} + 934 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}\right)^2 + \left(743 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}\right)^2} = 2447 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para un factor de seguridad de 3, un electrodo E70XX y la resistencia a la fluencia predicha por el criterio de la energía de distorsión máxima, el espesor del cordón de soldadura es:

$$3 = \frac{0.577 \cdot 57000 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}}{2447 \frac{\text{lbf}}{\text{in}} \cdot \frac{1}{0.707 \cdot \text{h}}}$$

$$\text{h}_{\text{min}} = 0.315 \text{ in}$$

La base de la soldadura tendrá un espesor de 3/8" el cual tiene un factor de seguridad de 3.5.

5.6.6 Análisis de la carga

En la Tabla 5.17 se detallan los peso de los aparejos y de la carga de izaje.

Tabla 5.17
Pesos de los aparejos de izaje y del bottom shell

Cant.	Descripción	Peso unitario	Peso total (kgf)
2	Estrobos 1-3/4" / 5 m	12.17 kgf/m	121.7
8	Grilletes 1-3/4"/ G-2130 S-2130	15.37 kgf	123
1	Eslabón maestro 2-3/4"/ A-345	127 kgf	127
2	Tecle 30 t/ YAL3000	284 kgf	568
1	Gancho de la grúa	2800 kgf	2800
4	Ménsula de soporte	98.1 kgf	392
1	bottom shell	78689 kgf	78689
1	Otros pesos	100 kgf	100
Total			82920.7

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de la capacidad de la grúa es:

$$\%\, capacidad = \frac{82920.7 kgf}{102000\, kgf} = 81.29\ \%$$

La grúa trabaja a un 81.29 % de su capacidad para realizar el montaje y desmontaje bottom shell.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO VI

6. ELABORACIÓN DE COSTOS

6.1 Costos

En la tabla 6.1 se detalla el costo de los materiales, herramientas, equipos, ingeniería y fabricaciones de estructuras para el cambio del shell de la chancadora primaria tipo giratoria NT 60 x113".

Tabla 6.1
Presupuesto para el cambio del shell de la chancadora

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	P.U. US$	PARCIAL US$	TOTAL US$
1.00	**INGENIERIA**					**100,000**
1.01	Ingeniería básica y de detalle	Glb	1	100,000	100,00	
2.00	**PROCURA**					**6,063,647**
2.01	**MATERIALES Y HERRAMIENTAS**					**161,000**
2.01.01	Diamantinas	Ea	50	350.0	17,500	
2.01.02	Grout	Ea	0.25	25,000.0	6,250	
2.01.03	Resina epoxica	Ea	50	45.0	2,250	
2.01.04	Aparejos	Glb	1	75,000.0	75,000	
2.01.05	Máquina perforadora	Ea	4	15,000.0	60,000	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.02	**EQUIPOS**					**5,902,647**
2.02.01	Camión grúa 30 Ton	Mes	3.5	18,000.0	63,000	
2.02.02	Grúa de 450 Ton	Glb	1	125,000.0	125,000	
2.02.03	Grúa de 700 Ton	Glb	1	198,000.0	125,000	
2.02.04	Grúa celosía de 650 Ton	Glb	1	498,000.0	498,000	
2.02.05	Camión plataforma	Mes	1.5	18,000.0	20,250	
2.02.06	Andamios	Ton-día	186	90.0	16,740	
2.02.07	Chancadora	Glb	1	4,981,657.0	4,981,657	
3.00	**FABRICACIONES**					**63,000**
3.01	Fabricación de estructuras para el montaje	kg	8,000	6.0	48,000	
3.02	Fabricación de aparejos	kg	8,000	6.0	15,000	
4.0	**INSTALACIÓN**					**677,501**
4.01	**TRABAJOS PREVIOS**					**222,569**
4.01.01	Losa pre-ensamble (250m2)	m3	35	750.0	26,250	
4.01.02	Mejoramiento de acceso para el Low-boy	Glb	1	15,000.0	15,000	
4.01.03	Pre-ensamblaje de la chancadora (Excentrica+bottom, middle+upper, spider)	Ea	1	128,819.0	128,819	
4.01.04	Pre-ensamble de estructuras	kg	10,500	5.0	52,500	
4.02	**DESMONTAJE DE CHANCADORA**					**103,280**
4.02.01	Desmontaje de chancadora	Glb	1	103,280.0	103,280	
4.03	**MONTAJE DE CHANCADORA**					**141,842**
4.03.01	Desmontaje de chancadora	Glb	1	141,842.0	141,842	
4.04	**ASISTENCIA VENDOR**					**164,800**
4.04.01	Asistencia Vendor Flsmidth	Glb	1	164,800.0	103,280	
4.04	**ASISTENCIA COOPERACIÓN**					**45,000**
4.04.01	Asistencia Coorporativa	Glb	1	45,000.0	45,000	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	SUBTOTAL US$	**6,604,148**
INDIRECTOS		
Medida de protección Covid	2.5%	172,604
Contingencia	20%	1,380,800
	SUBTOTAL INDIRECTO US$	**1.553,404**
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		**8,457,552**

Nota. Glb (global), Ea (unidad), kg (kilogramos)
Fuente: Elaboracion propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

Después de realizar este trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se elaboró un procedimiento para sustituir el shell de un chancador primario tipo giratorio 60" x 113" en una empresa minera del sur del Perú el cual incluye el procedimiento de desmontaje y montaje.
- A partir de los trabajos de mantenimiento realizados en los distintos componentes del chancador giratorio descritos en el acápite 3.6 se elaboró el procedimiento de desmontaje y montaje del chancador giratorio el cual esta descrito en el Capítulo V.
- Teniendo en cuenta la distribución de la planta, las dimensiones y pesos del shell del chancador giratorio 60" x 113", se seleccionó una grúa móvil de 700 toneladas que trabaja a un 83 % de su capacidad para las condiciones de operación establecidas. Además, se seleccionó los aparejos necesarios como grilletes modelo G-2130/S-2130 de 55 toneladas de capacidad, eslabones maestros modelo A-342 de 98.3 toneladas de capacidad y estrobos de 25 toneladas de capacidad para realizar izaje del top shell, middle shell, bottom shell y ensamble del spider.
- Una vez seleccionados los equipos y aparejos necesarios, se realizó planos detallados de izaje para la sustitución del ensamble del spider, top shell, middle shell y bottom shell del chancador primario tipo giratorio 60" x 113". Cada uno de estos planos contiene información esencial sobre la posición de los equipos y componentes, la ubicación precisa de la grúa al momento de realizar el izaje y el radio de giro de la pluma, la configuración de los aparejos de izaje y un resumen del análisis de carga realizado para garantizar la seguridad y eficiencia en la sustitución del shell del chancador.
- Se determinó que los costos para realizar la sustitución de un chancador giratorio 60" x 113" es de US$ 8,457,552. Dicho costo incluye la ingeniería de detalle, la adquisición de herramientas, materiales y equipos, así como la fabricación de fabricaciones estructuras, trabajos de instalación, trabajos previos, desmontaje y montaje de la chancadora, además de la asistencia por parte de los proveedores del equipo y de la compañía minera.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

- La distribución de los equipos y componentes de izaje fue realizada tomando en cuenta las necesidades específicas de una empresa minera del sur del Perú. Por tanto, se recomienda que se revise la distribución de la planta de manera detallada antes de aplicar este procedimiento en otra instalación, a fin de adaptar los equipos y aparejos necesarios a las condiciones particulares de cada caso.
- El diseño de la ménsula de izaje se realizó considerando un factor de seguridad de 3, tal como lo recomienda la norma ASME BTH-1. No obstante, si la compañía minera opta por utilizar factores de seguridad más altos, se sugiere que se realice un nuevo cálculo siguiendo el mismo procedimiento empleado en el acápite 5.6.5.
- En base a los equipos y aparejos seleccionados; al radio de giro de giro de la grúa y procedimiento descrito se recomienda realizar un procedimiento escrito de trabajo seguro para realizar la sustitución del shell del chancador giratorio 60” x 113”.
- Se recomienda realizar ensayos no destructivos a las uniones soldadas en la ménsula de izaje antes de realizar el procedimiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BigRentz. (2019). *11 Types of Cranes Commonly Used in Construction*. BigRentz. https://www.bigrentz.com/blog/types-of-cranes

Córdova, M. (2010). *Reemplazo de una chancadora primaria giratoria cónica marca Traylor por una Fuller en la mina Toquepala*. Universidad Nacional de Ingeniería.

ESPAGRUAS. (2020). *¿Qué es el Plan de Izaje?* https://www.espagruas.es/que-es-el-plan-de-izaje/

Extreme Mobility. (2019). *Tipos de Grúas Móviles*. https://extreme-mobility.com/tipos-de-gruas-moviles/

FLSMIDTH. (2016). *Inspeccion y cambio de liners octogonales del chancador primario*.

FLSMIDTH. (2020). *Cambio main shaft y cóncavos, reforzamiento de spider, cúpula, refuerzo y cambio de monturines de chancadora primaria C2*.

FLSMIDTH. (2020). *Procedimientos en Chancado Primario*.

Gupta, A., & Yan, D. (2016). *Mineral Processing Design and Operations* (2.a ed.). Elsevier.

Herrera, C. (2016). *Dimensionamiento y selección de equipos para una planta concentradora de cobre, plomo y zinc con una capacidad de 4800 TMPD*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Huamán, M. (2017). *Plan de mantenimiento centrado en laconfiabilidad para mejorar la disponibilidad de la chancadora 60"X113" de Minera Chinalco*. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Juarez, J. (2022). *Aplicación de metodología VDI 2221 para elaborar procedimiento óptimo de montaje de molino SAG de 40'x26'*. Universidad Católica de Santa María.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MEKA Crushing Equipment. (s. f.). https://www.mekaglobal.com/en/blog/what-is-a-jaw-crusher

Prever Perú. (2012). *Manual tipo de izaje de carga*.

Ruda, R. (2015). *Elaboración de un manual de operación para izaje de carga de la Empresa Colombia Crane & Service*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Service Crane Company. (2022). *Crane Components*. https://servicecranecompany.com/crane-components/

Simón, J., & Rubio, J. (2009). *Estudio : La seguridad en las grúas torre en las obras de construcción de Andalucía* (1.a ed.).

Sisa, E. (2019). *Informe técnico de cambio de cóncavas y mantos en chancadoras primarias por la empresa contratista FLSMIDTH. S.A.C*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A. (2019). *CHANCADO PRIMARIO SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE*. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=w8j1k5eeoNg

Surco, J. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de control para instalación, afinación, operación y optimización del espesador HRT (alto rendimiento) Outotec de la planta concentradora de la minera Chinalco Peru S.A. del proyecto Toromocho*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

TECSUP. (2010). *Trituración de minerales*.

TECSUP. (2015). *Chancado de minerales : Chancado Primario y Transporte de Mineral Grueso*.

TECSUP. (2015). *Fundamentos de operación en plantas concentradoras*.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

TECSUP. (2015). *Manual de Operaciones - Planta Concentradora: Chancado Primario y Transporte de Mineral Grueso*.

TECSUP. (2016). *Mantenimiento de equipos molienda y chancado*.

TECSUP. (2017). *Chancado de minerales*.

TECSUP. (2017). *Manual de operaciones de planta concentradora flotación*.

TECSUP. (2018). *Manual de operaciones - Planta concentradora CV2*.

The American Society of Mechanical Engineers. (2015). *ASME B30.26-2015: Rigging Hardware: Safety Standard for Cableways, Cranes, Derricks, Hoists, Hooks, Jacks, and Slings*. Multiple. Distributed through American National Standards Institute (ANSI).

The American Society of Mechanical Engineers. (2017). *ASME B30.16-2017: Overhead Underhung and Stationary Hoists*. Multiple. Distributed through American National Standards Institute (ANSI).

The American Society of Mechanical Engineers. (2018). *ASME B30.5-2018: Mobile and Locomotive Cranes*. Multiple. Distributed through American National Standards Institute (ANSI).

The American Society of Mechanical Engineers. (2018). *ASME B30.9-2018: Slings*. Multiple. Distributed through American National Standards Institute (ANSI).

The American Society of Mechanical Engineers. (2019). *ASME B30.10-2019-Hooks*. Multiple. Distributed through American National Standards Institute (ANSI).

The American Society of Mechanical Engineers. (2019). *ASME B30.30-2019: Ropes*. Multiple. Distributed through American National Standards Institute (ANSI).

The American Society of Mechanical Engineers. (2020). *ASME BTH-1-2020: Design of Below the Hook Lifting Devices*. Multiple. Distributed through American National Standards Institute (ANSI).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Torres, A. (2017). *Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad Para Mejorar La Disponibilidad De La Chancadora 60"X113" De Minera CHINALCO*.

Valery, W., & Jankovic, A. (2002). The future of comminution. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/43463337_The_future_of_comminution

Villaroel, S. (2016). *Herramienta computacional basada en un modelo predictivo para la determinación del desgaste en revestimientos de un chancador primario tipo giratorio*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Wills, B. A., & Finch, J. (2022). *Mineral Processing Technology* (8.a ed.). Butterworth-Heinemann.

Zavala, C. (2018). *Plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para el chancador primario Fuller, operación Fantoverde*. Universidad Técnica Federico Santa María.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

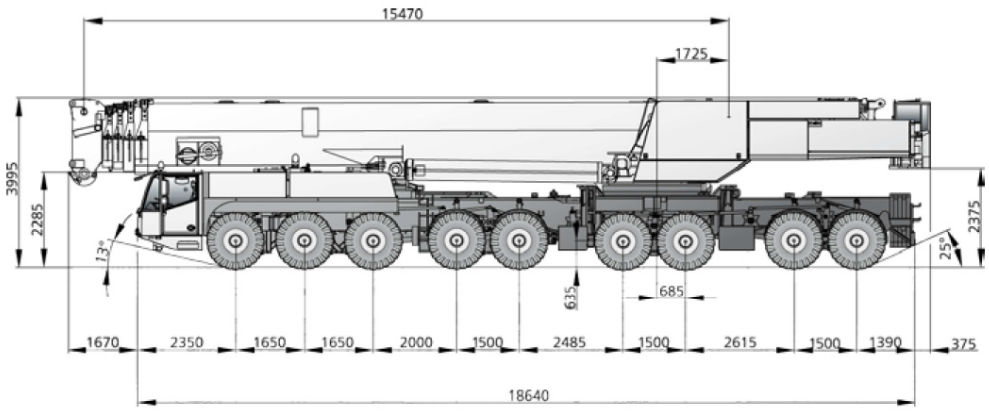
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

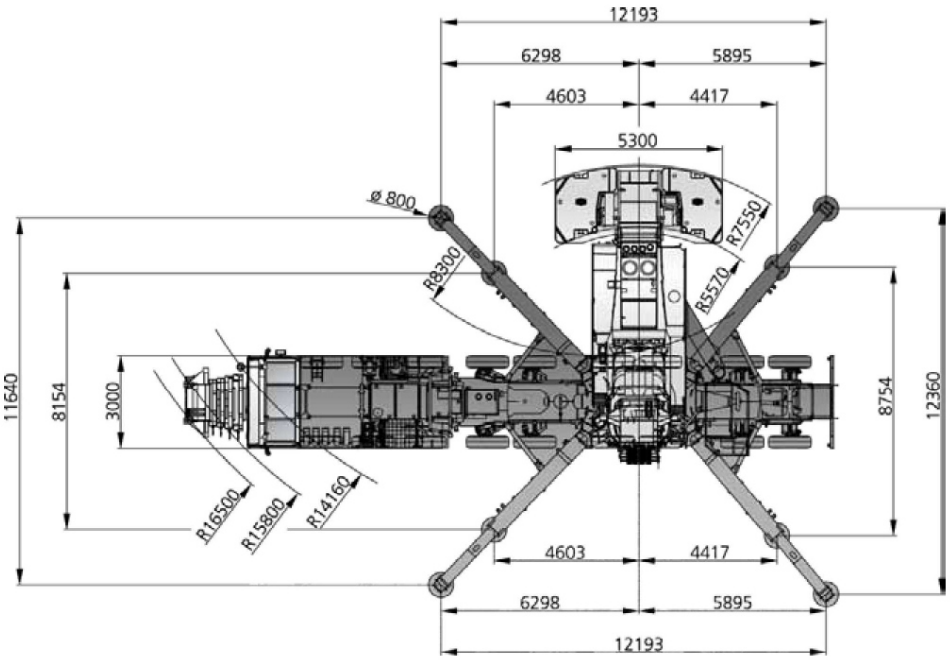
Anexo A: GRÚA DEMAG AC 700-9

DIMENSIONS

ABMESSUNGEN · ENCOMBREMENT · DIMENSIONI · DIMENSIONES · DIMENSÕES · РАЗМЕРЫ

AC 700-9





Loads with reduced outrigger base on request
Traglasten mit verkürzter Abstützbasis auf Anfrage
Capacities de levage base réduite sur demande
Portate con base stabilizzatori ridotta disponibili su richiesta
Capacidad de carga con bases de apoyo reducidas, disponibles bajo demanda
Cargas com base do estabilizador reduzida a pedido
Нагрузки при уменьшенной площади опор по заявке

DEMAG
A TEREX BRAND

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

SPECIFICATIONS

AC 700-9

TECHNISCHE DATEN · CARACTÉRISTIQUES · DATI TECNICI · DATOS TÉCNICOS · ESPECIFICAÇÕES · ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

	Total								Euromot 3a	Euromot Tier 4	
8,5 t	62,0 t	18x8x16	385/95R25	–	–	–	–	–	X	X	–
12,0 t	108,0 t	18x8x16	385/95R25	–	X	–	–	–	X	–	5,7 t
12,0 t	108,0 t	18x8x16	385/95R25	–	X	–	–	–	–	X	4,7 t
13,7 t	123,0 t	18x8x16	385/95R25	40-1-26	X	X	X	–	X	X	–
14,5 t	125,0 t	18x8x16	385/95R25	40-1-26	X	–	X	X	X	X	–
15,5 t	139,0 t	18x8x16	385/95R25	40-1-26	X	X	X	X	X	–	5,7 t
15,5 t	139,0 t	18x8x16	385/95R25	40-1-26	X	X	X	X	–	X	4,7 t

1 Road Travel · Straßenfahrt · Déplacement sur route · Trasporto su strada · Marcha por carretera · Percurso em rodovia · Движение по дорогам

2 Manually steered · Manuell gelenkt · Dirigé manuelle · Sterzatura manuale · Dirección manual · Manobra manual · В режиме ручного управления

3 Crab steer mode · Hundegang · Marche en crabe · Marcia a granchio · Marcha cangrejo · Modo de translação lateral · Режим поворота на всех колесах «крабовый ход»

	185 t	185 t	75 km/h[1]
	550 mm	550 mm	

[1] Depending on tire type, size and country specific legislation · Abhängig von Reifentyp, Reifengröße sowie länderspezifischer Gesetzgebung · En fonction du type et de la taille de pneus ainsi que de la législation locale · In base al tipo e alla dimensione dei pneumatici, nonché alle normative locali applicabili · Según tipo de neumático, tamaño y legislación del país · Dependendo do tipo e tamanho do pneu e da legislação específica do país · Зависит от типа шин, размера и требований законодательства страны

	385/95 R25 14.00 R25
%	35 %
%	40 %

1	136 m/min	135 kN	26 mm	550 m
2	150 m/min	135 kN	26 mm	770 m
∞	0,7 min⁻¹			
	ca. 480 s (15,5 – 60 m)			
	ca. 120 s (-5° – +83°)			

1	13,6	15-0-26	9	900	2,0 m
2	27,0	40-1-26	9	1200	2,7 m
3	40,3	40-1-26	9	1200	2,7 m
4	53,5	100-3-26	9	1800	3,0 m
5	66,5	100-3-26	9	1800	3,0 m
6	79,4	100-3-26	9	1800	3,0 m
7	92,2	100-3-26	9	1800	3,0 m
8	104,8	160-5-26	9	2200	3,0 m
9	117,3	160-5-26	9	2200	3,0 m
10	129,7	160-5-26	9	2200	3,0 m
11	142,0	160-5-26	9	2200	3,0 m
12	154,1	200-7-26	9	2600	3,0 m
13	166,1	200-7-26	9	2600	3,0 m
14	178,1	200-7-26	9	2600	3,0 m
15	189,8	200-7-26	9	2600	3,0 m
16	201,5	250-9-26	9	2800	4,5 m
17	213,1	250-9-26	9	2800	4,5 m
18	224,5	250-9-26	9	2800	4,5 m
19	235,8	250-9-26	9 + S1	2800	4,5 m
20	247,0	320-11-26	9 + S1	3500	4,5 m
21	258,1	320-11-26	9 + S1	3500	4,5 m
22	269,1	320-11-26	9 + S1	3500	4,5 m
23	280,0	320-11-26	9 + S1	3500	4,5 m
24	290,7	320-13-26	9 + S1	4000	4,5 m
25	301,4	320-13-26	9 + S1	4000	4,5 m
26	312,0	320-13-26	9 + S1	4000	4,5 m

DEMAG
A TEREX BRAND

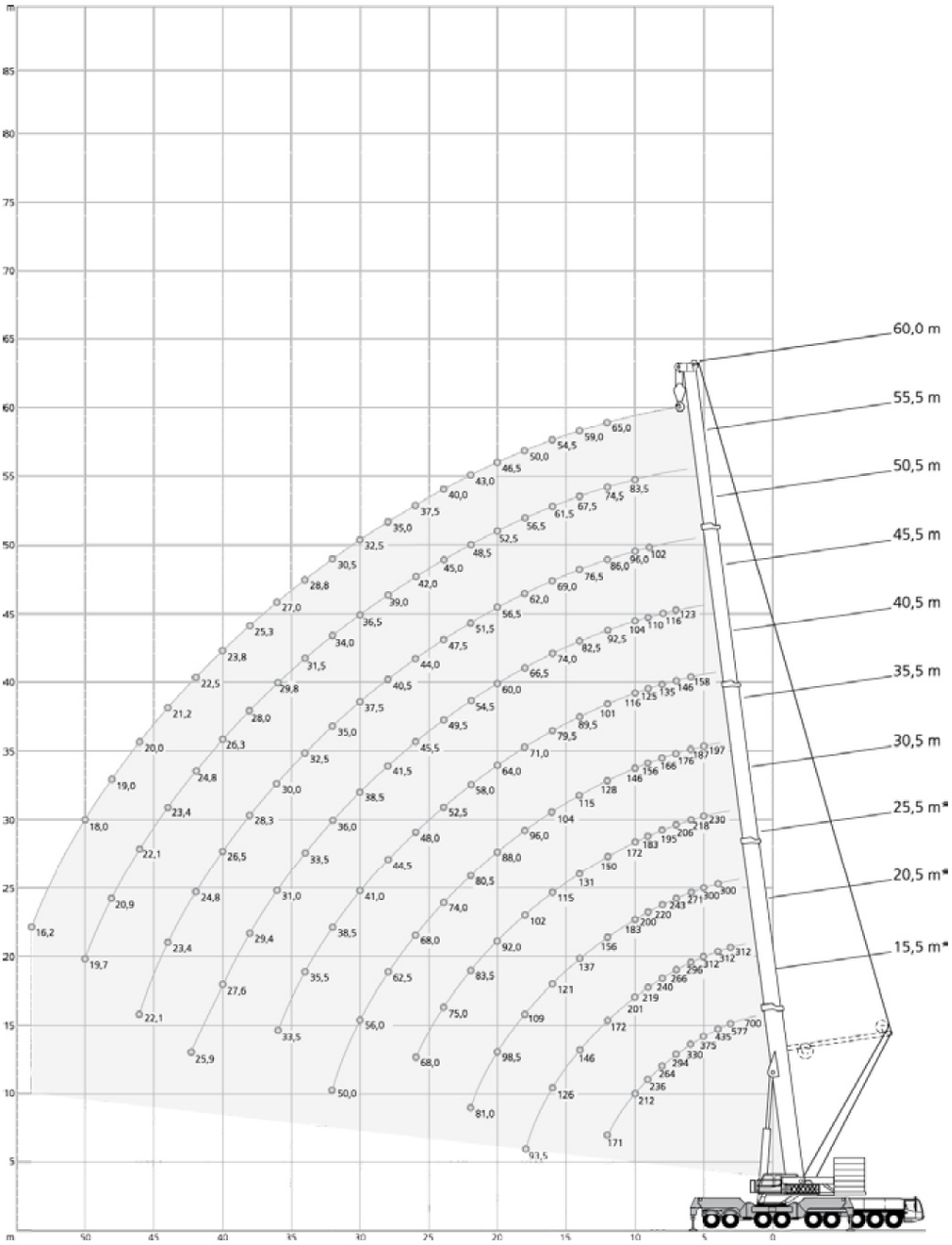
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

HA

AC 700-9



* See page 15 · siehe Seite 15 · voir page 15 · vedi pagina 15 · ver página 15 · ver página · см. на стр. 15

DEMAG
A TEREX BRAND

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

140 t							360°							ISO
							(m)							
	15,5*	15,5	20,5*	20,5	25,5*	25,5	30,5	35,5	40,5	45,5	50,5	55,5	60,0	
m	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	m
	700,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	577,0[1]	312,0	312,0	312,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
3,5	473,0[2]	312,0	312,0	312,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,5
4	435,0[2]	311,0	312,0	310,0	300,0	300,0	-	-	-	-	-	-	-	4
4,5	403,0[2]	293,0	312,0	291,0	300,0	292,0	-	-	-	-	-	-	-	4,5
5	375,0[2]	276,0	312,0	275,0	300,0	275,0	230,0	197,0	-	-	-	-	-	5
6	330,0[2]	248,0	296,0	246,0	271,0	247,0	218,0	187,0	158,0	-	-	-	-	6
7	294,0[2]	224,0	266,0	223,0	243,0	223,0	206,0	176,0	146,0	123,0	-	-	-	7
8	264,0	205,0	240,0	203,0	220,0	204,0	195,0	166,0	135,0	116,0	-	-	-	8
9	236,0	188,0	219,0	186,0	200,0	187,0	183,0	156,0	125,0	110,0	102,0	-	-	9
10	212,0	174,0	201,0	172,0	183,0	173,0	172,0	146,0	116,0	104,0	96,0	83,5	-	10
12	171,0	150,0	172,0	149,0	156,0	149,0	150,0	128,0	101,0	92,5	86,0	74,5	65,0	12
14	-	-	146,0	130,0	137,0	131,0	131,0	115,0	89,5	82,5	76,5	67,5	59,0	14
16	-	-	126,0	116,0	121,0	116,0	115,0	104,0	79,5	74,0	69,0	61,5	54,5	16
18	-	-	93,5	93,5	109,0	104,0	102,0	96,0	71,0	66,5	62,0	56,5	50,0	18
20	-	-	-	-	98,5	92,0	92,0	88,0	64,0	60,0	56,5	52,5	46,5	20
22	-	-	-	-	81,0	81,0	83,5	80,5	58,0	54,5	51,5	48,5	43,0	22
24	-	-	-	-	-	-	75,0	74,0	52,5	49,5	47,5	45,0	40,0	24
26	-	-	-	-	-	-	68,0	68,0	48,0	45,5	44,0	42,0	37,5	26
28	-	-	-	-	-	-	-	62,5	44,5	41,5	40,5	39,0	35,0	28
30	-	-	-	-	-	-	-	56,0	41,0	38,5	37,5	36,5	32,5	30
32	-	-	-	-	-	-	-	50,0	38,5	36,0	35,0	34,0	30,5	32
34	-	-	-	-	-	-	-	-	35,5	33,5	32,5	31,5	28,8	34
36	-	-	-	-	-	-	-	-	33,5	31,0	30,0	29,8	27,0	36
38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,4	28,3	28,0	25,3	38
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,6	26,5	26,3	23,8	40
42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,9	24,8	24,8	22,5	42
44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,4	23,4	21,2	44
46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,1	22,1	20,0	46
48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,9	19,0	48
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,7	18,0	50
54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,2	54

* central jack leg + 160 t counterweight
* Zentralabstützung + 160 t Gegengewicht
* calage central + contrepoids 160 t
* cilindro centrale + contrappeso di 160 t
* pata central + 160 t contrapeso
* estabilizador central + 160 t de contrapeso
* центральная винтовая опора + 160 т противовесов

1) over rear, special attachment required, on request
1) nach hinten, Sonderausrüstung erforderlich, auf Anfrage
1) sur l'arrière, nécessite équipement spécial, sur demande
1) sul retro, equipaggiamento speciale necessario, su richiesta
1) hacia atrás, requiere una pieza adicional que se proporciona, bajo demanda
1) para trás, equipamento especial, a pedido
1) сзади, требуется специальное оборудование (поставляется на заказ)

2) over rear, heavy-lift attachment required
2) nach hinten, Schwerlasteinrichtung erforderlich
2) sur l'arrière, nécessite équipement levages-lourds
2) sul retro, equipaggiamento pesante necessario
2) hacia atrás, requiere una pieza adicional para cargas pesadas que se proporciona
2) para trás, equipamento pesado
2) сзади, требуется специальное оборудование для подъема тяжеловесов

DEMAG A TEREX BRAND

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo B: ESTROBOS PRODINSA

ESTROBOS SUPERLOOP®

Con cables de alma de acero y casquillos CROSBY S-505

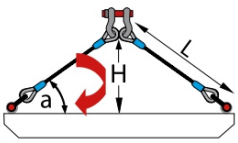
ASME B30.9-2

Diámetro de cable		Carga Límite de Trabajo (WLL)						
				Dos Ramales				
Pulgadas	Milímetros	Axial	Lazo	Doble o en U	60°	45°	30°	60° Doble lazo
1/4	6,5	0,60	0,44	1,19	1,03	0,84	0,60	0,76
5/16	8,0	0,90	0,67	1,81	1,56	1,27	0,90	1,16
3/8	9,5	1,32	0,98	2,64	2,28	1,86	1,32	1,70
7/16	11,0	1,78	1,32	3,56	3,08	2,51	1,78	2,28
1/2	13,0	2,50	1,85	5,00	4,33	3,53	2,50	3,20
9/16	14,5	3,08	2,28	6,16	5,33	4,34	3,08	3,94
5/8	16,0	3,80	2,81	7,60	6,57	5,36	3,80	4,86
3/4	19,0	5,46	4,04	10,92	9,45	7,70	5,46	6,99
7/8	22,0	7,44	5,51	14,88	12,87	10,49	7,44	9,52
1	26,0	9,72	7,19	19,44	16,82	13,71	9,72	12,44
1 1/8	29,0	12,32	9,12	24,64	21,31	17,37	12,32	15,77
1 1/4	32,0	15,18	11,23	30,36	26,26	21,40	15,18	19,43
1 3/8	35,0	18,58	13,75	37,16	32,14	26,20	18,58	23,79
1 1/2	38,0	21,90	16,21	43,80	37,89	30,88	21,90	28,04
1 3/4	45,0	29,82	22,07	59,64	51,59	42,05	29,82	38,10
2	52,0	37,10	27,45	74,20	64,18	52,31	37,10	47,5
2 1/4	57,0	46,94	34,74	93,88	81,21	66,19	46,94	60,09
2 1/2	64,0	56,86	42,08	113,72	98,37	80,17	56,86	72,79
2 3/4	70,0	65,94	48,80	131,88	114,08	92,98	65,94	84,42
3	77,0	78,36	57,99	156,72	135,56	110,49	78,36	100,32

Factor de diseño 5:1

Carga en toneladas métricas (TM)

Ángulo de carga



Ángulo (a) horizontal del estrobo	Factor multiplicador = L/H	Eficiencia respecto a carga Axial
90	1.000	200%
60	1.155	170%
45	1.414	140%
30	2.000	100%

PRODINSA a BRIDON BEKAERT Ropes Group Brand

ELEMENTOS DE IZAJE • Catálogo 2020

Tel: +56 2 2565 8110 • ventas@bridon-bekaert.com • **www.Bridon-Bekaert.com**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

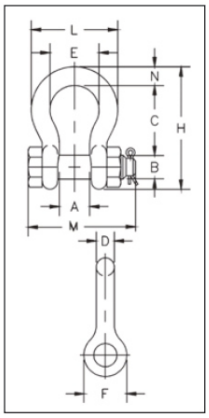
Anexo C: GRILLETE G-2130/S-2130 CROSBY

Grilletes Tipo Ancla con Perno, Tuerca y Chaveta Crosby®

G-2130 / S-2130

G-2130 Los grilletes tipo ancla con perno. Perno con cabeza hexagonal ligera - tuerca con pasador cumplen con la Especificación Federal RR C-271F Tipo IVA, Grado A, Clase 3, excepto por las provisiones exigidas del contratista. Para mayores informaciones ver página 452

- Capacidad de 1/3 a 150 toneladas métricas, Grado 6.
- Carga límite de trabajo y grado "6" indicada en cada grillete.
- Forjados, templados y revenidos con perno de aleación.
- Galvanizado por inmersión en caliente o de color natural. (Los cuerpos de los grilletes de 85, 120 y 150 toneladas métricas están galvanizados por inmersión en caliente, y los pernos tienen un acabado Dimecoted® y están pintados de rojo).
- Tamaños menores a 3/8" son galvanizados mecánicamente.
- Con factor de diseño para fatiga (1/3t - 55t).
- Grilletes de 25t y mayores son **EQUIPADOS CON RFID.**
- Aprobado para usarse a -40 grados C (-40 grados F) hasta 204 grados C (400 grados F)
- Cumple o excede todos los requerimientos de ASME B30.26.
- Los grilletes para 85 toneladas métricas y más son sometidos individualmente a prueba de carga de 2,0 veces la carga límite de trabajo.
- Certificación Aprobación Tipo de acuerdo a ABS 2016 Reglas de embarcaciones de Acero y ABS Guía de certificación están disponibles.
- La Certificación 3.1 está disponible de línea para pruebas Char y y pruebas de carga estadísticas para página 88 únicamente hasta 25t a normas DNV2.7-1 y EN13889.
- Los grilletes tipo ancla Crosby G2130OC de 3.25t hasta 25t son homologados según las Notas de certificación DNV 2.7-1- para contenedores marinos Estos grilletes Crosby son sometidos a pruebas estadísticas y de impacto a 42 Joules (31 pies-lbs) promedio mínimo a -20 grados C (-4 grados F). Estas pruebas son realizadas por Crosby, y puede solicitarse una certificación de prueba 3.1. Consulte la página 88 para ver los grilletes Crosby COLD TUFF® que cumplen con los requerimientos adicionales de las reglas DNV para la certificación de aplicaci nes de izaje - Equipos sueltos.
- Todos los otros grilletes 2130 pueden cumplir con los requisitos de las pruebas de impacto Charpy de 42 Joules (31 pies-lbs) en promedio a -20 grados C (-4 grados F), si se lo solicita. Si se lo solicita al realizar el pedido.
- Busque el perno Rojo Red Pin® . . . la marca de calidad Crosby®.



Grilletes

Lead Rated® Fatigue Rated® QUIC-CHECK® MAXTOUGH® CE

INSTRUCCIONES DE Aplicación
CONSULTE LA PÁGINA 92
Para Español: www.thecrosbygroup.com

G-2130 / S-2130 Grilletes Tipo Ancla con Perno, Tuerca y Chaveta Crosby®

Tamaño Nominal (plg.)	Carga Limite de Trabajo (t)*	No de Parte			Peso de c/u (lb)	Dimensiones (plg.)										Tolerancia + / -	
		G-2130	S-2130	G-2130OC		A	B	C	D	E	F	H	L	M	N	C	A
3/16	1/3 ‡	1019464	–	–	.06	.38	.25	.88	.19	.60	.56	1.47	.98	1.29	.19	.06	.06
1/4	1/2	1019466	–	–	.11	.47	.31	1.13	.25	.78	.61	1.84	1.28	1.56	.25	.06	.06
5/16	3/4	1019468	–	–	.22	.53	.38	1.22	.31	.84	.75	2.09	1.47	1.82	.31	.06	.06
3/8	1	1019470	–	–	.33	.66	.44	1.44	.38	1.03	.91	2.49	1.78	2.17	.38	.13	.06
7/16	1-1/2	1019471	–	–	.49	.75	.50	1.69	.44	1.16	1.06	2.91	2.03	2.51	.44	.13	.06
1/2	2	1019472	1019481	–	.79	.81	.64	1.88	.50	1.31	1.19	3.28	2.31	2.80	.50	.13	.06
5/8	3-1/4	1019490	1019506	1262013	1.68	1.06	.77	2.38	.63	1.69	1.50	4.19	2.94	3.56	.69	.13	.06
3/4	4-3/4	1019515	1019524	1262022	2.72	1.25	.89	2.81	.75	2.00	1.81	4.97	3.50	4.15	.81	.25	.06
7/8	6-1/2	1019533	1019542	1262031	3.95	1.44	1.02	3.31	.88	2.28	2.09	5.83	4.03	4.82	.97	.25	.06
1	8-1/2	1019551	1019560	1262040	5.66	1.69	1.15	3.75	1.00	2.69	2.38	6.56	4.69	5.39	1.06	.25	.06
1-1/8	9-1/2	1019579	1019588	1262059	8.27	1.81	1.25	4.25	1.13	2.91	2.69	7.47	5.16	5.90	1.25	.25	.06
1-1/4	12	1019597	1019604	1262068	11.71	2.03	1.40	4.69	1.29	3.25	3.00	8.25	5.75	6.69	1.38	.25	.06
1-3/8	13-1/2	1019613	1019622	1262077	15.83	2.25	1.53	5.25	1.42	3.63	3.31	9.16	6.38	7.21	1.50	.25	.13
1-1/2	17	1019631	1019640	1262086	19.00	2.38	1.66	5.75	1.53	3.88	3.63	10.00	6.88	7.73	1.62	.25	.13
1-3/4	25	1019659	1019668	1262095	33.91	2.88	2.04	7.00	1.84	5.00	4.19	12.34	8.80	9.68	2.25	.25	.13
2	35	1019677	1019686	–	52.25	3.25	2.30	7.75	2.08	5.75	4.81	13.68	10.15	10.81	2.40	.25	.13
2-1/2	55	1019695	1019702	–	98.25	4.13	2.80	10.50	2.71	7.25	5.69	17.90	12.75	13.58	3.13	.25	.25
3	† 85	1019711	–	–	154.00	5.00	3.30	13.00	3.12	7.88	6.50	21.50	14.62	15.13	3.62	.25	.25
3-1/2	† 120 ‡	1019739	–	–	265.00	5.25	3.76	14.63	3.62	9.00	8.00	24.88	17.02	17.00	4.38	.25	.25
4	† 150 ‡	1019757	–	–	338.00	5.50	4.26	14.50	4.00	10.00	9.00	25.68	18.00	17.75	4.56	.25	.25

* NOTA: La máxima Carga de Prueba es de 2.0 veces la Carga Límite de Trabajo. La carga de ruptura es 6 veces la Carga Límite de Trabajo. En referencia a la reducción de la Carga Límite de Trabajo debido a aplicaciones laterales de cargas, ver página 94. † Con certificac Ón de prueba de cargaindividual. ‡ Proveídos en tipo ancla únicamente y con cáncamos para maniobrar-los.

Copyright © 2019 The Crosby Group LLC Todos los Derechos Reservados

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo D: TECLE MANUAL DE CADENA VITALI-INTL

Tecle Manual Polipasto de Cadena

YAL SERIES

Diseñado para los entornos más duros de trabajo y operaciones más exigentes. Construcción de acero y estructura compacta para aprovechar la altura al máximo. Indicadores de deformación en los ganchos colocados estratégicamente permiten determinar si hubo abuso o sobrecarga.

*Los **TECLES MANUALES de cadena VITALI-INTL** cumplen o exceden la norma ANSI/ASME B30.16 y HST-2.*

VITALI-INTL®

Presentaciones desde 0.25t hasta 50t / Izaje estándar 3mts

Equipo de 0.25t (250kg) pequeño (MINI), de peso ligero y rápido al momento de operar.

El tecle de 3t opera con un ramal, y para 10t tres ramales (más rápido y eficiente).

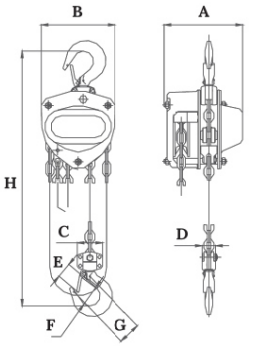
Cadena electro-galvanizada diseñada para una resistencia excepcional a la corrosión.

Cadena de acero G80 desde 0.5t hasta 5t / G100 para 0.25t y 10t hasta 50t.

Pestillos de acero fundido de alta resistencia diseñados para menores cambios de repuestos.

Sistema de freno de doble trinquete reforzado altamente confiable.

Incluye un certificado individual de prueba con el 150% de su capacidad nominal hasta 10t, para 20t-30t-50t se aplica el 125%.



Capacidad	Modelo	Ramales	Cadena de Carga	Grado de Cadena	Máx Esfuerzo del Operario	Carga de Prueba	Cadena de Mando	Peso Neto	Peso por Metro Adic. de Izaje	Dimensiones mm							
ton	N°	#	mm	N°	N	ton	mm	kg	kg	A	B	C	D	E	F	G	H
0.25	YAL0025	1	4x12	G100	220	0.375	3x15x10	3.9	0.76	96	109	29.5	21	27	32	35.5	250
0.5	YAL0050	1	5x15	G80	219	0.75	5x25x17	7.8	1.38	125	130	43	25	27	32	35	280
1	YAL0100	1	6x18	G80	254	1.5	5x25x17	11.1	1.62	134	155	51	30	33	40	45	306
1.5	YAL0150	1	8x24	G80	351	2.25	5x25x17	15.8	2.23	151	173	64	34	33.5	42	47	368
2	YAL0200	1	8x24	G80	405	3	5x25x17	16.8	2.23	157	185	64	34	37	46	52	445
3.2	YAL0320	1	10x30	G80	450	4.8	5x25x17	25	3	180	262	68.5	38	43.5	52	62.5	500
5	YAL0500	2	10x30	G80	385	7.5	5x25x17	39.8	5.18	180	262	126	74	51	60	79	600
10	YAL1000A	3	10x28	G100	398	15	5x25X18	85.2	7.6	190.5	356	120	70	64	85	-	760
20	YAL2000	8	9x27	G100	353x2	25	5x25X18	205	15.8	230	655	286	123	82	110	-	1150
30	YAL3000	12	10x28	G100	345x2	37.5	5x25X18	284	29.3	360	680	306	180	82	110	-	1250
50	YAL5000	20	10x28	G100	345x2	62.5	5x25X18	702	46	585	832	482	235	133	170	-	1700

Certificado CE, los polipastos cumplen o exceden estándares internacionales, incluyendo ANSI/ASME B30.16 y HST-2

VITALI-INTL®

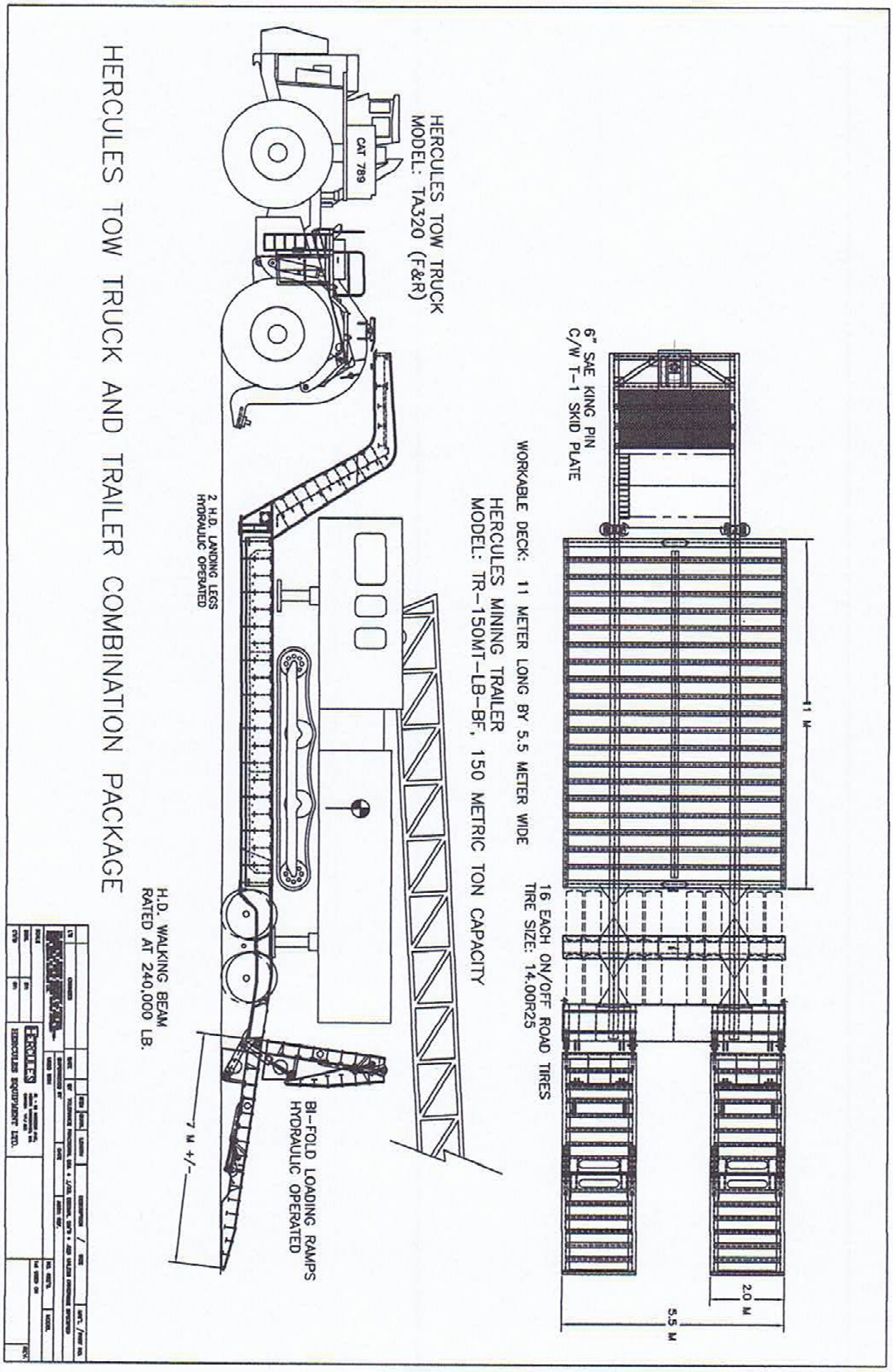
Las especificaciones técnicas pueden variar sin previo aviso y ser actualizadas en versiones futuras.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo E: PLATAFORMA HERCULES (LOW BOY)MODELO TR-150MT-LB-BF



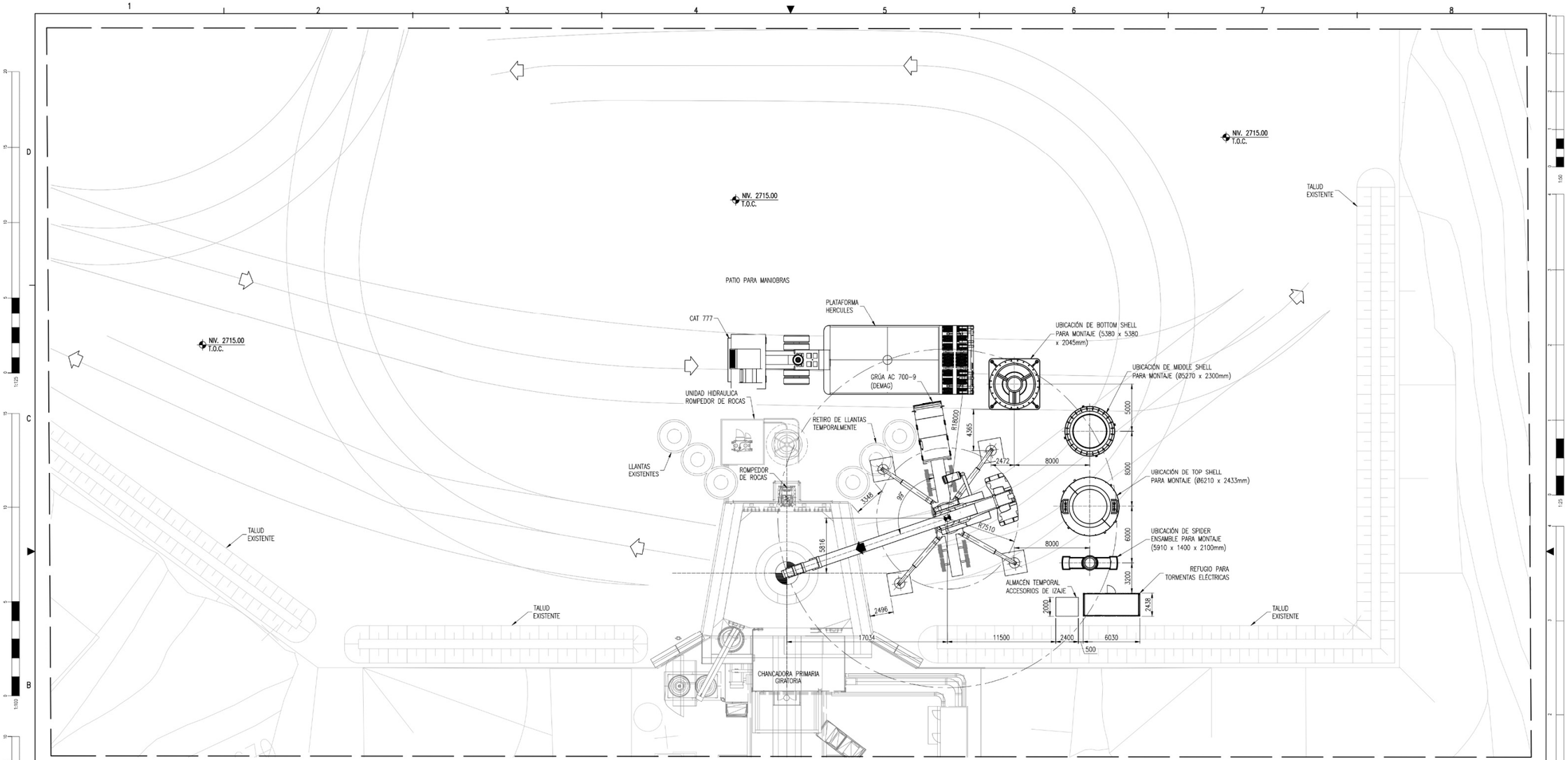
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PLANOS

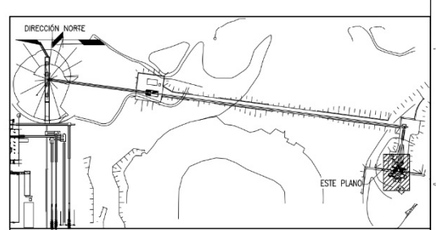
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



PLANTA – UBICACIÓN DE EQUIPOS

VISTA DE PLANTA

ESCALA: 1:200



PLANO LLAVE

1.10000

LEYENDA

- DIRECCIÓN PARA RETIRO DE CUARTOS DE ESTATOR.
- DIRECCIÓN DE ACCESO DE VEHÍCULOS.

NOTA:

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS Y LAS ELEVACIONES EN METROS S.I.C.
2. PARA INICIO DE LOS TRABAJOS, SE DE DE RETIRAR LAS LLANTAS QUE INTERFIEREN EN LA UBICACIÓN DE LA GRÚA
3. LA POSICIÓN DE LOS EQUIPOS SERÁN VARIABLES; DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS EN CAMPO
4. VER PLANO DE MANIOBRAS RIGGING PLAN SPIDER ENSAMBLE: PL-MON-SPI-002-A
5. VER PLANO DE MANIOBRAS RIGGING PLAN TOP SHELL: PL-MON-TOP-003-A
6. VER PLANO DE MANIOBRAS RIGGING PLAN MIDDLE SHELL: PL-MON-MID-004-A
7. VER PLANO DE MANIOBRAS RIGGING PLAN BOTTOM SHELL: PL-MON-BOT-005-A

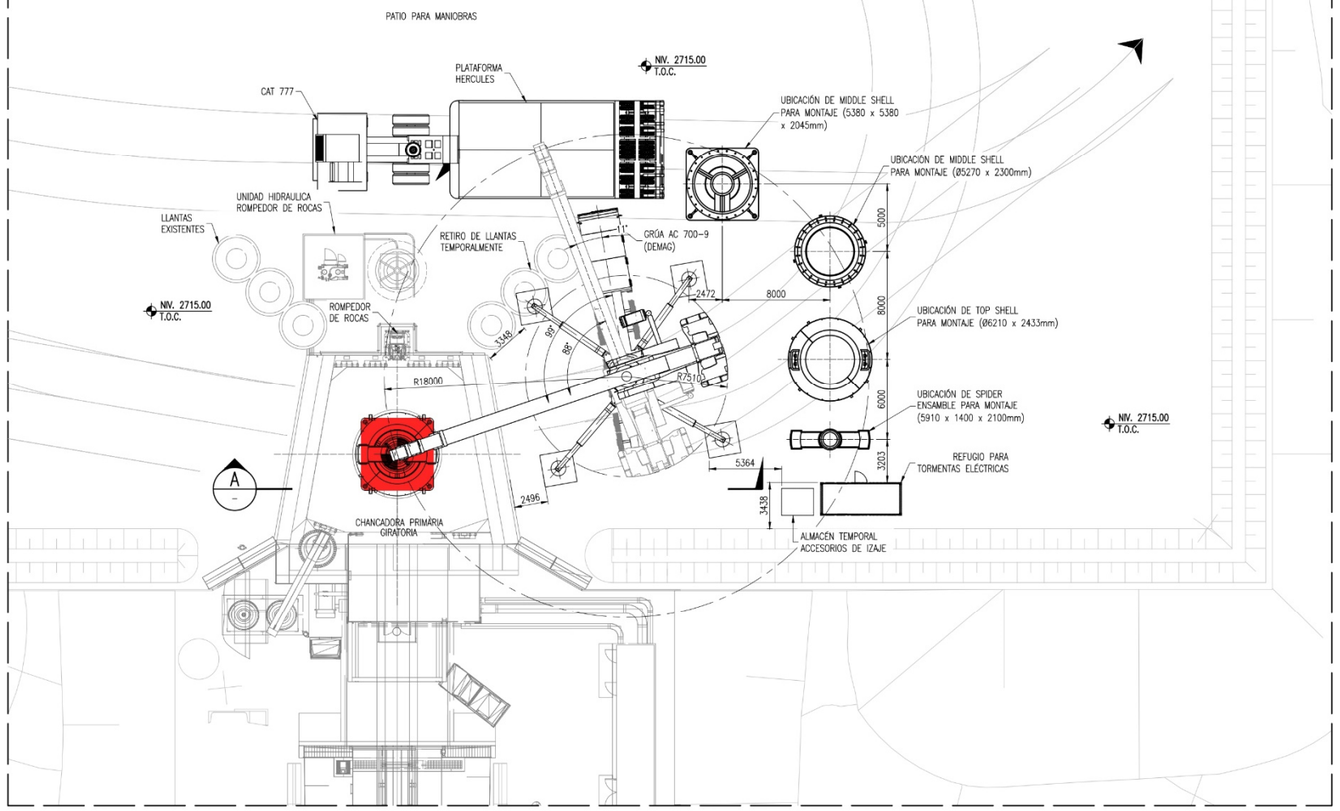
DISEÑADO POR: MAQUERA CORNEJO, LUIS JESUS	FECHA:
DIBUJADO POR: MAQUERA CORNEJO, LUIS JESUS	FECHA:
REVISADO POR: CARPIO RIVERA, MARCO	FECHA:
APROBADO POR: CARPIO RIVERA, MARCO	FECHA:

ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES EDUCATIVOS Y DEBERÁ UTILIZARSE PARA LOS FINES CONTEMPLADOS EN ESTE TRABAJO.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

PLANO: MECÁNICO – MANIOBRAS
UBICACIÓN DE EQUIPOS Y ESTRUCTURAS / DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS
ARREGLO GENERAL – VISTAS

ESCALA	NÚMERO DE PLANO	REV.
INDICADA	PL-MON-DIS-001-A	A



RIGGING PLAN – SPIDER ENSAMBLE

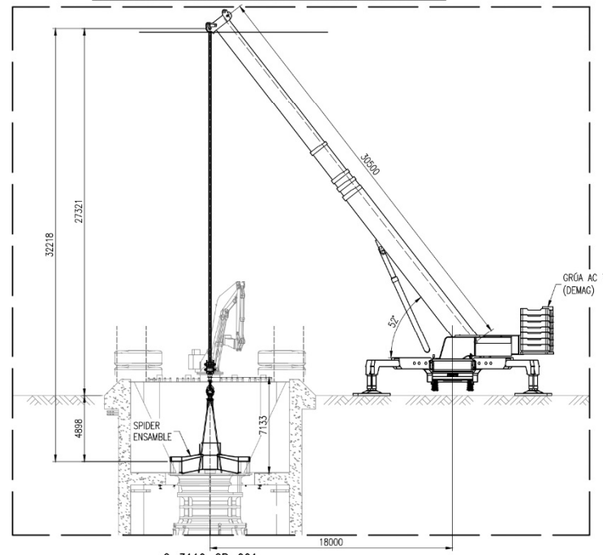
VISTA DE PLANTA

ESCALA: 1:200

Rango de giro 0-360°
Longitud de apoyo 12.19 m
Ancho 12 m
Contrapeso 160 t

Longitud de la pluma (m) / radio(m)	15.5	20.5	25.5	30.5	35.5	40.5	45.5	50.5
3	312	312#						
3.5	312	312#						
4	312	312#	300#					
4.5	297	296#	297#					
5	280	279#	280#	230#	197#			
6	251	250#	251#	218#	187#	158#		
7	227	226	227#	206#	176#	146#	123#	
8	207	206	207#	195#	166#	135#	116#	
9	190	189	189	183#	156#	125#	110#	102#
10	175	174	175	172#	146#	116	104	96#
12	152	150	151	150	128	101	92.5	86
14		132	132	131	115	89.5	82.5	76.5
16		117	117	115	104	79.5	74	69
18		93.5	105	102	96	71	66.5	62
20			95	92	88	64	60	56.5
22			81	84	80.5	58	54.5	51.5
24				77.5	74	52.5	49.5	47.5
26				70	68	48	45.5	44
28					63	44.5	41.5	40.5
30					58.5	41	38.5	37.5
32					50	38.5	36	35
34						35.5	33.5	32.5
36						33.5	31	30
38							29.4	28.3
40							27.6	26.5
42							25.9	24.8
44								23.4
46								22.1

CUADRO DE CAPACIDAD DE GRÚA AC 700-9



C-3110-CR-001
CHANCADORA PRIMARIA GIRATORIA

PLAN DE IZAJE
CHANCADORA PRIMARIA – SPIDER ENSAMBLE

DIMENSIONES DE EQUIPO:

1.	LARGO	:	Ø 5910 MM.
2.	ANCHO	:	–– MM.
3.	ALTO	:	2270 MM.
4.	PESO	:	33343 KG.
5.	CANTIDAD	:	1 UND.

APAREJOS:

1. GRILLETES DE 1 3/4" G-2130 S-2130
   * CANTIDAD : 2 UND.
   * CAP. X UND. : 25.0 TON.
   * CAP. TOTAL : 50.0 TON.
2. ESTROBOS 1"
   * CANTIDAD : 2 UND.
   * CAP. X UND. : 19.44 TON.
   * CAP. TOTAL : 38.88 TON.
3. ESLABÓN MAESTRO 1 3/4" A-342
   * CANTIDAD : 1 UND.
   * CAP. X UND. : 38.50 TON.
   * CAP. TOTAL : 38.50 TON.

ANALISIS DE CARGA:

1.	PESO DE GANCHO (201.5 TN)	:	2800 KG.
2.	PESO DE GRILLETES	:	17.1 KG.
3.	PESO DE ESTROBO	:	100.8 KG.
4.	PESO DE ESLABÓN	:	11.4 KG.
5.	PESO DE CARGA	:	33343 KG.
6.	OTROS PESOS	:	100 KG.
	TOTAL	:	36285 KG.

CARACTERISTICAS GRÚA MOVIL AC 700-9

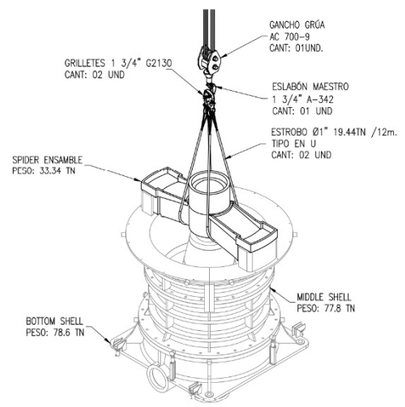
1.	CAPACIDAD MÁXIMA	:	700 TON.
2.	LONGITUD MÁXIMA DE BRAZO	:	60 M.
3.	RADIO MÍNIMO	:	3 M.
4.	CONTRAPESO	:	160 TON.
5.	ANCHO DE APOYO	:	12 M
6.	RANGO DE GIRO	:	360 °
7.	CAP. GANCHO DE GRÚA	:	202 TN
8.	HOOK BLOCK DISTANCIA MIN.	:	5 M

ANALISIS DE CAPACIDAD GRÚA AC 700-9

* CAPACIDAD BRUTA : 102.000 TON.
* CARGA BRUTA : 36.285 TON.
* % CAPACIDAD : 35.6 %

CAPACIDADES / CONTRAPESO 160 TON				
N°	RADIO	ALTURA	LONGITUD DE PLUMA	CAP.
POSICIÓN 1	18.0 M	32.2 M	30.5 M	102 TON

CUADRO DE ACCESORIOS MONTAJE SPIDER ENSAMBLE				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	PESO UNITARIO	PESO TOTAL
1	ESLABÓN MAESTRO 1 3/4" A-342	1	11.4	11.4
2	GRILLETE Ø1 3/4" G-2130	2	15.38	30.7
3	ESTROBO Ø1"19.44 TN / 12M TIPO U	2	50.4	100.8
			TOTAL	142.9 KG.



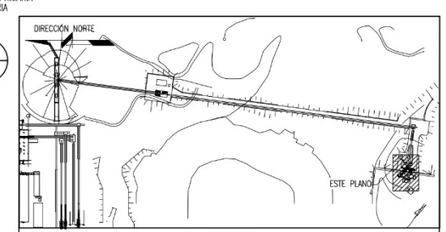
ISOMETRICO

CONFIGURACIÓN SPIDER ENSAMBLE

ESC. : 1:75

SECCIÓN A

ESCALA: 1:250



PLANO LLAVE

1:10000

NOTAS:

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.
2. EL FACTOR DE CARGA DE LA GRÚA DEBERÁ SER MENOR AL 75%, EN CASO SUPERE LA CARGA DEBERÁ SER VALIDADO POR LA COMPAÑÍA MINERA.

DISEÑADO POR: MAQUERA CORNEJO, LUIS JESUS	FECHA:
DIBUJADO POR: MAQUERA CORNEJO, LUIS JESUS	FECHA:
REVISADO POR: CARPIO RIVERA, MARCO	FECHA:
APROBADO POR: CARPIO RIVERA, MARCO	FECHA:

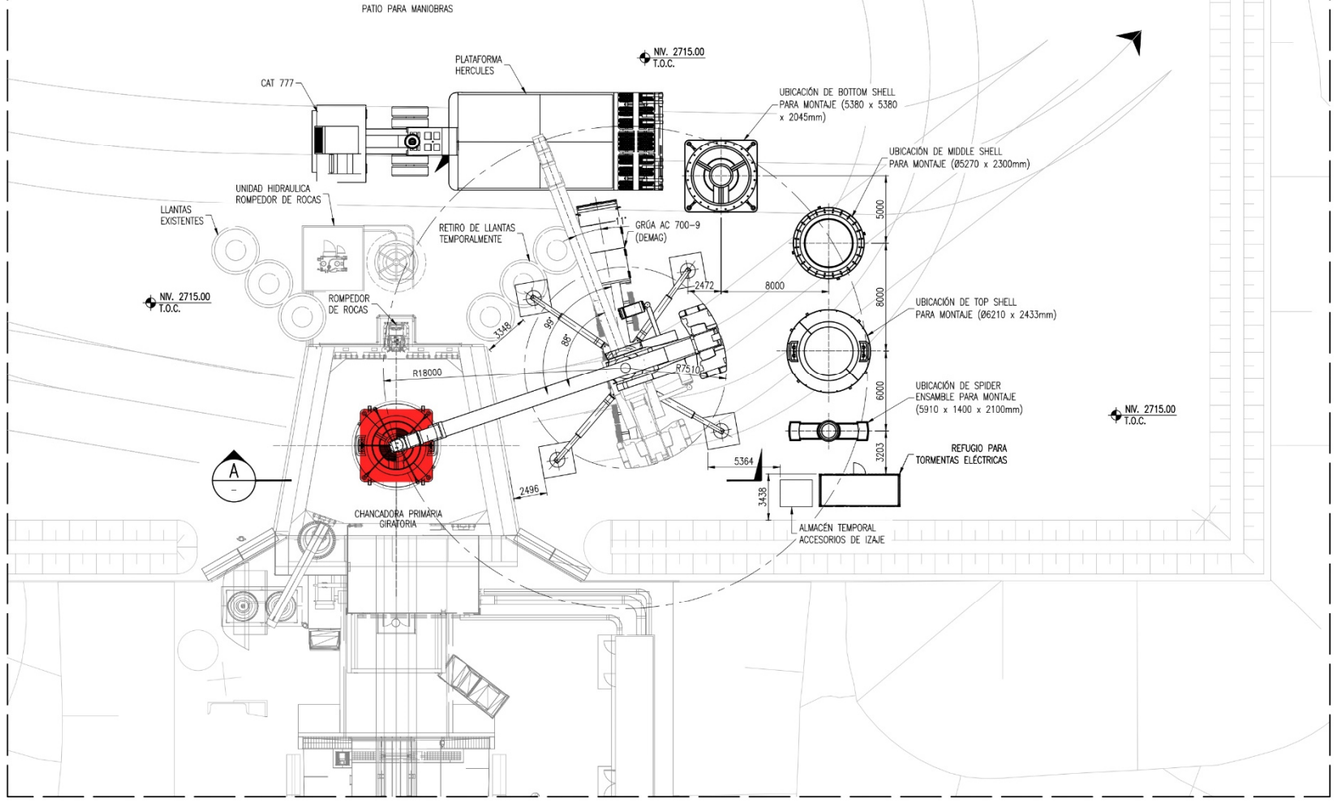
ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES EDUCATIVOS Y DEBERÁ UTILIZARSE PARA LOS FINES CONTEMPLADOS EN ESTE TRABAJO.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

PLANO: MECÁNICO – MANIOBRAS
RIGGING PLAN – SPIDER ENSAMBLE 33,34 TN
ARREGLO GENERAL – VISTAS

ESCALA	NÚMERO DE PLANO	REV.
INDICADA	PL-MON-SPI-002-A	A

ESCALA MÉTRICA



RIGGING PLAN – TOP SHELL

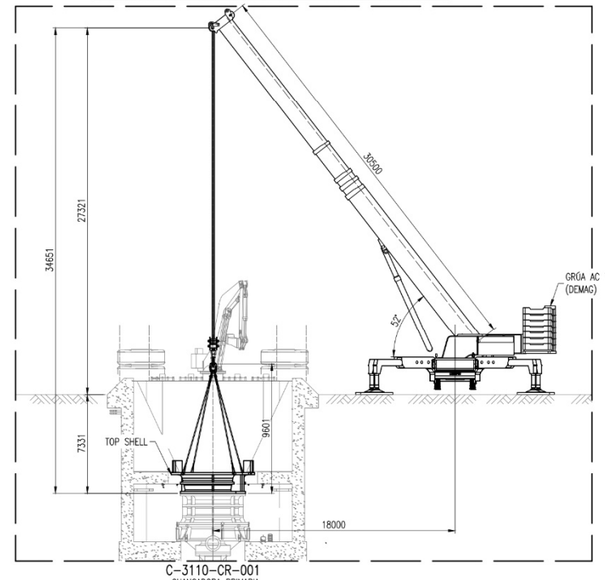
VISTA DE PLANTA

ESCALA: 1:200

Rango de giro 0-360°
Longitud de apoyo 12.19 m
Ancho 12 m
Contrapeso 160 t

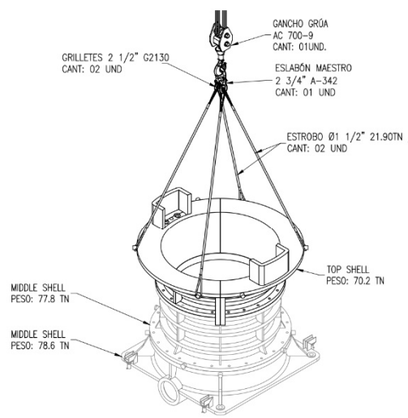
Longitud de la pluma (m) / radio(m)	15.5	20.5	25.5	30.5	35.5	40.5	45.5	50.5
3	312	312#						
3.5	312	312#						
4	312	312#	300#					
4.5	297	296#	297#					
5	280	279#	280#	230#	197#			
6	251	250#	251#	218#	187#	158#		
7	227	226	227#	206#	176#	146#	123#	
8	207	206	207#	195#	166#	135#	116#	
9	190	189	189	183#	156#	125#	110#	102#
10	175	174	175	172#	146#	116	104	96#
12	152	150	151	150	128	101	92.5	86
14		132	132	131	115	89.5	82.5	76.5
16		117	117	115	104	79.5	74	69
18		~~93.5~~	~~105~~	102	96	71	66.5	62
20			95	92	88	64	60	56.5
22			81	84	80.5	58	54.5	51.5
24				77.5	74	52.5	49.5	47.5
26				70	68	48	45.5	44
28					63	44.5	41.5	40.5
30					58.5	41	38.5	37.5
32					50	38.5	36	35
34						35.5	33.5	32.5
36						33.5	31	30
38							29.4	28.3
40							27.6	26.5
42							25.9	24.8
44								23.4
46								22.1

CUADRO DE CAPACIDAD DE GRÚA AC 700-9



C-3110-CR-001
CHANCADORA PRIMARIA GIRATORIA

PLAN DE IZAJE
CHANCADORA PRIMARIA – TOP SHELL



ISOMETRICO

CONFIGURACIÓN TOP SHELL

ESC. : 1:75

DIMENSIONES DE EQUIPO:

1.	LARGO	:	Ø 6210 MM.
2.	ANCHO	:	–– MM.
3.	ALTO	:	2433 MM.
4.	PESO	:	70012 KG.
5.	CANTIDAD	:	1 UND.

APAREJOS:

1. GRILLETES DE 2 1/2" G-2130 S-2130
   - * CANTIDAD : 2 UND.
   - * CAP. X UND. : 55.0 TON.
   - * CAP. TOTAL : 110.0 TON.
2. ESTROBOS 1 1/2"
   - * CANTIDAD : 4 UND.
   - * CAP. X UND. : 21.90 TON.
   - * CAP. TOTAL : 87.60 TON.
3. ESLABÓN MAESTRO 2 3/4" A-342
   - * CANTIDAD : 1 UND.
   - * CAP. X UND. : 98.38 TON.
   - * CAP. TOTAL : 98.38 TON.

ANALISIS DE CARGA:

1.	PESO DE GANCHO (201.5 TN)	:	2800 KG.
2.	PESO DE GRILLETES	:	89.2 KG.
3.	PESO DE ESTROBOS	:	286.4 KG.
4.	PESO DE ESLABÓN	:	46.4 KG.
6.	PESO DE CARGA	:	70012 KG.
8.	OTROS PESOS	:	100 KG.
		TOTAL :	73334 KG.

CARACTERISTICAS GRÚA MOVIL AC 700-9

1.	CAPACIDAD MÁXIMA	:	700 TON.
2.	LONGITUD MÁXIMA DE BRAZO	:	60 M.
3.	RADIO MÍNIMO	:	3 M.
4.	CONTRAPESO	:	160 TON.
5.	ANCHO DE APOYO	:	12 M
6.	RANGO DE GIRO	:	360 °
7.	CAP. GANCHO DE GRÚA	:	202 TN
8.	HOOK BLOCK DISTANCIA MIN.	:	5 M

ANALISIS DE CAPACIDAD GRÚA AC 700-9

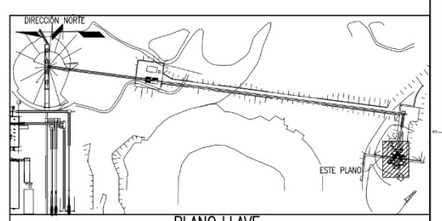
* CAPACIDAD BRUTA	:	102.000 TON.
* CARGA BRUTA	:	73.334 TON.
* % CAPACIDAD	:	71.9 %

CAPACIDADES / CONTRAPESO 160 TON				
N°	RADIO	ALTURA	LONGITUD DE PLUMA	CAP.
POSICIÓN 1	18.0 M	34.6	30.5 M	102 TON

CUADRO DE ACCESORIOS MONTAJE TOP SHELL				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	PESO UNITARIO	PESO TOTAL
1	ESLABÓN MAESTRO 2 3/4" A-342	1	46.4	46.4
2	GRILLETE Ø2 1/2" G-2130	2	44.6	89.6
3	ESTROBO Ø1 1/2" / 8m	4	71.6	286.4
			TOTAL	422.4 KG.

SECCIÓN A–A

ESCALA: 1:250



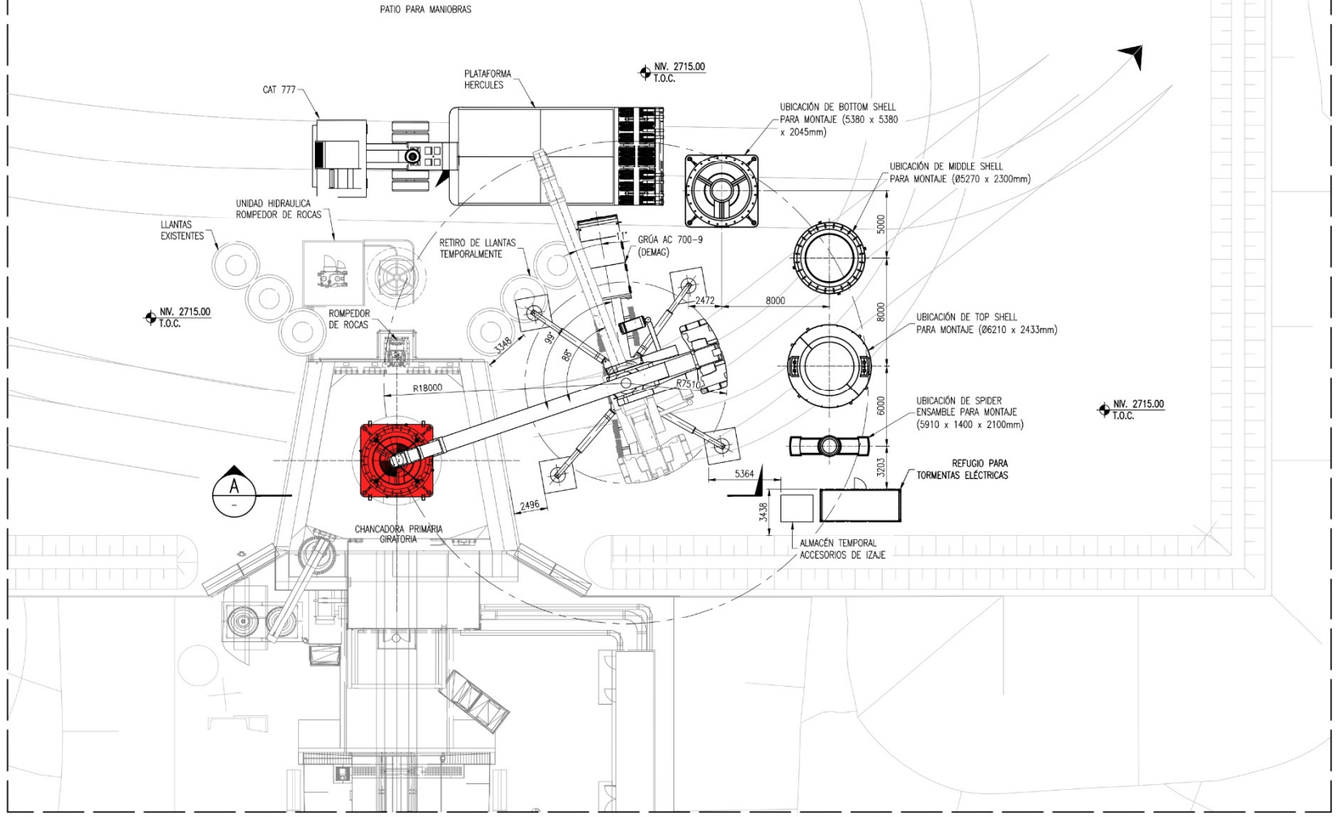
PLANO LLAVE

1:10000

NOTAS:

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.
2. EL FACTOR DE CARGA DE LA GRÚA DEBERÁ SER MENOR AL 75%, EN CASO SUPERE LA CARGA DEBERÁ SER VALIDADO POR LA COMPAÑÍA MINERA.

DISEÑADO POR: MAQUERA CORNEJO, LUIS JESUS	FECHA:	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica
DIBUJADO POR: MAQUERA CORNEJO, LUIS JESUS	FECHA:	
REVISADO POR: CARPIO RIVERA, MARCO	FECHA:	
APROBADO POR: CARPIO RIVERA, MARCO	FECHA:	PLANO MECÁNICO – MANIOBRAS RIGGING PLAN – TOP SHELL 70,01 TN ARREGLO GENERAL – VISTAS
ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES EDUCATIVOS Y DEBERÁ UTILIZARSE PARA LOS FINES CONTEMPLADOS EN ESTE TRABAJO.		ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANO: PL-MON-TOP-003-A REV.: A

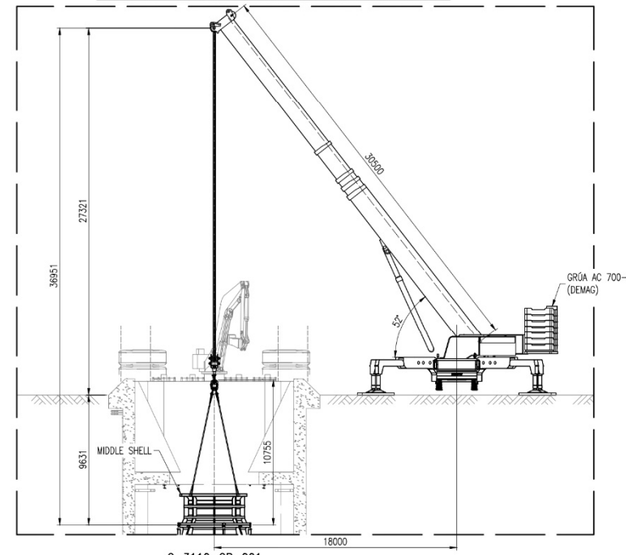


RIGGING PLAN – MIDDLE SHELL
VISTA DE PLANTA
ESCALA: 1:200

Rango de giro 0-360°
Longitud de apoyo 12.19 m
Ancho 12 m
Contrapeso 160 t

Longitud de la pluma (m) / radio(m)	15.5	20.5	25.5	30.5	35.5	40.5	45.5	50.5
3	312	312#						
3.5	312	312#						
4	312	312#	300#					
4.5	297	296#	297#					
5	280	279#	280#	230#	197#			
6	251	250#	251#	218#	187#	158#		
7	227	226	227#	206#	176#	146#	123#	
8	207	206	207#	195#	166#	135#	116#	
9	190	189	189	183#	156#	125#	110#	102#
10	175	174	175	172#	146#	116	104	96#
12	152	150	151	150	128	101	92.5	86
14		132	132	131	115	89.5	82.5	76.5
16		117	117	115	104	79.5	74	69
18		93.5	105	102	96	71	66.5	62
20			95	92	88	64	60	56.5
22			81	84	80.5	58	54.5	51.5
24				77.5	74	52.5	49.5	47.5
26				70	68	48	45.5	44
28					63	44.5	41.5	40.5
30					58.5	41	38.5	37.5
32					50	38.5	36	35
34						35.5	33.5	32.5
36						33.5	31	30
38							29.4	28.3
40							27.6	26.5
42							25.9	24.8
44								23.4
46								22.1

CUADRO DE CAPACIDAD DE GRÚA AC 700-9



C-3110-CR-001
CHANCADORA PRIMARIA GIRATORIA

PLAN DE IZAJE
CHANCADORA PRIMARIA – MIDDLE SHELL

DIMENSIONES DE EQUIPO:

1.	LARGO	:	Ø 5270 MM.
2.	ANCHO	:	–– MM.
3.	ALTO	:	2300 MM.
4.	PESO	:	77818 KG.
5.	CANTIDAD	:	1 UND.

APAREJOS:

1. GRILLETES DE 2 1/2" G-2130 S-2130
   - * CANTIDAD : 2 UND.
   - * CAP. X UND. : 55.0 TON.
   - * CAP. TOTAL : 110.0 TON.
2. ESTROBOS 1 1/2"
   - * CANTIDAD : 4 UND.
   - * CAP. X UND. : 21.90 TON.
   - * CAP. TOTAL : 87.60 TON.
3. ESLABÓN MAESTRO 2 3/4" A-342
   - * CANTIDAD : 1 UND.
   - * CAP. X UND. : 98.38 TON.
   - * CAP. TOTAL : 98.38 TON.

ANALISIS DE CARGA:

1.	PESO DE GANCHO (201.5 TN)	:	2800 KG.
2.	PESO DE GRILLETES	:	89.2 KG.
3.	PESO DE ESTROBOS	:	286.4 KG.
4.	PESO DE ESLABÓN	:	46.4 KG.
5.	PESO DE CARGA	:	77818 KG.
7.	OTROS PESOS	:	100 KG.
		TOTAL :	81140 KG.

CARACTERISTICAS GRÚA MOVIL AC 700-9

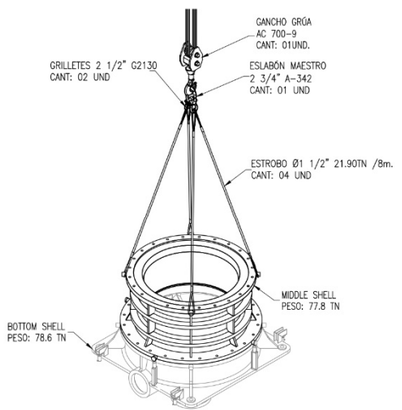
1.	CAPACIDAD MÁXIMA	:	700 TON.
2.	LONGITUD MÁXIMA DE BRAZO	:	60 M.
3.	RADIO MÍNIMO	:	3 M.
4.	CONTRAPESO	:	160 TON.
5.	ANCHO DE APOYO	:	12 M
6.	RANGO DE GIRO	:	360 °
7.	CAP. GANCHO DE GRÚA	:	202 TN
8.	HOOK BLOCK DISTANCIA MIN.	:	5 M

ANALISIS DE CAPACIDAD GRÚA AC 700-9

- * CAPACIDAD BRUTA : 102.000 TON.
- * CARGA BRUTA : 81.140 TON.
- * % CAPACIDAD : 79.55 %

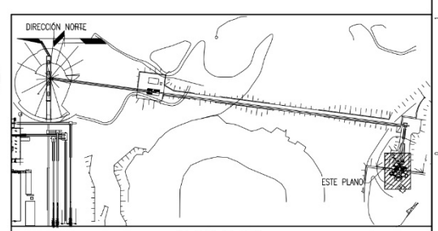
CAPACIDADES / CONTRAPESO 160 TON				
N°	RADIO	ALTURA	LONGITUD DE PLUMA	CAP.
POSICIÓN 1	18.0 M	36.9 M	30.5 M	102 TON

CUADRO DE ACCESORIOS MONTAJE MIDDLE SHELL				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	PESO UNITARIO	PESO TOTAL
1	ESLABÓN MAESTRO 2 3/4" A-342	1	46.4	46.4
2	GRILLETE Ø2 1/2" G-2130	2	46.4	92.8
3	ESTROBO Ø1 1/2" / 8m	4	71.6	286.4
			TOTAL	425.6 KG.



ISOMETRICO
CONFIGURACIÓN MIDDLE SHELL
ESC. : 1:75

SECCIÓN A
ESCALA: 1:250



PLANO LLAVE
1:10000

NOTAS:
1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.
2. EL FACTOR DE CARGA DE LA GRÚA DEBERÁ SER MENOR AL 75%, EN CASO SUPERE LA CARGA DEBERÁ SER VALIDADO POR LA COMPAÑIA MINERA.

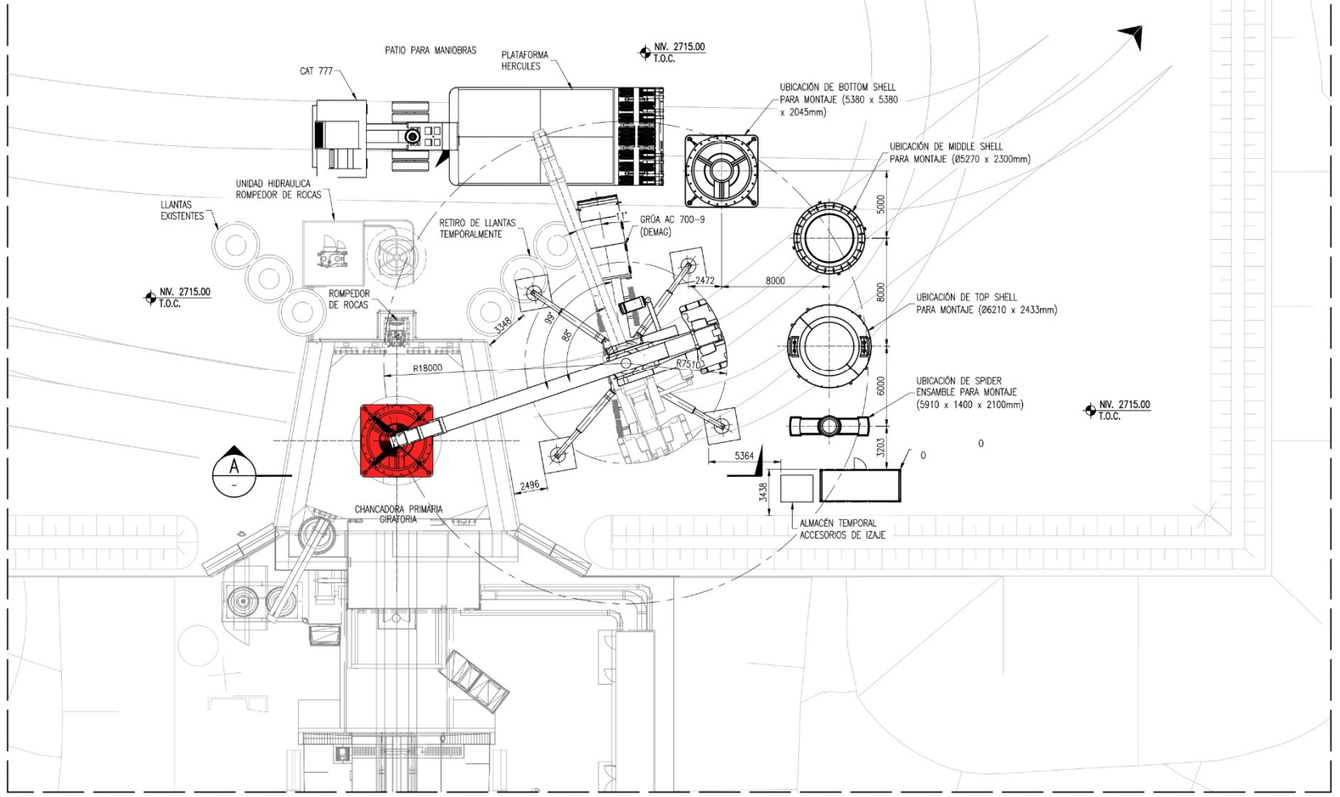
DISEÑADO POR: MAQUERA CORNEJO, LUIS JESUS	FECHA:
DIBUJADO POR: MAQUERA CORNEJO, LUIS JESUS	FECHA:
REVISADO POR: CARPIO RIVERA, MARCO	FECHA:
APROBADO POR: CARPIO RIVERA, MARCO	FECHA:

ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES EDUCATIVOS Y DEBERÁ UTILIZARSE PARA LOS FINES CONTEMPLADOS EN ESTE TRABAJO.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

PLANO
MECÁNICO – MANIOBRAS
RIGGING PLAN – MIDDLE SHELL 77,82 TN
ARREGLO GENERAL – VISTAS

ESCALA	NÚMERO DE PLANO	REV.
INDICADA	PL-MON-MID-004-A	A

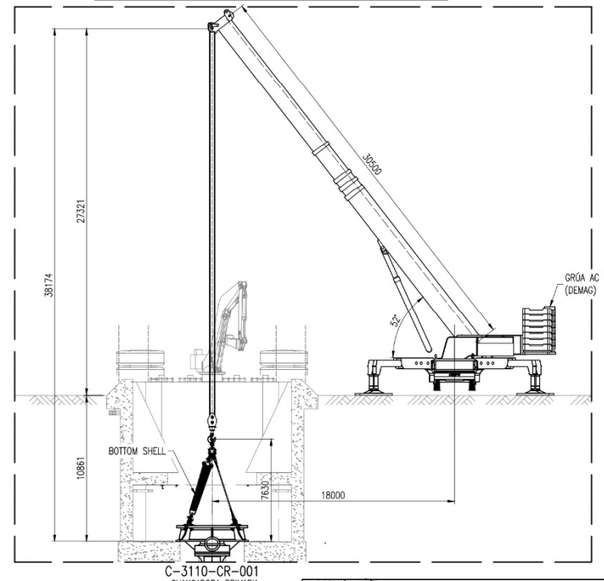


RIGGING PLAN – BOTTOM SHELL
VISTA DE PLANTA
ESCALA: 1:200

Rango de giro 0-360°
Longitud de apoyo 12.19 m
Ancho 12 m
Contrapeso 160 t

Longitud de la pluma (m) / radio(m)	15.5	20.5	25.5	30.5	35.5	40.5	45.5	50.5
3	312	312#						
3.5	312	312#						
4	312	312#	300#					
4.5	297	296#	297#					
5	280	279#	280#	230#	197#			
6	251	250#	251#	218#	187#	158#		
7	227	226	227#	206#	176#	146#	123#	
8	207	206	207#	195#	166#	135#	116#	
9	190	189	189	183#	156#	125#	110#	102#
10	175	174	175	172#	146#	116	104	96#
12	152	150	151	150	128	101	92.5	86
14		132	132	131	115	89.5	82.5	76.5
16		117	117	115	104	79.5	74	69
18		93.5	105	102	96	71	66.5	62
20			95	92	88	64	60	56.5
22			81	84	80.5	58	54.5	51.5
24				77.5	74	52.5	49.5	47.5
26				70	68	48	45.5	44
28					63	44.5	41.5	40.5
30					58.5	41	38.5	37.5
32					50	38.5	36	35
34						35.5	33.5	32.5
36						33.5	31	30
38							29.4	28.3
40							27.6	26.5
42							25.9	24.8
44								23.4
46								22.1

CUADRO DE CAPACIDAD DE GRÚA AC 700-9



C-3110-CR-001
CHANCADORA PRIMARIA GIRATORIA

PLAN DE IZAJE
CHANCADORA PRIMARIA – BOTTOM SHELL

DIMENSIONES DE EQUIPO:

1.	LARGO	:	Ø 5380 MM.
2.	ANCHO	:	–– MM.
3.	ALTO	:	1230 MM.
4.	PESO	:	78689 KG.
5.	CANTIDAD	:	1 UND.

APAREJOS:

1. GRILLETES DE 1 3/4" G-2130 S-2130
   * CANTIDAD : 8 UND.
   * CAP. X UND. : 25.0 TON.
   * CAP. TOTAL : 200.0 TON.
2. ESTROBOS 1 3/4"
   * CANTIDAD : 2 UND.
   * CAP. X UND. : 29.82 TON.
   * CAP. TOTAL : 59.64 TON.
3. ESLABÓN MAESTRO 2 3/4" A-345
   * CANTIDAD : 1 UND.
   * CAP. X UND. : 98.38 TON.
   * CAP. TOTAL : 98.38 TON.
4. MENSULA OREJA DE IZAJE
   * CANTIDAD : 4 UND.
   * CAP. X UND. : 25.0 TON.
   * CAP. TOTAL : 100.0 TON.
5. TECLE MANUAL DE 30 TON YAL3000
   * CANTIDAD : 2 UND.
   * CAP. X UND. : 30.0 TON.
   * CAP. TOTAL : 60.0 TON.

ANALISIS DE CARGA:

1.	PESO DE GANCHO (201.5 TN)	:	2800 KG.
2.	PESO DE GRILLETES	:	123 KG.
3.	PESO DE ESTROBOS	:	121.7 KG.
4.	PESO DE ESLABÓN	:	127 KG.
5.	PESO DE TECLE MANUAL	:	568 KG.
6.	PESO DE CARGA	:	100 KG.
7.	PESO DE MENSULA	:	392.0 KG.
8.	OTROS PESOS	:	82940 KG.
		TOTAL :	

CARACTERISTICAS GRÚA MOVIL AC 700-9

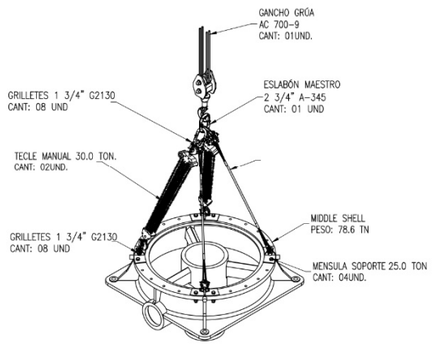
1.	CAPACIDAD MÁXIMA	:	700 TON.
2.	LONGITUD MÁXIMA DE BRAZO	:	60 M.
3.	RADIO MÍNIMO	:	3 M.
4.	CONTRAPESO	:	160 TON.
5.	ANCHO DE APOYO	:	12 M
6.	RANGO DE GIRO	:	360 °
7.	CAP. GANCHO DE GRÚA	:	202 TN
8.	HOOK BLOCK DISTANCIA MIN.	:	5 M

ANALISIS DE CAPACIDAD GRÚA AC 700-9

* CAPACIDAD BRUTA : 102.000 TON.
* CARGA BRUTA : 82.940 TON.
* % CAPACIDAD : 81.29 %

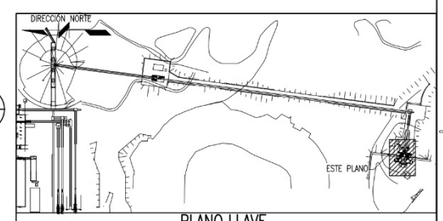
CAPACIDADES / CONTRAPESO 160 TON				
N°	RADIO	ALTURA	LONGITUD DE PLUMA	CAP.
POSICIÓN 1	18.0 M	38.1	30.5 M	102 TON

CUADRO DE ACCESORIOS MONTAJE BOTTOM SHELL				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	PESO UNITARIO	PESO TOTAL
1	ESLABÓN MAESTRO 2 3/4" A-345	1	60.85	46.4
2	GRILLETE Ø1 3/4" G-2130	8	15.37	123
3	ESTROBO Ø1 3/4" x5m	2	60.85	121.7
4	MENSULA SOPORTE 25 TN	4	98.1	392
4	TECLE MANUAL 30 TN	2	284	568
			TOTAL	1251.1 KG.



ISOMETRICO
CONFIGURACIÓN BOTTOM SHELL
ESC. : 1:75

SECCION A–A
ESCALA: 1:250



PLANO LLAVE
1:10000

NOTAS:
1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.
2. EL FACTOR DE CARGA DE LA GRÚA DEBERÁ SER MENOR AL 75%, EN CASO SUPERE LA CARGA DEBERÁ SER VALIDADO POR LA COMPAÑÍA MINERA.

DISEÑADO POR: MAQUERA CORNEJO, LUIS JESUS	FECHA:	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
DIBUJADO POR: MAQUERA CORNEJO, LUIS JESUS	FECHA:	FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES
REVISADO POR: CARPIO RIVERA, MARCO	FECHA:	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica
APROBADO POR: CARPIO RIVERA, MARCO	FECHA:	PLANO: MECÁNICO – MANIOBRAS
ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES EDUCATIVOS Y DEBERÁ UTILIZARSE PARA LOS FINES CONTEMPLADOS EN ESTE TRABAJO.		RIGGING PLAN – BOTTOM SHELL 78,6 TN ARREGLO GENERAL – VISTAS
ESCALA: INDICADA	NÚMERO DE PLANO: PL-MON-BOT-005-A	REV.: A