UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TORRES DE ENFRIAMIENTO DE ESTACIÓN DE AJUSTE METALÚRGICO DE LA COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO S.A.

Trabajo de Titulación para optar al Título de
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN MECÁNICA DE PROCESOS Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Cristian Alejandro Silva Pino

Profesor Guía:

Víctor Valdebenito Cartes

2021

DEDICATORIA

Agradecimientos:

Agradecido de vivir esta experiencia junto a buenas personas, compañeros que se convirtieron en grandes amigos.

Agradecimiento a Fernanda Silva que siempre estuvo apoyándome durante esta carrera, a pesar de todos los obstáculos.

A todos quienes aportaron con su grano de arena para este resultado final, gracias.

RESUMEN

La COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO S.A. Empresa perteneciente al grupo CAP, es una industria siderúrgica única en su tipo en Chile. Elabora sus productos a partir de materias primas básicas presentes en la naturaleza, como material de hierro, carbón y caliza; lo que garantiza acero de alta pureza y calidad controlada.

Algunos de los procesos para conseguir estos resultados son llevados a cabo a temperaturas muy altas, por lo que aquí entran en operación estaciones de tipo torres de enfriamiento encargadas de manejar una temperatura de trabajo adecuada para el resto de los componentes presentes a lo largo del proceso de fabricación de acero.

Con el fin de preservar y optimizar este equipamiento se evaluará una propuesta de mantenimiento, cuya función va enfocada particularmente a las torres de enfriamiento de la estación de ajuste metalúrgico (EAM).

Para hacer esto posible, se recopilará información, antecedentes y categoría de las torres de enfriamiento utilizadas en los procesos actuales de la empresa. Demostrando tanto técnica como económicamente si finalmente la propuesta es viable para ser implementada en la empresa.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1
OBJETIVOS 2
OBJETIVO GENERAL 2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2
Capítulo 1: planteamiento del problema 3
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 4
1.2. REQUERIMIENTO PRINCIPAL 4
1.2.1 La bóveda. 5
1.2.2 Delta superior e intermedio. 6
1.2.3 Puerta de inspección. 7
1.2.4 Caja de humos. 8
1.2.5 Soporte de cables y cables de potencia. 9
1.2.6 Mordazas. 10
1.2.7 Puerta de adiciones. 11
1.2.8 Temperaturas de trabajo. 12
1.3 REFRIGERACIÓN DE LOS EQUIPOS Y/O COMPONENTES 12
1.3.1 Circuito primario. 13
1.3.2 Circuito secundario. 16
Capítulo 2: marco teórico 20
2.1 LA EMPRESA 21
2.1.1 Reseña. 21
2.1.2 Misión, visión y valores corporativos. 22
2.2 PROCESO PRODUCTIVO 23
2.2.1 Preparación de materias primas. 24
2.2.2 Planta de coque. 24

2.2.3 Alto horno. 24
2.2.4 Desulfuración. 25
2.2.5 Acería de convertidores al oxigeno o acería Conox. 26
2.2.6 Estación de ajuste metalúrgico. 27
2.2.7 Estación de vacío. 28
2.2.8 Procesos de colada. 29
2.2.9 Laminación. 31
2.3 TORRES DE ENFRIAMIENTO 31
2.3.1 Tipos de torres de enfriamiento. 32
2.3.1.1 Equipos de tiro natural. 32
2.3.1.2 Equipos con ventilación mecánica. 33
2.3.1.2.1. Equipos de tiro inducido. 34
2.3.1.2.2 Equipos de tiro forzado. 35
2.3.1.2.3 Torres de flujo cruzado. 36
2.3.1.2.4 Torre de flujo cruzado e inducido. 37
2.3.1.2.5 Torre de circuito cerrado de tiro forzado. 38
2.3.1.2.5 Torre hibrida 39
2.4 Torres de enfriamiento EAM 1 41
2.4.1 Principio de funcionamiento 42
2.4.2 Forma de la construcción 42
2.4.3 Trabajo torres de enfriamiento. 46
2.4.4 Consumo de fluidos. 47
2.4.5 Componentes de las torres. 47
2.5 MANTENIMIENTO 49
2.5.1 Importancia del mantenimiento preventivo. 49
2.5.2 Protocolos comunes de mantenimiento preventivo para torres de enfriamiento. 50

2.5.3 Principales puntos de atención 50
2.5.4 Repuestos 58
CAPÍTULO 3: DISEÑO SOLUCIÓN. 60
3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO 61
3.1.1 Lista de inspección periódica. 62
3.1.2 Análisis de fallas. 62
3.1.2.1 Tabla análisis de falla. 63
3.2 MANTENIMIENTO PROGRAMADO 63
3.2.1 Periodo mantenimiento. 64
3.2.2 Tareas de mantenimiento. 64
3.2.2.1 Filtro. 64
3.2.2.2 Separador de gotas. 65
3.2.2.3 Relleno. 67
Datos técnicos relleno 68
Tipo 68
Laminar 68
Material 68
PVC, auto extinguible con estabilizante UV 68
Superficie de intercambio 68
226 m2/m3 68
Temperatura de operación 68
60 °C 68
Canal de pasaje aire agua 68
12 mm 68
Altura de paneles de relleno 68
900 mm 68
Dimensiones 68
1200 x 300 x 300 mm 68

3.2.2.4 Tobera....69
3.2.2.5 Válvula flotador....70
3.2.2.6 Motor....71
3.2.2.7 Rodamiento motor....72
3.2.2.8 Ventilador....74
3.2.2.9 Actividades extras....75
3.3 PROCEDIMIENTO TRABAJO SEGURO....75
3.3.1 Tarjeta de bloqueo....75
CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN TÉCNICA Y costos ECONÓMICos PLAN DE MANTENIMIENTO....75
4.1 EVALUACIÓN MANTENCIÓN PREVENTIVA....76
4.1.1 Duración chequeo periódico....76
4.1.1.1 Operador....76
4.1.1.2 Ingeniero....77
4.1.1.3 Elementos y equipos a utilizar....77
4.1.2 Costo Mantenimiento Preventivo....78
4.1.2.1 Costo operador....78
4.1.2.2 Costo ingeniero....78
4.1.2.3 Costo implementos....79
4.1.2.4 Costo total....79
4.2 EVALUACIÓN MANTENIMIENTO PROGRAMADO....80
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....80
5.1 CONCLUSIONES....81
5.2 SUGERENCIAS....81
BIBLIOGRAFIA....82
LINKOGRAFÍA....84
ANEXOS....85

Anexo 1: Temperatura de fusión del acero. 85

Anexo 2: Tratamiento del agua para torres de enfriamiento. 86

Anexo 3: Consumo de fluidos. 86

Anexo 4: Lista de chequeo periódico. 87

Anexo 5: Maniobra retiro parte superior torre de enfriamiento. 88

Anexo 6: PST 89

Anexo 7: Cotización Relleno y separador de gotas 92

Anexo 8: Cotización Torres de enfriamiento Pfenniger 93

Anexo 9: Cotización de elementos en VSEC 94

INDICE ILUSTRACIONES

Figura 1-1 Bóveda.....5
Figura 1-2 Delta superior e intermedio.....6
Figura 1-3 Puerta de inspección.....7
Figura 1-4 Caja de humos.....8
Figura 1-5 Soporte de cables y cables de potencia.....9
Figura 1-6 Mordazas.....10
Figura 1-7 Puerta de adiciones.....11
Figura 1-8 Temperaturas de trabajo.....12
Figura 1-9 P&ID Circuito de refrigeración EAM-1.....13
Figura 1-10 motobomba vertical M-01.....14
Figura 1-11 motobomba vertical M-02.....14
Figura 1-12 Estanque T-24 capacidad 150 m3.....15
Figura 1-13 Intercambiador de calor E-29.....16
Figura 1-14 Motobomba G-101.....17
Figura 1-15 Motobomba G-101.....17
Figura 1-16 estanque T-33 capacidad 200 m3.....18
Figura 1-17 torres de enfriamiento SULZER.....18
Figura 2-1 Entrada principal COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.....21
Figura 2-2 Ruta materias primas.....25
Figura 2-3 Metalurgia secundaria.....27
Figura 2-4 Estación de ajuste metalúrgico.....28
Figura 2-5 Batea de colada.....29
Figura 2-6 Tundish.....30
Figura 2-7 torre de enfriamiento.....32
Figura 2-8 Torres de Enfriamiento.....33
Figura 2-9 Torre tiro inducido.....34
Figura 2-10 Torre tiro forzado.....35
Figura 2-11 Torre tiro cruzado.....36
Figura 2-12 Torre tiro cruzado e inducido.....37
Figura 2-13 Torre de circuito cerrado tiro inducido.....39
Figura 2-13 Torre hibrida.....40
Figura 2-16 REFERENCIA Torres de enfriamiento EAM 1.....41

Figura 2-17 relleno torres de enfriamiento 43
Figura 2-18 ventilador torres de enfriamiento 44
Figura 2-19 TOBERAS torres de enfriamiento 44
Figura 2-20 motor eléctrico torre de enfriamiento 45
Figura 2-21 componentes torre de enfriamiento 48
Figura 3-1 Filtro 64
Figura 3-2 Accesos a separador de gotas 65
Figura 3-3 Extracción separador de gotas 66
Figura 3-4 Puerta de acceso relleno 67
Figura 3-5 Extracción relleno 68
Figura 3-6 Toberas 69
Figura 3-7 Toberas 70
Figura 3-8 Válvula flotador 71
Figura 3-9 Motor ventilador 72
Figura 3-10 Datos técnicos rodamientos fijos de bola 73
Figura 3-11 Rodamiento motor 74
Figura 3-12 Motor ventilador 74

INDICE TABLAS

Tabla 1-1 Datos motobombas ilustración 1-10 y 1-11 15
Tabla 2-1 límites de trabajo torres de enfriamiento SULZER. 46
Tabla 2-2 especificaciones técnicas torres de enfriamiento SULZER 46
Tabla 2-3 consumo de fluidos torre de enfriamiento 47
Tabla 2-4 Componentes torre de enfriamiento 48
Tabla 4-1: Coste anual de insumos 78
Tabla 4-2: Coste HH personal por día 79
Tabla 4-3: Costo mantenimiento programado 81

SIGLAS

CLP:	Peso Chileno.
EAM:	Estación de ajuste metalúrgico.
PST:	Procedimiento seguro de trabajo.
EWK:	Siglas de empresa dedicada a torres de refrigeración.
CAP:	Compañía de Aceros del Pacífico.
S.A.:	Sociedad anónima.
PVC:	Policloruro de Vinilo.
ACC:	Acería colada continua.
ASTM:	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.

SIMBOLOGÍA

[m]:	Metros.
[mm]:	Milímetros.
[W]:	Watt.
[kW:	Kilowatt.
[kg]:	Kilogramo.
[Cº]:	Grados Celsius.
[t]:	Tonelada.
[min]:	Minuto.
[s]:	Segundo.
[m^3/h]:	Metros cúbicos por hora.
[$kcal/m^3$]:	Kilocaloría partido por metro cúbico.
[%]:	Porcentaje.
[$]:	CLP (Peso Chileno).

INTRODUCCIÓN

El acero es uno de los materiales más utilizados en la construcción y en general en el mundo, a causa de su combinación única en cuanto a durabilidad, manejabilidad y costo.

Para su fabricación, se deben mezclar en un equipo denominado alto horno, mineral de hierro (con impurezas) y un combustible que se llama coque. Se añade cal para eliminar impurezas y se prosigue a obtener arrabio, el cual es el acero líquido que se obtiene para pasar al siguiente proceso que es darle forma o moldearlo. Su desecho principal se denomina escoria y suele utilizarse para otros procesos como en la fabricación de cemento o construcción de carreteras.

Todo lo anterior se realiza a elevadas temperaturas, 1500° Celsius en promedio, que equivale a la temperatura en la cual el acero se mantiene en estado líquido para su manipulación, y como es de esperar no todo el sistema de maquinarias puede estar sometido a esas temperaturas de trabajo, para lo cual se implementan sistemas de enfriamiento de diversos tipos dependiendo la envergadura y cantidad de elementos a mantener en temperaturas de operación.

Para este tipo de situaciones es que en la estación de ajuste metalúrgico (EAM) de la COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO S.A. han optado por implementar estaciones tipo torres de enfriamiento que posibiliten manejar una temperatura de trabajo adecuado para el resto de los componentes presentes a lo largo del proceso de fabricación de acero.

Una torre de enfriamiento es un equipo cuya función, es la dispersión de calor del agua, que involucra de forma conjunta los fenómenos de transferencia de calor y de masa. Para lograr efectos en la torre de enfriamiento es muy importante que la gota del líquido tenga un tamaño menor durante su trayectoria o caída para aumentar el área de contacto con el aire, lo cual se logra interponiendo obstáculos, que la detengan y al mismo tiempo la rompan facilitando el proceso de evaporación.

Mezclando el proceso de fabricación del acero a altas temperaturas de trabajo y las torres de enfriamiento que mantienen los equipos del resto del sistema trabajando en óptimas condiciones de funcionamiento, recae la importancia de ejecutar tareas de mantenimiento rigurosas, que aseguren que se cumplan las condiciones mínimas para que se genere una armonía de funcionalidades

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Confeccionar una propuesta de mantenimiento para las torres de enfriamiento de la estación de ajuste metalúrgico EAM 1 de la COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO S.A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información, antecedentes y categorizar las torres de enfriamiento actualmente utilizadas para procesos actuales en la empresa.

- Realizar un estudio que permita obtener una propuesta de mantenimiento para la torre de enfriamiento.

- Confeccionar una evaluación técnica e incluir costos asociados con las propuestas de mantenimiento.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Para la COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO S.A. es de vital importancia mantener todos sus equipos en buen estado de funcionamiento, principalmente debido a que trabajar con operatividad lo más cercana al 100% de su capacidad nominal, aportaría grandes beneficios al momento de revisar la rentabilidad y eficiencia de sus procesos.

Para la empresa obtener perdidas de energía calórica en los equipos que rodean las líneas de producción mediante las torres de enfriamiento no es algo que se tome a la ligera, puesto que, en la gran mayoría de las industrias que se trabaja con temperaturas elevadas, es muy aconsejable contrarrestarla, permitiendo obtener una mayor duración de la vida útil de los equipos y componentes a lo largo del proceso productivo.

De forma análoga cabe mencionar que en la COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO S.A., las torres de enfriamiento no presentan procedimientos de mantenimiento, el mantenimiento se ha realizado con acciones correctivas y con ello estos equipos presentan mal aspecto en sus estructuras.

Por las razones antes expuestas es que la COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO S.A. y el departamento de acería y colada continua (ACC) ha solicitado un estudio que permita generar propuestas de mantenimiento para las torres de enfriamiento de la empresa logrando de esta manera evaluar los procedimientos a seguir, manteniendo los estándares y exigencias propias de la empresa que se considera en vía de mejora continua.

1.2. REQUERIMIENTO PRINCIPAL

El departamento de acería y colada continua (ACC), ha solicitado un plan de mantenimiento en las torres de enfriamiento para la estación de ajustes metalúrgicos 1 (EAM 1), ya que este se encuentra sin plan de mantenimiento preventivo para que no se deterioren por el pasar del tiempo, condiciones climáticas y otros parámetros de operación.

La estación de ajuste metalúrgico (Ilustración 2-4) es donde se lleva a cabo uno de los procesos más importante de la siderúrgica, los cuales se realizan las mezclas necesarias para dar calidad al acero a producir.

La estación está rodeada de componentes vitales que llevan a cabo el acero final, que se transportará al proceso de colada continua. Estos componentes deben ser refrigerados ya que están expuesto altas temperaturas; 1500°C promedio (ANEXO 1 Temperatura de fusión del acero).

Los equipos y/o componentes que deben ser enfriados, son los siguientes:

1.2.1 La bóveda.

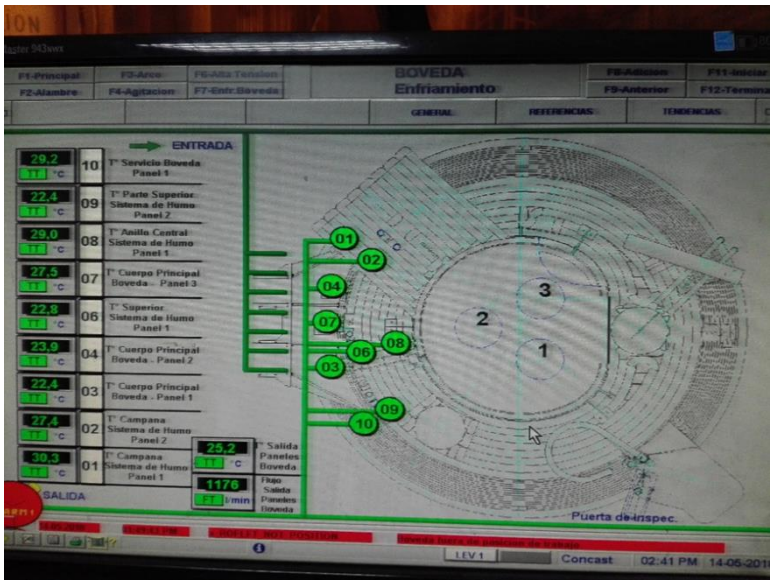


Figura 1-1 Bóveda

Fuente: Pulpito EAM COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

La bóveda, es un conjunto de partes compuesto por delta superior e intermedio, puerta de inspección y caja de jumos. Estas protegen de las altas temperaturas y la radiación emitida desde la cuchara con acero líquido a 1500 °C aproximadamente.

1.2.2 Delta superior e intermedio.

Figura 1-2 Delta superior e intermedio

Fuente: Pulpito EAM COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

Estas secciones se encargan de proteger el entorno de los gases y radiación emitidos desde la cuchara.

1.2.3 Puerta de inspección.

Figura 1-3 Puerta de inspección

Fuente: Pulpito EAM COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

La puerta de inspección, permite obtener muestras del acero una vez terminada la mezcla de adicciones.

1.2.4 Caja de humos.

Figura 1-4 Caja de humos

Fuente: Pulpito EAM COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

Esta sección permite disminuir las temperaturas de los gases emitidos y así poder liberarlos a atmosfera.

1.2.5 Soporte de cables y cables de potencia.

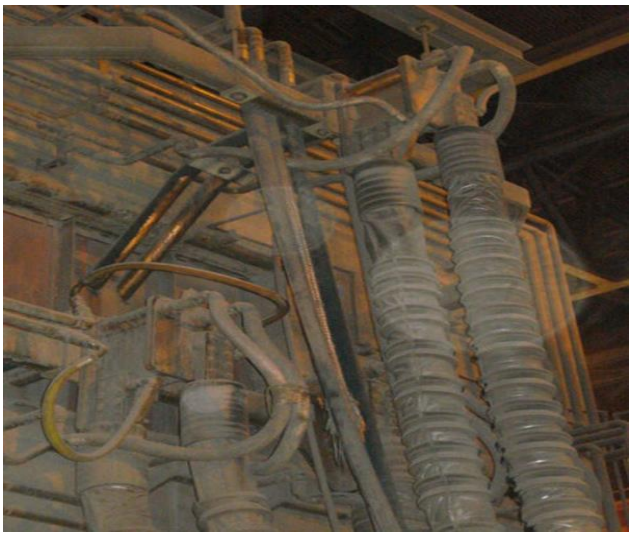


Figura 1-5 Soporte de cables y cables de potencia

Fuente: Pulpito EAM COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

Estos soportes sostienen los cables de alta tensión que dan energía a los electrodos de grafito; los cables de potencia deben ser enfriados, puesto que, por la potencia que se transmite se generan un alto poder calórico. Estos cables están recubiertos por una membrana que enfría los cables mediante un fluido.

1.2.6 Mordazas.

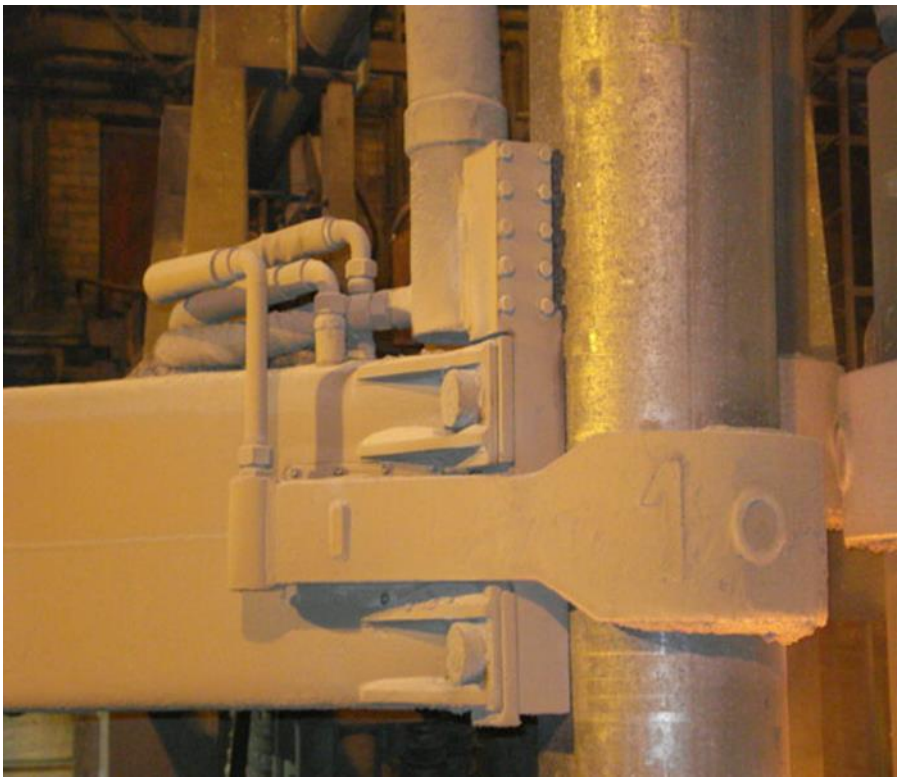


Figura 1-6 Mordazas

Fuente: Pulpito EAM COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

Estas mordazas deben ser enfriadas para no dilatarse y así no soltar los electrodos de grafito.

1.2.7 Puerta de adiciones.

Figura 1-7 Puerta de adiciones

Fuente: Pulpito EAM COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

En esta sección se debe mantener temperaturas bajas, para que así no se fundan los materiales de adición antes de ingresas a la cuchara con acero líquido. Todos estos equipos deben ser refrigerados por la radiación que se emite desde la cuchara con acero líquido y la reacción con los electrodos de grafito (1500°c), estos equipos son refrigerados a través de un sistema primario y secundario de refrigeración.

1.2.8 Temperaturas de trabajo.

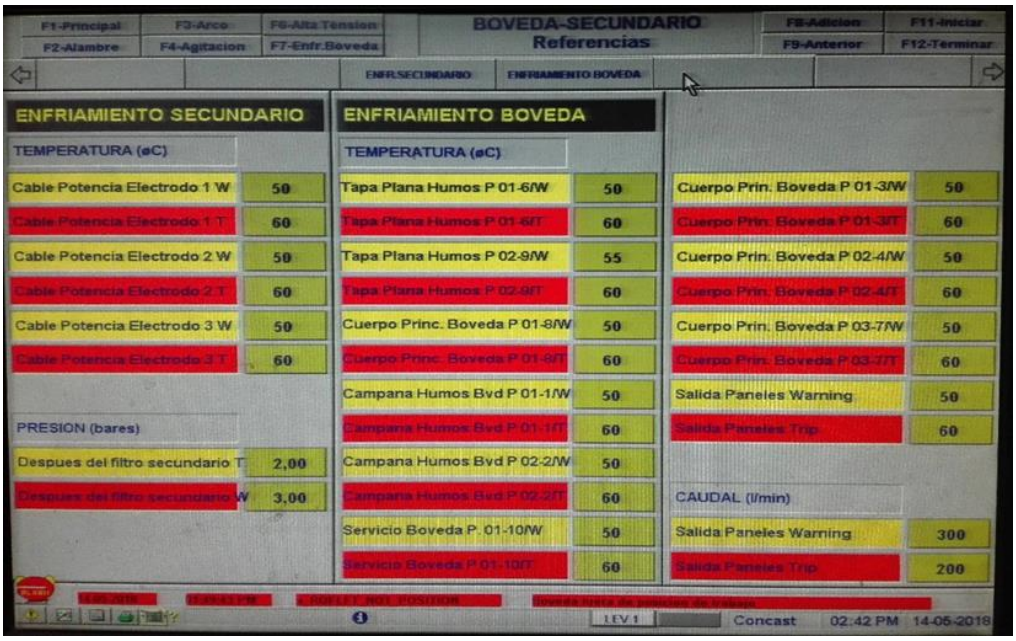


Figura 1-8 Temperaturas de trabajo

Fuente: Pulpito EAM COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

Las temperaturas de los equipos y/o componentes que forman parte de la estación de ajuste metalúrgico (EAM) promedian los 55°C, estas temperaturas se logra mantener, ya que la estructura de estas partes y/o secciones están construidas a bases de tubería, que por su interior se produce un flujo de agua que absorbe la temperatura emitida por radiación desde la cuchara con acero líquido.

Estos equipos antes mencionados, mantienen sus temperaturas de trabajo gracias a dos circuitos cerrados de enfriamiento.

1.3 REFRIGERACIÓN DE LOS EQUIPOS Y/O COMPONENTES

Los equipos antes mencionados, mantienen sus temperaturas de trabajo gracias a dos circuitos cerrados de enfriamiento.

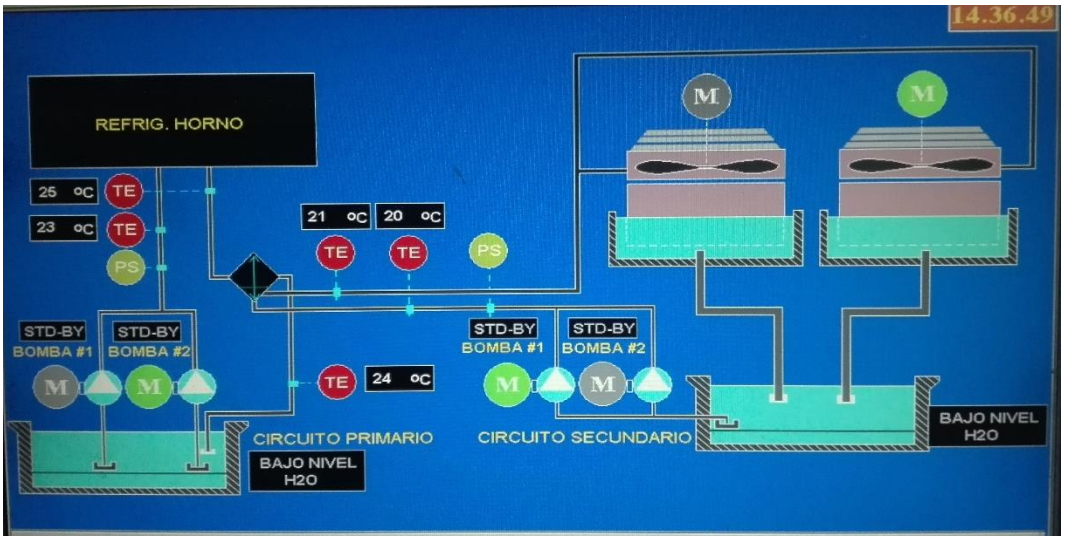


Figura 1-9 P&ID Circuito de refrigeración EAM-1

Fuente: Pulpito EAM COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

1.3.1 Circuito primario.

Este primer circuito cerrado de enfriamiento depende del funcionamiento de dos motobombas centrifugas; M-01 y M-02 (ilustración 1-10 e ilustración 1-11), que trabajan en modo Stan-by, estas empujan el agua tratada desde su propio estanque; T-24(ilustración 1-12), a la línea de enfriamiento de la estación de ajuste metalúrgico (**EAM**). Luego de pasar por EAM, el agua que adquirió mayor temperatura, necesita enfriarse antes de retornar nuevamente al estanque T-24, el agua ingresa a un intercambiador de calor; E-29(ilustración 1-13) que se conecta también, con el circuito secundario.

Figura 1-10 motobomba vertical M-01

Fuente: Sala hidráulica EAM

Figura 1-11 motobomba vertical M-02

Fuente: Sala hidráulica EAM

BOMBAS VERTICALES	
CAUDAL	297 m^3/h
POTENCIA MOTOR	45KW
PRESION	6BAR
RPM	1465

Tabla 1-1 Datos motobombas ilustración 1-10 y 1-11

Fuente: Sala hidráulica EAM

Figura 1-12 Estanque T-24 capacidad 150 m^3

Fuente: Sala hidráulica EAM

Figura 1-13 Intercambiador de calor E-29

Fuente: Sala hidráulica EAM

1.3.2 Circuito secundario.

En este segundo circuito cerrado de enfriamiento, también está constituido por dos bombas centrifugas; G-101 y G-102(ilustración 1-14 e ilustración 1-15), que trabajan en modo Stan-by, estas impulsan agua tratada desde el estanque T-33(ilustración 1-16) hacia el intercambiador de calor E-29 para disminuir la temperatura del agua del circuito primario, una vez pasando el intercambiador de calor, el agua se dirige hacia las torres de enfriamiento SULZER(ilustración 1-17), para disminuir la temperatura del fluido y luego retornar nuevamente a su estanque.

Figura 1-14 Motobomba G-101

Fuente: Sala de bombas N°1 departamento ACC

Figura 1-15 Motobomba G-101

Fuente: Sala de bombas N°1 departamento ACC

MOTOBOMBAS CIRCUITO SECUNDARIO	
CAUDAL	189 m^3/h
POTENCIA MOTOR	30KW
PRESION	6BAR
RPM	1450

Tabla 1-2 Datos motobombas ilustración 1-14 y 1-15

Fuente: Sala bomba N°1 EAM

Figura 1-16 estanque T-33 capacidad 200 m^3

Fuente: Sector torres de enfriamiento EAM

Figura 1-17 torres de enfriamiento SULZER

Fuente: Sector torres de enfriamiento EAM

Para poder mantener las temperaturas de los equipos es fundamental que las torres de enfriamiento nunca dejen de estar operativas, es por ello que se creara un plan de mantenimiento para estas. Y así evitar futuras detenciones no programadas que afecten el normal proceso de la COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO SA.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 LA EMPRESA

2.1.1 Reseña.

Figura 2-1 Entrada principal COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A

Fuente: COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. es una empresa perteneciente al grupo CAP. Formada en el año 1950, es una industria siderúrgica integrada, única en su tipo en Chile. Elabora sus productos a partir de materias primas básicas presentes en la naturaleza, como material de hierro, carbón y caliza; lo que garantiza acero de alta pureza y calidad controlada. Ésta constituye una de las empresas de mayor tamaño dentro de la región del Biobío y del país. Se ubica en la Bahía de San Vicente, en la ciudad de Talcahuano, 14 km, al noroeste de la ciudad de Concepción, capital de la octava región, Chile.

2.1.2 Misión, visión y valores corporativos.

La organización de la compañía se sustenta en sólidos principios contenidos en su misión, visión y valores corporativos, que contribuyen a orientar su rumbo, y como resultado de ello, alcanzar las metas propuestas con un alto grado de compromiso.

Su misión es producir y proveer productos y soluciones en acero de excelente calidad y servicio, que superen las expectativas de sus clientes, privilegiando el desarrollo del recurso humano como factor determinante del éxito.

Desarrollar ventajas competitivas, que generen rentabilidad, a través de la innovación de sus procesos mediante el uso de tecnologías sustentables.

La visión de CAP Acero es liderar en Chile el negocio del acero en todas sus formas y desarrollar nuevas oportunidades en el área de tecnologías siderúrgicas.

Los valores corporativos de la Compañía Siderúrgica Huachipato se reflejan en los siguientes valores:

a) Compromiso con la ética empresarial.

Hace referencia a desarrollar íntegramente cada una de sus tareas, actuando honesta, responsable y respetuosamente, de acuerdo al código de ética. Además de criterios económicos. Los criterios de inversión toman en cuenta, créditos legales, ambientales y sociales. La publicidad se rige por las disposiciones contenidas en el Código Chileno de Ética Publicitaria. Manifiestan rechazo a toda forma de corrupción.

b) Compromiso con sus trabajadores.

Están comprometidos con un trato deferente y de respeto hacia todos los empleados de la compañía, a quienes ofrecen oportunidades de enseñanza y desarrollo. Manifiestan rechazo a toda forma de discriminación.

c) Compromiso con clientes, proveedores y colaboradores.

Están implicados con el desarrollo de soluciones innovadoras en tecnologías y servicios que garanticen la satisfacción de sus clientes, lo que les permite mantener relaciones de largo plazo de beneficio mutuo. Establecen la colaboración necesaria para una provechosa alianza con sus proveedores y colaboradores, basada en prácticas profesionales y éticas.

d) Compromiso con el medio ambiente y la comunidad.

Están comprometidos con el cumplimiento de la legislación que rige todas las actividades y trabajan permanentemente en la baja de los impactos en el medio ambiente a través de los lineamientos establecidos en su Política Ambiental. Asumen el compromiso con la comunidad en la cual están insertos contribuyendo al bienestar social, educacional y cultural.

2.2 PROCESO PRODUCTIVO

La diversidad de productos obtenidos en CAP Acero, es logrado después de un extenso y complejo proceso industrial, con tecnología avanzada que lo hace único en Chile.

A continuación se detallan cada uno de los más importantes procesos de la línea de obtención del acero.

2.2.1 Preparación de materias primas.

Esta fase incluye la descarga, clasificación, pesaje y almacenamiento de las materias primas necesarias para la elaboración del acero, que son básicamente mineral de hierro (granza y pellets), carbones minerales y caliza.

- **Carbones minerales**: Que se cambia en Coque, se importa desde naciones como Australia, Canadá y Estados Unidos.
- **Mineral de hierro**: Pellets desde Huasco y Los Colorados (III Región) y granzas producidos en Mina El Romeral (IV Región)
- **Caliza**: Esta materia prima se extrae desde Isla Guarello, cuya planta de procesamiento tiene una capacidad de producción de 650.000 ton/año, de las cuales 320.000 se venden a terceros y 330.000 son para el proceso de la compañía.

2.2.2 Planta de coque.

La mezcla de carbones metalúrgicos se somete a un proceso de destilación seca que lo transforma en coque metalúrgico. Este proceso se realiza en la Planta de Coque, la que cuenta con 58 hornos.

Como subproducto se obtiene un gas de alto poder calorífico, aproximadamente 9.600 kcal/m3, que es utilizado como combustible para muchos de los procesos internos de la planta.

2.2.3 Alto horno.

La reducción del mineral para obtener arrabio, se realiza en los Altos Hornos. Por el tragante (parte superior del horno) se cargan por capas los minerales de hierro, la caliza y el coque.

La inyección de aire precalentado a 1.000ºC (aproximadamente), facilita la combustión del coque, generando elevadas temperaturas y gases reductores que actúan sobre el mineral y la caliza, transformándolos en arrabio (hierro líquido) y en escoria, respectivamente.

La colada, que consiste en extraer estos elementos acumulados en el crisol (parte inferior de los altos hornos), se efectúa aproximadamente cada dos horas. El arrabio es recibido en carros torpedo para ser transportado a la Acería de Convertidores al Oxígeno; la escoria, separada del arrabio por su menor densidad, se hace fluir hacia un foso donde es enfriada por un chorro de agua.

Figura 2-2 Ruta materias primas

Fuente: COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

2.2.4 Desulfuración.

CAP Acero posee 10 carros torpedo, cada uno con una capacidad aproximada de 290 toneladas. Una vez transportado a la Acería, el arrabio se vacía a una cuchara de arrabio, que son recipientes contenedores recubiertos internamente con material refractario,

normalmente ladrillos magnéticos, con una capacidad aproximada de 110 toneladas cada una.

El trasvasije del arrabio se realiza en la Planta de Desulfuración. Esta planta está encargada de reducir los valores de azufre que contiene el arrabio a los límites que necesita la etapa siguiente. La eliminación del azufre, es realizada mediante la inyección de cal y magnesio. El azufre queda retenido en la escoria resultante y las emisiones son capturadas por un eficiente sistema limpiador de gases.

2.2.5 Acería de convertidores al oxigeno o acería Conox.

Se cuenta con dos convertidores de 115 toneladas cada uno. El arrabio proveniente de los Altos Hornos (AA.HH) se carga junto con chatarra de acero, normalmente para el refinamiento del arrabio. 90 toneladas de arrabio y 20 toneladas de chatarra.

Por la acción del oxígeno puro que se inyecta al convertidor se oxidan el carbono, silicio y fósforo del arrabio. Lo que finalmente causa una fusión de toda la carga metálica.

Una vez finalizada la inyección de oxígeno se analiza su composición y se mide su temperatura, agregando finalmente las ferroaleaciones que imparten las características principales a los diversos tipos de aceros.

El acero líquido producido se recibe en cucharas de 115 toneladas de capacidad y se envía a un proceso de metalurgia secundaria.

Figura 2-3 Metalurgia secundaria

Fuente: COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

2.2.6 Estación de ajuste metalúrgico.

El Acero proveniente desde Acería Conox, ingresa a la Estación de Ajuste Metalúrgico donde se cuenta con 3 electrodos de grafito, los cuales generan un arco eléctrico directo sobre el acero líquido y de esta forma homogeneizar y ajustar la composición química final junto a una temperatura requerida. Además se limpia de impurezas y ajusta su colabilidad mediante la interacción de las aleaciones y escoria.

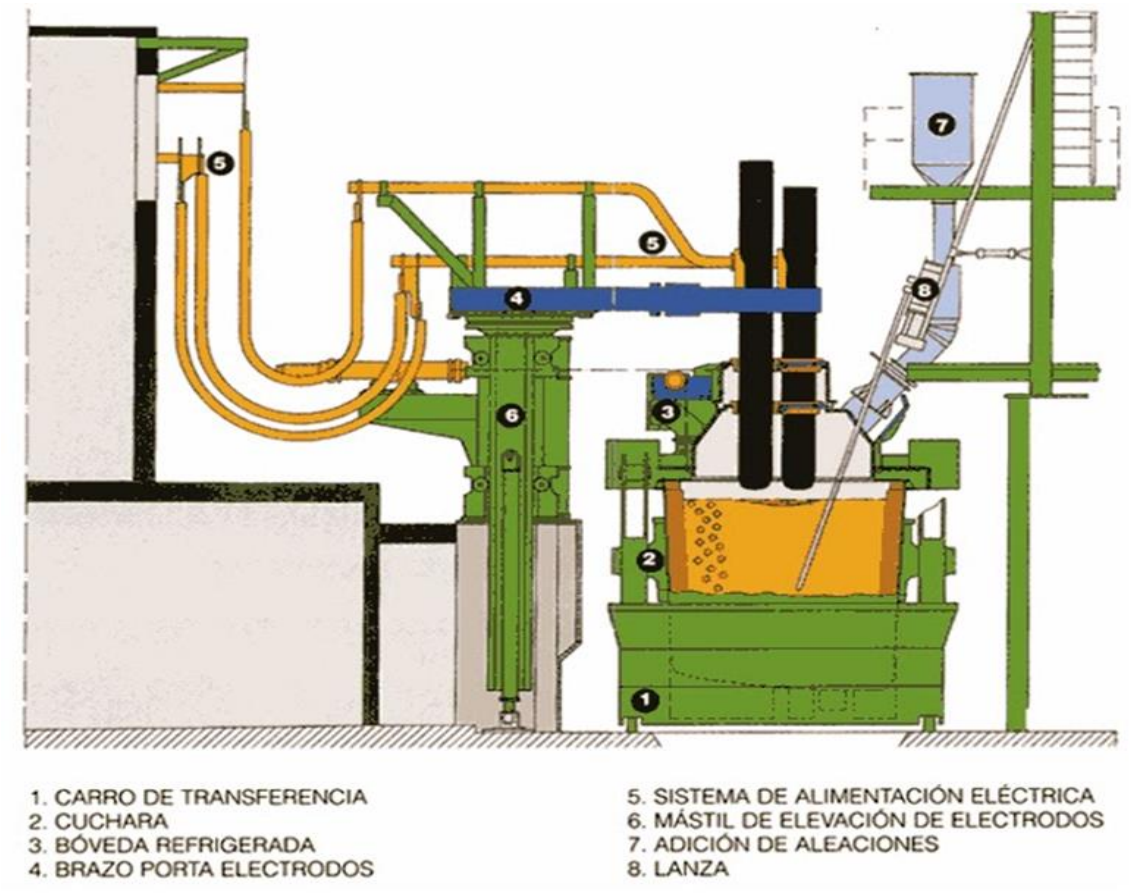


Figura 2-4 Estación de ajuste metalúrgico

Fuente: COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

2.2.7 Estación de vacío.

Existen aceros de mayor calidad, los cuales requieren un ajuste adicional antes de alcanzar el proceso de colada.

La estación de vacío tiene como propósito, extraer gases e impurezas desde el interior del acero líquido, mediante una presión de vacío. Esta desgasificación, generada por el vacío, expone al acero líquido a presiones considerablemente menores a las atmosféricas (hasta 0,7 mbar absolutos).

2.2.8 Procesos de colada.

La Colada Continua, es un procedimiento siderúrgico en el que el acero líquido se vierte directamente en un molde de fondo abierto, cuya sección transversal tiene la forma geométrica del producto que se desea fabricar.

Las cucharas con el Acero refinado son enviadas a la torreta, la cual funciona como soporte de las cucharas durante todo el proceso. Una vez allí, comienza el proceso de Colada Continua con la apertura de la cuchara, con lo cual el líquido cae en una batea de colada o “Tundish”.

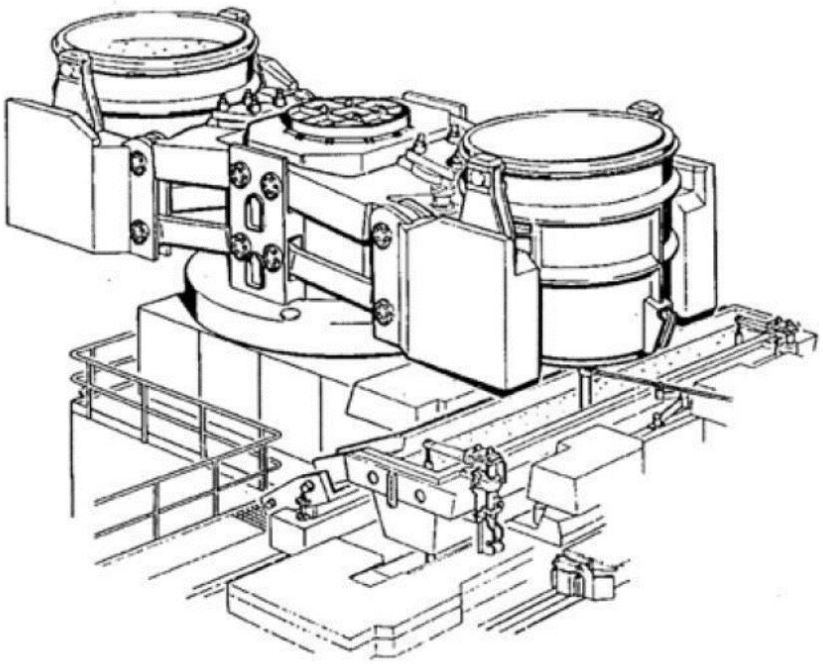


Figura 2-5 Batea de colada

Fuente: COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.

El Tundish es uno de los elementos fundamentales de la Colada Continua, sirve para suministrar a los moldes de cobre un chorro continuo y homogéneo de Acero, a una velocidad constante, para así obtener productos semiterminados como planchones y palanquillas. Cabe mencionar que hoy en día solo se producen palanquillas, la línea de planchones se encuentra cerrada de forma definitiva.

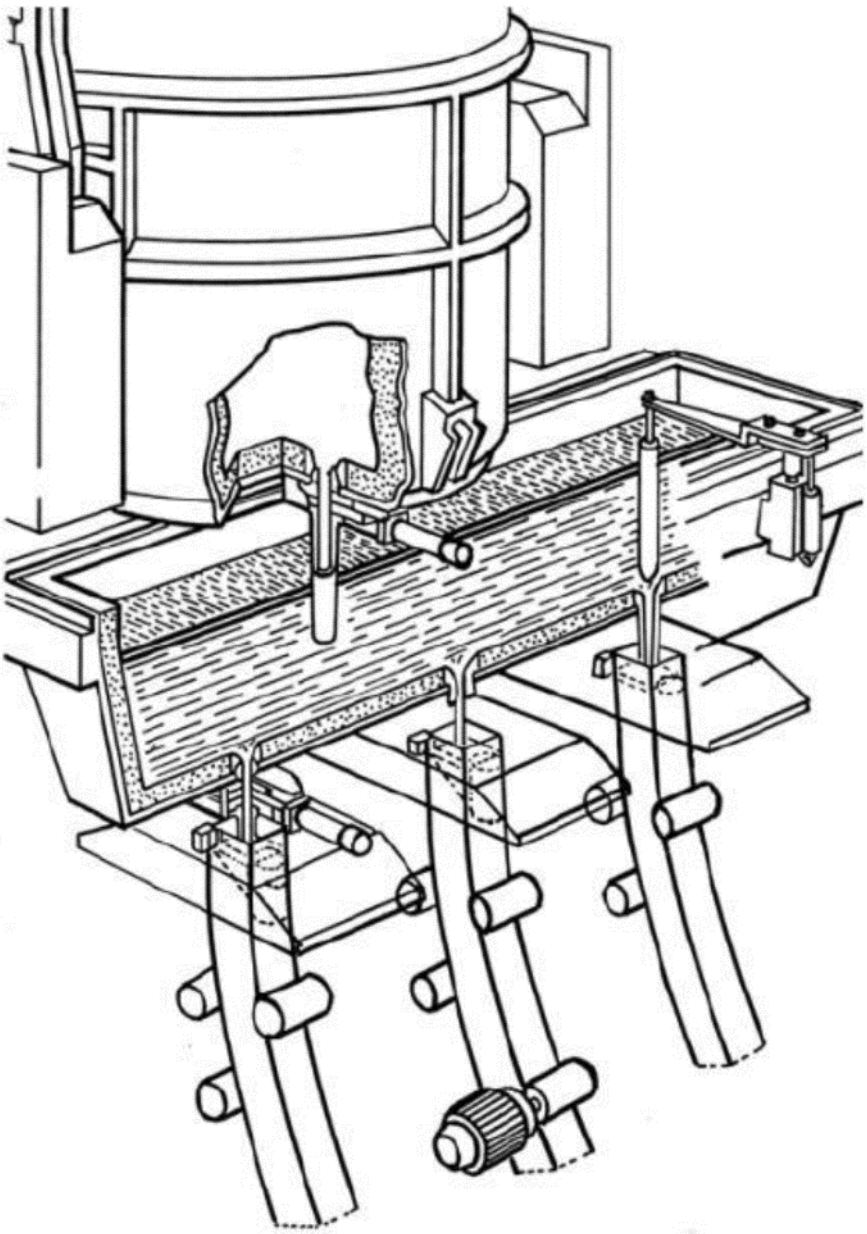


Figura 2-6 Tundish

Fuente: Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.

2.2.9 Laminación.

A partir de las palanquillas se inicia el proceso final de laminación, del cual se obtiene una amplia gama de productos largos. Las palanquillas son procesadas en los Laminadores de barras, donde son sometidas a sucesivas etapas de laminación. Los productos finales son barras rectas y en rollos, lisas y con resaltes, según el uso final que se requiera.

2.3 TORRES DE ENFRIAMIENTO

Las torres de enfriamiento son sistemas mecánicos destinados a enfriar masas de agua en procesos que requieren una disipación de calor (ilustración 2-7).
El principio de enfriamiento de estos equipos se basa en la evaporación, el equipo produce una nube de gotas de agua bien por pulverización o por caída libre que se pone en contacto con una corriente de aire.
La evaporación superficial de una pequeña parte del agua inducida por el contacto con el aire, da lugar al enfriamiento del resto del agua que cae en la balsa a una temperatura inferior a la de pulverización.

El uso más habitual de estos equipos está asociado a los sistemas de refrigeración, tanto en aire acondicionado como en producción de frío (hostelería, alimentación, laboratorios, etc.), sin embargo, en el ámbito industrial estos equipos se usan para el enfriamiento de cualquier parte de un proceso que genere calor y deba ser disipado (por ejemplo, procesos de molienda que generan calor por fricción, enfriamiento de reacciones exotérmicas, disipación de calor residual en centrales de producción de energía eléctrica, etc.).

Actualmente los conocimientos técnicos han llevado a la eliminación del uso de rellenos de celulosa, madera o fibrocemento que anteriormente eran bastante comunes. La legislación vigente no permite la utilización de estos materiales porque favorecen el crecimiento microbiológico.

Las torres de enfriamiento son usadas cuando los saltos térmicos son bajos, generalmente entre 8 y 10°C. La temperatura mínima que se puede alcanzar con una torre de enfriamiento es la temperatura de bulbo húmedo del aire circundante.

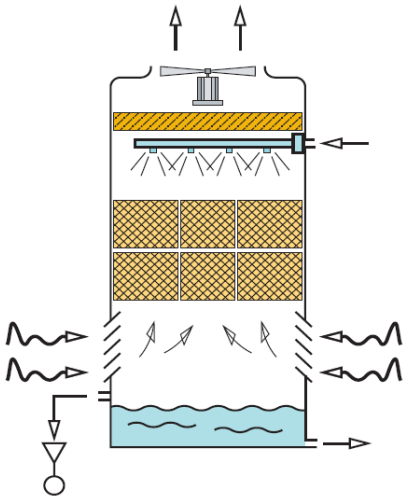


Figura 2-7 torre de enfriamiento

Fuente: Guía Técnica Torres de Refrigeración IDEA

2.3.1 Tipos de torres de enfriamiento.

Hay equipos de múltiples tamaños y estructuras según la potencia a disipar, el fabricante, los materiales, etc., sin embargo podríamos catalogar las torres de refrigeración en dos grandes categorías:

• Equipos de tiro natural
• Equipos con ventilación mecánica

2.3.1.1 Equipos de tiro natural.

Hay varios ejemplares de equipos de tiro natural, entre ellos destacan:

- **Equipos basados en efecto chimenea**, en los que el agua pulverizada crea un punto caliente en la parte baja de la torre e induce el movimiento ascendente del aire habitualmente en contracorriente.

Estos equipos se emplean casi únicamente en grandes industrias y en centrales de producción de energía eléctrica (térmicas, nucleares, etc.), en general, sistemas que necesitan mover y refrigerar grandes cantidades de agua.

Estas instalaciones habitualmente no disponen de separadores de gotas, debido a la elevada perdida de carga que provocan estos elementos que disminuyen excesivamente el flujo de aire.

No obstante, dada su eminente altura y geometría, la emisión de aerosoles es muy limitada.

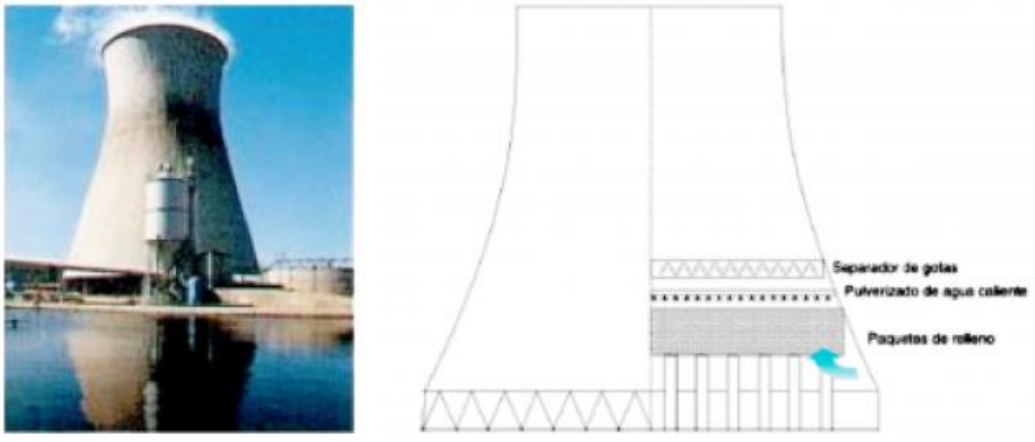


Figura 2-8 Torres de Enfriamiento

Fuente: Torres de Enfriamiento, Climayoreo

Los equipos de tiro natural por efecto Venturi son muy poco utilizados, pero sirven para disipación de cargas térmicas medias/bajas.

En cualquier tema las instalaciones de tiro natural se emplean en un pequeño porcentaje de las aplicaciones de torres de refrigeración.

2.3.1.2 <u>Equipos con ventilación mecánica.</u>

Los equipos con ventilación mecánica denominados de tiro forzado, sitúan de ventiladores (normalmente de tipo centrifugo salvo en las instalaciones industriales que ocasionalmente son axiales) ubicados en la parte baja de la torre que inducen al aire hacia el interior de la misma sobre presurizando e impulsando por tanto su salida por la parte superior a través del relleno.

2.3.1.2.1. Equipos de tiro inducido.

Este tipo de torre ubica de ventiladores axiales, con transmisión directa, por correas o en algunos modelos de gran volumen, por caja reductora, sacando el o los motores al exterior de la corriente de aire húmedo.

El rociado del agua se realiza mediante toberas y los fabricantes indican la presión recomendada en los colectores de distribución a los efectos de seleccionar la bomba adecuada en el sistema.

Los equipos de tiro inducido funcionan en depresión, es decir el ventilador, localizado en la parte superior de la torre, extrae aire del interior de la unidad que se renueva a través de aperturas localizadas en la parte baja de la misma, según se puede apreciar en la ilustración 2-9.

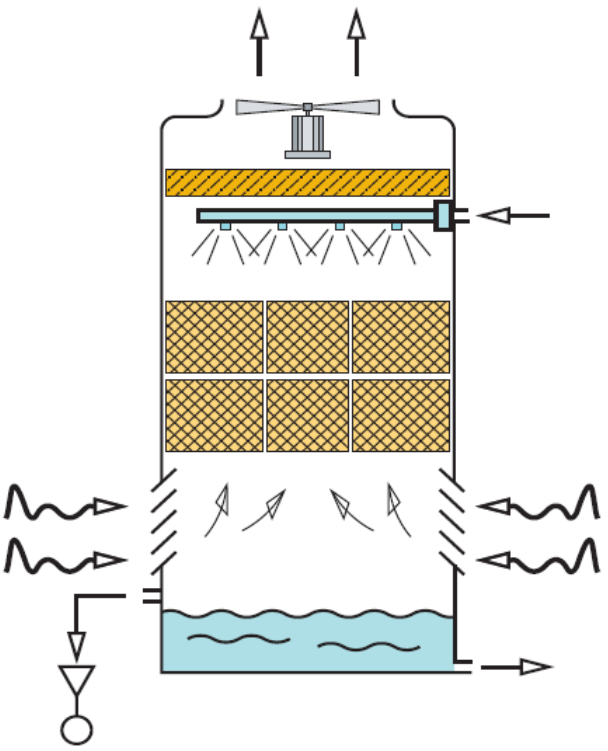


Figura 2-9 Torre tiro inducido

Fuente: Guía Técnica Torres de Refrigeración IDEA

2.3.1.2.2 Equipos de tiro forzado.

Pueden añadir ventiladores centrífugos o axiales, dispuestos generalmente en uno de los laterales del cerramiento (en algunos diseños se incorporan ventiladores en dos laterales, con la oportuna división interior que evita los flujos opuestos).

En los casos de ventiladores axiales, generalmente con acoplamiento directo del motor sobre el ventilador.

Cuando se utilizan ventiladores centrífugos, con transmisión por correas El rociado del agua se realiza generalmente mediante toberas y los fabricantes indican la presión recomendada en los colectores de distribución a los efectos

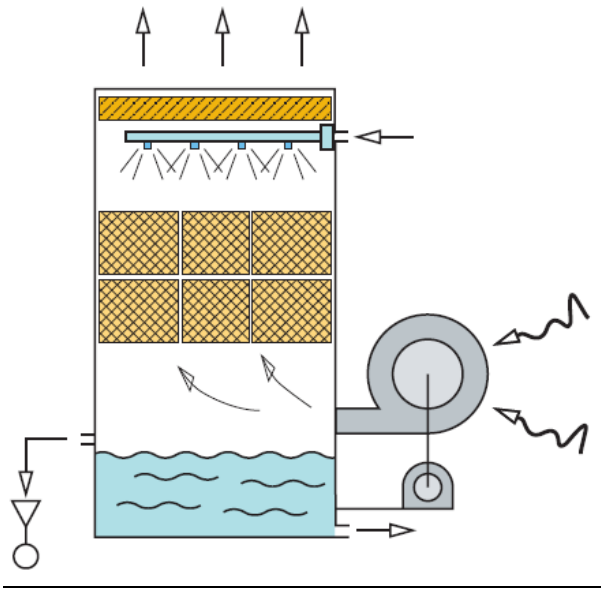


Figura 2-10 Torre tiro forzado

Fuente: Guía Técnica Torres de Refrigeración IDEA

2.3.1.2.3 Torres de flujo cruzado.

Los ventiladores axiales suelen ser de gran diámetro y giran a bajas revoluciones, accionados mediante transmisión a correas y la adecuada desmultiplicación en las poleas.

El rociado del agua en estos modelos suele realizarse por gravedad, a partir de bandejas colectoras del agua caliente; la adecuada distribución se realiza a través de boquillas aspersoras y regulaciones deslizantes en la/s bandeja/s. No se precisa presión adicional en la bomba de recirculación (salvo la necesaria para alcanzar el nivel superior de la torre, a cuyos efectos se ha de poseer presente la altura del equipo).

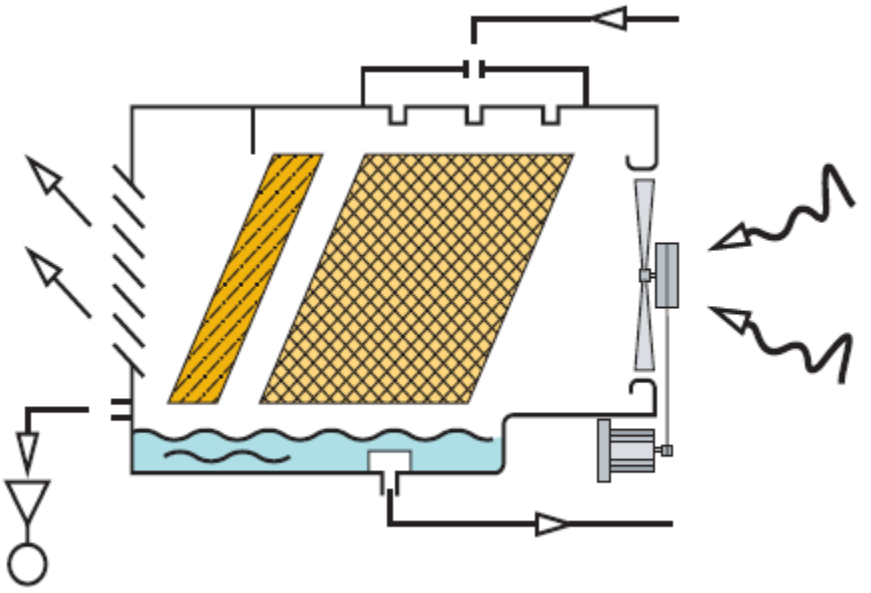


Figura 2-11 Torre tiro cruzado

Fuente: Guía Técnica Torres de Refrigeración IDEA

2.3.1.2.4 Torre de flujo cruzado e inducido.

Esta disposición se emplea para equipos de tamaño mediano y grande. La entrada de aire se efectúa por dos extremos con sendos bloques de relleno y un ventilador central accionado por transmisión de correas o con motor acoplado directamente.

El salpicado del agua en estos modelos se suele realizar por gravedad, a partir de bandejas colectoras del agua caliente sobre cada bloque de relleno; la conveniente distribución se realiza a través de boquillas aspersoras y regulaciones deslizantes en la/s bandeja/s. No se necesita presión adicional en la bomba de recirculación (salvo la necesaria para alcanzar el nivel superior de la torre, a cuyos efectos se ha de tener presente la altura del equipo).

La peculiar inclinación del relleno persigue la uniforme distribución del agua en su descenso compensando el empuje lateral del aire. Los separadores se sitúan en vertical, en la cara interior del relleno, acrecentando su eficacia al facilitar su escurrido.

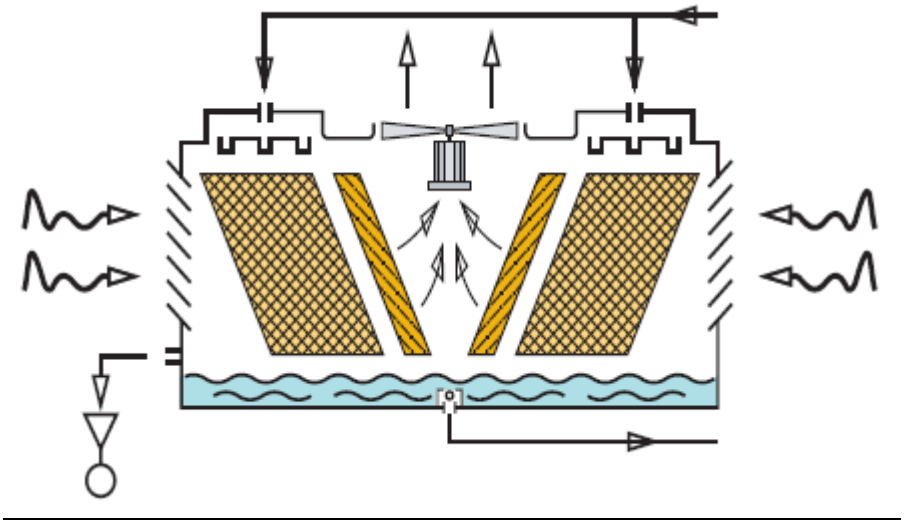


Figura 2-12 Torre tiro cruzado e inducido

Fuente: Guía Técnica Torres de Refrigeración IDEA

2.3.1.2.5 Torre de circuito cerrado de tiro forzado.

Una característica importante de este tipo de equipos es su configuración generalmente alargada con el fin de facilitar la disposición de serpentines con importantes distancias entre curvas, lo que mejora su comportamiento hidrodinámico y el rendimiento térmico.

En su mayoría unen ventiladores centrífugos, dispuestos generalmente en uno de los laterales del cerramiento y accionados por transmisión de correas trapezoidales.

Algún diseño incorpora ventiladores axiales que, en ese caso se sitúan en la parte superior, con los motores acoplados directamente, dispuestos en línea y funcionando con tiro inducido.

El rociado del agua se ejecuta generalmente mediante toberas y los fabricantes indican la presión recomendada en los colectores de distribución a los efectos de seleccionar la bomba adecuada en el sistema.

Las torres de circuito cerrado son de mayor tamaño y peso que las abiertas de capacidad equivalente (entre 1,5 a 2 veces) en razón de que los conductos solicitan un mayor volumen ocupado que los rellenos de las torres abiertas para proveer la superficie de evaporación necesaria.

Por razones constructivas, resultan también de mayor precio (entre 2 y 3 veces mayor) que las equivalentes abiertas.

Sus ventajas residen en que el agua de proceso permanece limpia y, debidamente tratada en su carga inicial, evita problemas de ensuciamiento, corrosión e incrustaciones en los condensadores, intercambiadores, máquinas, etc. que enfría.

Otra superioridad añadida es que el agua de enfriamiento (la que experimenta la evaporación) recircula solamente sobre el propio equipo y no trasciende al resto del sistema, facilitando y abaratando los tratamientos sanitarios respecto a la legionela y los propios de procedimientos de calidad del agua (ANEXO 2 Tratamiento del agua).

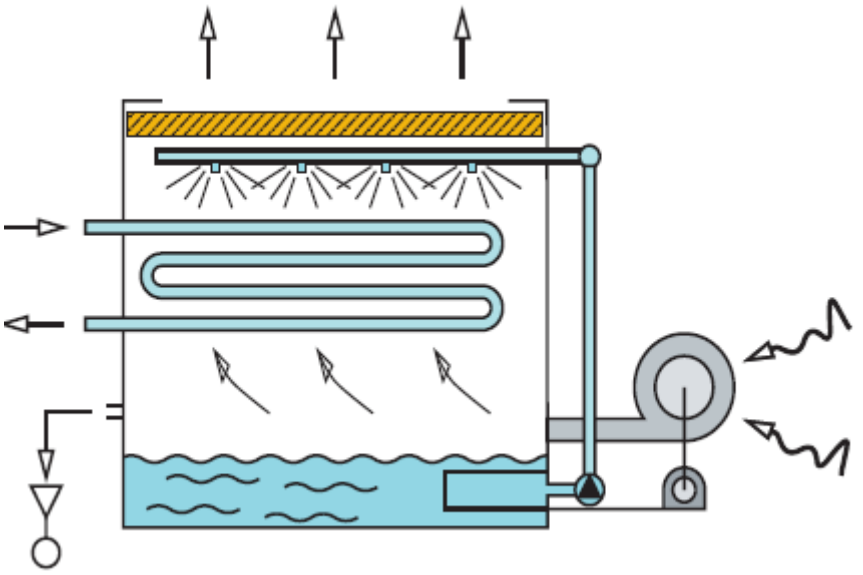


Figura 2-13 Torre de circuito cerrado tiro inducido

Fuente: Guía Técnica Torres de Refrigeración IDEA

2.3.1.2.5 Torre hibrida

Existen diversas disposiciones para este innovador equipo, según los fabricantes lo van incorporando en sus catálogos. El modelo del esquema es de tiro inducido y ventiladores axiales, pero se dan otras disposiciones con ventiladores axiales o centrífugos y tiro inducido o forzado, según la inspiración o posibilidades de cada fabricante.

Participa de las características que impone la incorporación de serpentines.

Cuenta con un serpentín adicional de tubo aleteado en su parte superior (o en algún lateral, sobre la entrada de aire al equipo) que efectúa un intercambio previo en seco, antes de comenzar el proceso evaporativo del agua. En épocas más o menos dilatadas del año, según el emplazamiento y la utilización, puede funcionar con menor tasa de evaporación e incluso totalmente en seco.

Su tamaño en planta es semejante a los equivalentes de circuito cerrado, pero su altura y peso suelen ser mayores. Por razones constructivas, resultan también de mayor precio (entre 2 y 3 veces mayor).

Sus ventajas son las de los equipos de circuito cerrado.

Además, el ahorro de agua (y los consiguientes tratamientos sanitarios y de calidad) pueden quedar reducidos en el cómputo anual a un 30% de los habituales con torres de circuito abierto de capacidad semejante.

Estos ahorros dependen básicamente del lugar de emplazamiento, las temperaturas requeridas para el agua de recirculación al sistema o proceso, los tiempos de funcionamiento y sus horarios, etc. y requieren para su estudio una cuidadosa toma de datos estadísticos de climatología y de las necesidades o, si no los hay, una proyección meticulosa y ponderada de las condiciones de funcionamiento previsibles, que junto a los datos estadísticos de condiciones climáticas permitan calcular los tiempos de retorno de la diferencia de inversión.

Hay que añadir a esto las ventajas de tipo medioambiental (ahorro energético en verano y ahorro de agua y vertidos en el resto del año) o, simplemente las derivadas de la eventual escasez o limitación de suministro de agua.

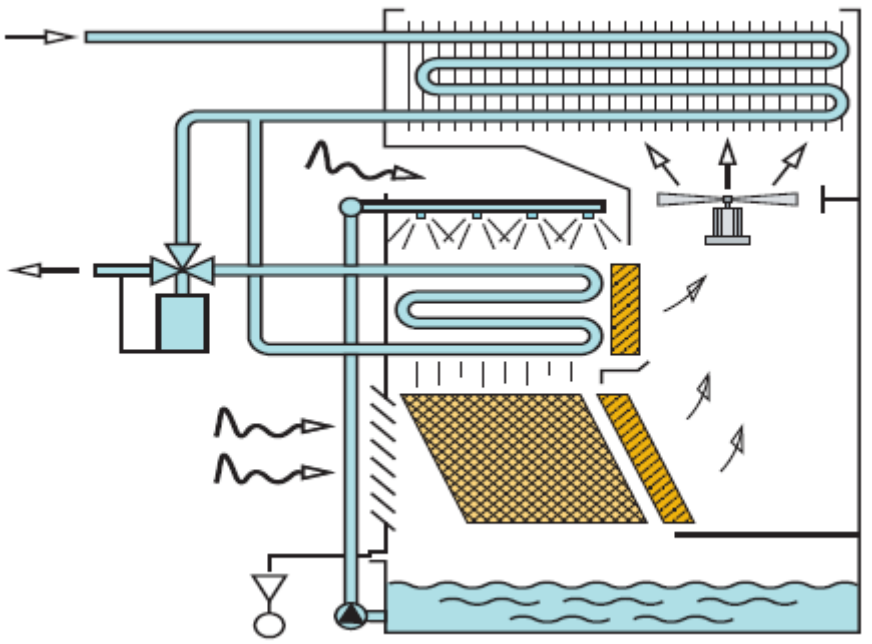


Figura 2-13 Torre hibrida

Fuente: Guía Técnica Torres de Refrigeración IDEA

2.4 Torres de enfriamiento EAM 1

Figura 2-16 REFERENCIA Torres de enfriamiento EAM 1

Fuente: Sector torres de enfriamiento departamento ACC

Estas torres SULZER modelo EWK SP, de origen suizo proporcionada por la misma empresa SULZER en el año 1991 para cumplir con los requisitos de mantener los elementos que componen la estación de ajuste metalúrgico.

2.4.1 Principio de funcionamiento

En una torre de refrigeración son puestos en contacto intensivo aire y agua, lo que produce una evaporación de parte de ésta; es decir, el calor necesario para evaporar el agua se logra en este caso de la misma agua del circuito de refrigeración.

Por medio de las tuberías de distribución y las toberas, situadas en la parte superior de la torre, el agua caliente de retorno es pulverizada proporcionalmente sobre el relleno, que forma la superficie de intercambio de calor, a través de cuyos canales se desliza hacia abajo. Al mismo tiempo y con ayuda del ventilador axial, el aire exterior es aspirado e impelido hacia arriba en sentido opuesto a la trayectoria del agua, lo que origina su enfriamiento. La suma de agua evaporada es restituida por adición de fresca.

2.4.2 Forma de la construcción

La fabricación de torres de refrigeración con resinas sintéticas, se diferencia principalmente de las construcciones convencionales, por su gran capacidad de enfriamiento en un espacio relativamente pequeño. La ligereza de peso y el escaso espacio requerido facilitan la instalación de estas torres sobre tejados, terrazas, estructura metálica y demás lugares de montaje, sin que, generalmente, sea obligatorio reforzar la base elegida para soportarlas.

Las características constructivas de los diferentes elementos que componen las torres de refrigeración EWK son:

– **Carcasa**: Las carcasas de todos los tipos de esta serie, están realizadas en reforzado con fibra de vidrio y son absolutamente estables a la influencia de sales y otros elementos más o menos agresivos contenidos en el agua de circulación. También son estables a toda clase de condiciones meteorológicas y pueden resistir temperaturas de -40ºC a +130ºC.

– **Relleno**: El relleno constituye la superficie de intercambio de calor, en la que se realiza el proceso de enfriamiento por evaporación de una parte del agua en circulación.

El ahorro logrado en el consumo de agua de refrigeración, está basado en el aprovechamiento del efecto de evaporación aplicado a las torres.

Figura 2-17 relleno torres de enfriamiento

Fuente: EWK Equipos de Refrigeración, S.A.

– **Ventilador**: Los ventiladores con que van provistas las torres de esta serie, son de muy escasa sonoridad. Estos ventiladores son equilibrados en fábrica estática y dinámicamente. El grupo formado por el ventilador y el motor, acoplado directamente al mismo, va montado en la parte superior de la carcasa conjuntamente con un anillo de sujeción de acero galvanizado.

Figura 2-18 Ventilador torres de enfriamiento

Fuente: EWK Equipos de Refrigeración, S.A.

– **Sistema distribuidor de agua**: La repartición del agua caliente de retorno sobre el relleno, se realiza por medio de dos cañerías de acero galvanizado, en las cuales van surtidas toberas de pulverización construidas en resinas sintéticas. Las grandes aberturas de paso con que van provistas, garantizan su correcto funcionamiento y anulan prácticamente toda posibilidad de obstrucción.

Figura 2-19 TOBERAS torres de enfriamiento

Fuente: EWK Equipos de Refrigeración, S.A.

– **Motor del ventilador**: Los motores empleados en las torres de esta serie son trifásicos y forman un grupo conjunto con las aspas del ventilador y el anillo de sujeción. Estos motores están debidamente protegidos contra salpicaduras de agua y pueden proporcionarse con polos conmutables.

Figura 2-20 motor eléctrico torre de enfriamiento

Fuente: EWK equipos de refrigeración, s.a.

– Conexiones de agua: La conexión de tubería de entrada del agua se encuentra situada en la parte superior de la torre. Las demás conexiones (salida, rebosadero, agua adicional y desagüe) van montadas en la parte inferior de la bandeja recogedora. Está prevista la conexión de una tubería d rebosadero para evitar que el agua se desborde de la bandeja recogedora, debido a cualquier deficiencia en la válvula de flotador.

En la boca de desagüe es conveniente montar una tubería, con válvula de cierre, que vaya a parar a la tubería más próxima de desagüe de la red.

2.4.3 Trabajo torres de enfriamiento.

Límites de trabajo	
Temperatura externa	-20°C – 65°C
Caudal	8m3/h – 100m3/h
Temperatura del agua	0°C – 80°C
Propiedades del agua	Anexo xxx

Tabla 2-1 límites de trabajo torres de enfriamiento SULZER.

Fuente: EWK maintenance manual.pdf

Modelo	*Disipación kw	Peso vacío kg	Peso servicio kg	Potencia ventilador kw	Largo mm	Ancho mm	Alto mm
EWK 036	46	51	115	0.37	720	615	1745
EWK 064	103	126	235	0.55	999,5	832	2225
EWK 100	174	164	362	1.1	1300	1030	2641
EWK 144	260	218	490	2.2	1395	1269	2825
EWK 225	407	355	876	3.0	1690	1557	3100
EWK 324	581	466	1103	4.0	1971	1850	3425
EWK 441	785	633	1595	5.5	2330	2150	3459
EWK 680	1234	1016	3347	7.5	3395	2381	4550
EWK 900	1690	1131	3917	11.0	4415	2093	4485
EWK 1260	2192	1940	6516	15.0	4285	3395	4770
EWK 1800	3150	2609	10134	22.0	4605	4300	4805

* Potencia disipada en las siguientes condiciones: Tin: 35,0 ºC, Tout: 30,0 ºC, Twb: 24,0 ºC

Tabla 2-2 especificaciones técnicas torres de enfriamiento SULZER

Fuente: EWK brochure pdf

2.4.4 Consumo de fluidos.

Evaporación	1,9 m3/h
Arrastre	0,19m3/h
Caudal in	95m3/h
Caudal out	95m3/h
reposición	2,09m3/h

Tabla 2-3 consumo de fluidos torre de enfriamiento

Fuente: FP-41-373 cap. 29 Sulzer.pdf

Ver ANEXO 3

2.4.5 Componentes de las torres.

En la ilustración 2-21 pueden apreciarse los elementos principales que forman parte de las torres tipo EWK. La forma cuadrada o rectangular de la base, para los tipos de esta serie, ofrece un considerable ahorro de espacio en las instalaciones donde van emplazadas varias torres en batería.

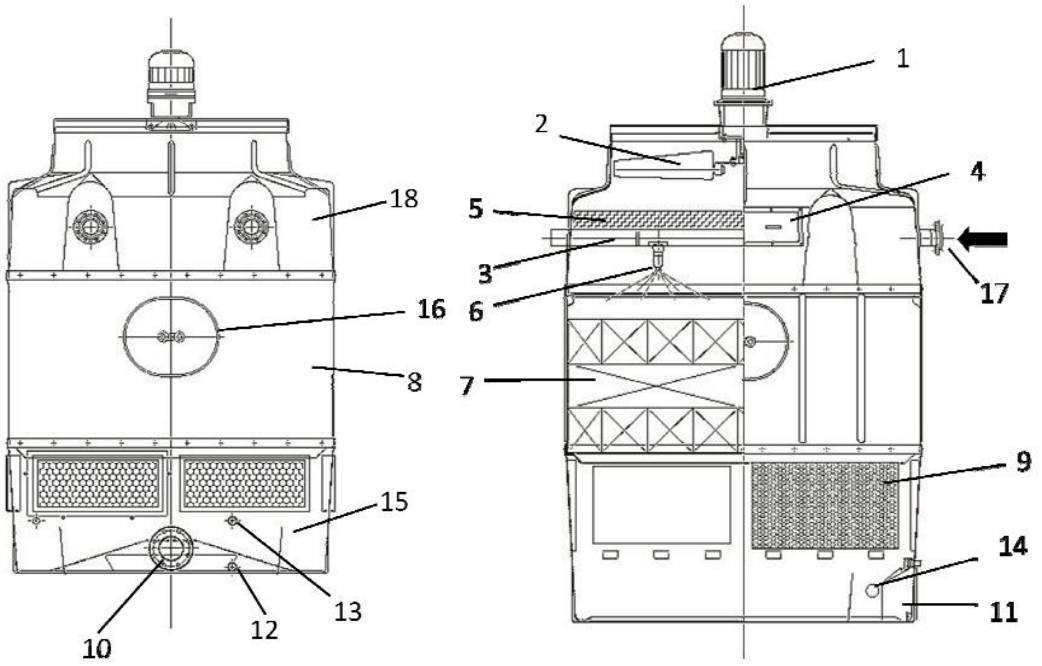


Figura 2-21 componentes torre de enfriamiento

Fuente: EWK maintenance manual.pdf

COMPONENTES TORRE DE ENFRIAMIENTO	
1	Motor del ventilador
2	Ventilador
3	Tubería de distribución
4	Ventana de acceso al separador de gotas
5	Separadores de gotas
6	Toberas de pulverización
7	Relleno
8	Carcasa
9	Persianas de aspiración
10	Brida de salida
11	Filtro
12	Tapón de drenaje
13	Rebosadero
14	Válvula de flotador
15	Bandeja
16	Puerta de registro
17	Tubería de entrada
18	Caperuza

Tabla 2-4 Componentes torre de enfriamiento

Fuente: FP-41-373 cap. 29 Sulzer.pdf

2.5 MANTENIMIENTO

El mantenimiento, tanto a nivel preventivo como correctivo, resulta esencial para conseguir y prolongar en el tiempo las condiciones de funcionamiento eficaz de los equipos y maquinarias en general, pero de manera especial de las torres de enfriamiento que por sus condiciones de funcionamiento y situación a la intemperie resultan muy vulnerables a diversos agentes externos muy variables y de difícil control.

2.5.1 Importancia del mantenimiento preventivo.

La implantación y seguimiento del mantenimiento preventivo tiene una enorme repercusión en el ahorro energético y en la vida útil de los equipos.

Los estudios y resultantes motivaciones de ahorro energético derivados de torres de enfriamiento se basan en equipos limpios y en buen estado, y algunos fabricantes ofrecen datos relativos a la importancia de las pérdidas de eficacia que causan las incrustaciones aparentemente leves o poco perceptibles.

De modo semejante afectan a la eficacia de funcionamiento otras anomalías comunes en máquinas poco o mal atendidas, como pueden ser: correas poco o demasiado tensadas, rociadores obstruidos o caídos, portezuelas abiertas o con las juntas defectuosas, rellenos o separadores desplazados u obstrucciones en el flujo de aire, sentido de giro indebido de ventiladores o bombas, etc.

Igualmente importante es procurar mantener la vida útil del equipo durante un tiempo razonable de rentabilidad, teniendo en cuenta que el funcionamiento deficiente acarrearía gastos de reparación o pérdidas por bajo rendimiento y que, además, la reposición precoz no solo requiere la inversión en un nuevo equipo, sino que, a menudo, provoca gastos por reformas en las acometidas, bancadas, etc., sin contar los derivados del movimiento de piezas de considerable peso y volumen, en ocasiones con emplazamientos de difícil acceso.

2.5.2 Protocolos comunes de mantenimiento preventivo para torres de enfriamiento.

La importancia de un mantenimiento preventivo integral de los equipos, incluyendo el mantenimiento mecánico y eléctrico y el control de los parámetros de funcionamiento como medio de conseguir y mantener un funcionamiento eficiente y seguro, evitar o minimizar paradas imprevistas.

Según el catalogo propio de las torres de enfriamiento Sulzer (CITA)

En un registro de mantenimiento se hace mención de las posibles intervenciones para reparaciones, verificaciones y engrases por cuanto que puedan interferir o malograr los resultados de los tratamientos de desinfección. Y algún decreto autonómico referido al protocolo sanitario de limpieza y desinfección incluye expresamente el mantenimiento mecánico y las reparaciones, detallando las operaciones que han de preceder y seguir a la intervención mecánica. (CITA NORMA DE AGUA INDUSTRIAL)

2.5.3 Principales puntos de atención

A continuación se refieren aspectos y detalles que conviene cuidar en las intervenciones a los distintos elementos objeto de revisión o intervención:

1 Cerramiento, carrocería o envolvente del cuerpo de la torre o condensador: En los casos de ejecuciones con resinas armadas con fibra de vidrio, no requieren mayor cuidado que su limpieza y revisión por si aparecen síntomas de deterioro en su apariencia externa, o de daños por esfuerzos mecánicos o por golpes.

En el caso de carrocerías o cerramientos metálicos, además de lo dicho anteriormente, se ha de revisar periódicamente el estado del galvanizado, de la pintura o de la capa de resinas de protección, según sea su construcción y acabado. Si se detectan descascarillados, rayados o manchas de óxido, deberá procederse a su rascado y limpiado, a su desengrase y protección con pinturas a base de cinc o imprimaciones y pinturas de acabado según la recomendación del fabricante del equipo.

En las ejecuciones de acero inoxidables, conviene vigilar la aparición de manchas de óxido ocasionadas por algunos productos de tratamiento del agua, o deposiciones que puedan favorecerlos, especialmente si el contenido de cloruros en el agua de recirculación es elevado.

2 Estructuras interiores: En el caso de carrocerías metálicas recibirán el mismo trato que éstas. En el caso de ejecuciones con resinas y fibra, debe tenerse en cuenta que las estructuras y armazones interiores de soporte necesitan el repaso periódico de pinturas protectoras y la vigilancia contra la aparición de óxidos u otras corrosiones, salvo que estén totalmente embebidas en la resina y en tal caso se debe vigilar la tornillería emergente.

3 Entradas y salidas de aire: Normalmente cuentan con protecciones de mallas metálicas o persianas y se ha de vigilar que no resulten obstruidas por hojarasca, plásticos o papeles de desechos de embalajes, etc. En el caso de equipos con ventiladores centrífugos que estén apoyadas en estructuras elevadas del suelo, conviene completar esa protección también por su parte inferior por motivos de seguridad y para evitar la entrada de desechos.

4 Serpentines: Requieren especial atención y vigilancia. No cuentan con pinturas ni recubrimientos de protección sobre su ejecución galvanizada o de acero inoxidable. Debe observarse la aparición de manchas de óxidos o corrosiones, y las deposiciones de incrustaciones blandas o duras, procediendo a su inmediata o temprana eliminación a la que ha de seguir la revisión y comprobación del tratamiento del agua así como de los procedimientos y productos de limpieza y de desinfección.

Cuando se han de disponer varios serpentines conectados en paralelo desde colectores, es de suma conveniencia que se instalen válvulas de corte en las entradas y salidas de cada serpentín, de manera que se puedan independizar para ciertas operaciones de mantenimiento, reparación o sustitución sin mayor trastorno para el resto de la instalación. 4

5 Rellenos y separadores: Normalmente fabricados con PVC, CPVC o PP, aunque también van apareciendo en el mercado fabricaciones con otros plásticos y resinas, incluso algunas con propiedades bactericidas. Su estado de limpieza es básico para conseguir la eficiencia de intercambio y la efectividad en la evitación o limitación de dispersión de gotas y aerosoles.

Igualmente importante es la debida colocación y ajuste de los separadores en sus alojamientos, que por lo tanto deben ser revisados. Debe comprobarse que la calidad y características del relleno le permiten soportar sin daños ni deformaciones las temperaturas normales de trabajo del agua que van a recibir. El hecho de quedar sometido a temperaturas superiores a las que puede soportar, aunque fuera por espacios de tiempo cortos, así como el quedar sometidos al efecto de heladas, pueden dañarlos seriamente, deformándolos o haciéndoles frágiles hasta el punto de inutilizarlos. Las tormentas con granizo pueden dañar seriamente a los separadores de plásticos instalados a intemperie en la parte superior de torres y condensadores

6 Fugas de agua: Las rutinas de mantenimiento deben comprender la observación de fugas, goteos o rezumes de agua que pueden darse en las uniones de chapas o láminas de cerramiento, en las conexiones, en la bomba de agua o por escapes debidos a defectos en las toberas de rociado o los separadores. Tales pérdidas de agua, además del valor de la misma y de los productos disueltos (biocidas, etc.) pueden facilitar el crecimiento de algas y mohos y provocar fenómenos de corrosión en el exterior y entorno del equipo, que pueden terminar trasladándose a su interior.

7 **Acometidas para servicio:** Es de gran utilidad para los operarios encargados del mantenimiento y reparación, así como para los que se ocupen de los trabajos de limpieza y desinfección, disponer en buen estado de uso las acometidas de agua y electricidad (corriente trifásica para máquinas de limpieza y monofásicas para herramientas eléctricas de mano), aire comprimido, donde sea posible y conveniente y un adecuado alumbrado con tomas para lámparas portátiles, por lo que estas mismas acometidas e instalaciones han de ser también objeto del mantenimiento. La disponibilidad de estas acometidas revierten directamente en seguridad laboral, mejor calidad de los trabajos y ahorro del tiempo invertido en su realización.

8 **Filtro de aspiración de la bomba:** Este filtro en sus distintas configuraciones: planos, cilíndricos o en otras forma geométricas, forma parte del equipa-miento normal de torres y condensadores. Tiene por objeto impedir la llegada de cuerpos extraños a la bomba (generalmente, los de tamaños superiores a unos 5 a 8 mm).

Pueden obstruirse con lodos, algas o desechos (cartones, plásticos, hojarasca) restringiendo el caudal de aspiración de la bomba con riesgo de daño para la misma y

pérdida cierta de eficacia del equipo. De ahí el interés en su vigilancia y limpieza permanente. Su revisión suele ser sencilla y también su desmontaje, por lo que debe resultar tarea fácil; si no lo fuera, debería plantearse la adecuada modificación.

9 **Válvula de llenado:** Cuando se trate de válvulas mecánicas de brazo y boya, se preferirán las boyas de plástico de buena calidad; las metálicas tienen mayor riesgo de perforarse por sufrir deterioros y poros en sus soldaduras, lo que permite la entrada de agua y falsean su actuación. En su revisión se ha de comprobar el libre juego del mecanismo, el flujo correcto cuando está abierta y el cierre total cuando corresponde, incluyendo la inspección de los asientos de cierre. En el caso de válvulas de actuación electromagnética, la revisión de mantenimiento requiere el desmontaje periódico (según modelos y tamaños) para inspeccionar los asientos, orificio del servo pistón, membrana y resorte, etc., limpiando sus partes móviles y liberándolas de cualquier depósito de sales que pueda entorpecer su movimiento. Es conveniente que este tipo de válvulas disponga de un filtro y válvula de cierre aguas arriba, para facilitar el desmontaje y las operaciones descritas en el párrafo anterior. Igual limpieza debe efectuarse en las partes móviles de su boya de control de nivel o de los electrodos sensores, que pierden sensibilidad si quedan recubiertos de suciedad o sedimentos precipitados. Cualquiera que sea el modelo de válvula de llenado, en las rutinas de inspección se debe comprobar el mantenimiento adecuado del nivel en la balsa. Salvo indicación concreta del fabricante, el nivel se puede regular a unos 4 a 8 cm inferior al rebosadero y no menos de 10 cm sobre la parte más alta de la toma de aspiración de la bomba.

10 Desconcentración y purga: En algunos casos en que la calidad del agua y su posterior posible aprovechamiento lleven a un control de purga simple (purga = evaporación), puede ser utilizable una válvula manual de asiento o aguja, que permita una regulación de caudal; las válvulas de compuerta o las esféricas (“de bola”) son más imprecisas para regular. En cualquier caso, una vez conseguida la regulación es muy conveniente precintar o desmontar la maneta o manivela de accionamiento y dejarla a recaudo de persona de confianza. Se evita así la manipulación descontrolada y la errónea tentación de cerrar la válvula de purga o restringir su paso para evitar lo que alguien con buena intención y mala información considere que es una pérdida sin provecho.

Cuando el agua de purga no se puede aprovechar para otros usos y en instalaciones bien desarrolladas en las que se prevén demandas variables de capacidad en los equipos, es

normal que el control de la desconcentración se efectúe mediante sondas de conductividad sobre el agua de la balsa o bandeja, transmitiendo la señal u orden a válvulas de purga electromagnéticas.

Estas válvulas y sondas requieren las mismas revisiones que las indicadas en el punto 9 anterior para las válvulas de llenado.

Es conveniente que este tipo de válvulas disponga de un filtro y válvula de cierre aguas arriba, para facilitar su desmontaje, revisión y limpieza.

En todos los casos, la salida del agua de purga debe tener un tramo visible y que permita la toma de muestras. Si esta agua es pérdida se han de tener en cuenta las normas vigentes sobre vertidos.

11 Válvula de vaciado: Dado que el uso de esta válvula puede quedar restringido a dos ocasiones anuales con motivo de las limpiezas reglamentarias, conviene incluir en rutinas de mayor frecuencia su accionamiento para evitar agarrotamientos u obstrucciones, evitando desagradables sorpresas y retrasos en las limpiezas al tener prevista cualquier anomalía con antelación.

12 Dispositivos contra heladas: Cualquiera que sea el dispositivo empleado entre los expuestos (véase el capítulo 6), su revisión debe incluirse en la programación de mantenimiento con antelación suficiente para cubrir cualquier contingencia de reparación o ajuste antes de la temporada otoñal de nieves, incluyendo, como mínimo, otra revisión en invierno para comprobar que se obtienen los resultados proyectados.

En los apartados de “Precauciones generales” del capítulo 6 se dan pautas que permiten desarrollar rutinas de mantenimiento acordes con el tipo de instalación disponible, a los que debe añadirse la inspección y comprobación del control de nivel mínimo de agua en la balsa, que deben asegurar que las resistencias calefactores de la balsa (si ese es el dispositivo empleado) permanezcan sumergidas y en caso contrario no puedan actuar en seco. Ese control requiere los cuidados de inspección y limpieza semejantes a los descritos en el apartado 9 para las válvulas electromagnéticas de llenado.

Durante la época de riesgo de heladas, especialmente si los equipos se paran durante la noche, conviene transmitir al personal del usuario instrucciones para que inspeccionen las aspas o los rodetes de los ventiladores antes de su puesta en marcha y si hubiera hielo, escarcha o nieve depositada, procedan a limpiarla antes del arranque de los motores.

El funcionamiento desequilibrado resulta peligroso. Semejante precaución se debe tener con los rociadores, boquillas, toberas o bandejas de distribución del agua, observando si el agua sale uniforme y correctamente por todas ellas.

13 Bomba de recirculación de agua: En las torres de circuito abierto, la o las bombas suelen pertenecer al resto del sistema, porque su selección y funcionamiento ha de tener en cuenta las necesidades del circuito de distribución y de los receptores en el proceso. Posiblemente estén adscritas a otros capítulos dentro del plan general de mantenimiento, aunque en general, les puede servir lo que se dirá a continuación.

En las torres de circuito cerrado e híbridas, y en los condensadores evaporativos, las bombas forman parte de la dotación normal del equipo (salvo excepciones por necesidades o conveniencias particulares) y están acopladas directamente al mismo.

14 **Ventiladores axiales:** Los ventiladores axiales pueden ser para tiro forzado (situados en un lateral de la parte inferior del cuerpo del equipo, entre el relleno y la balsa) o para tiro inducido (situados en la parte superior del cuerpo del equipo). Para los trabajos de mantenimiento, la diferencia inmediata proviene de su situación que facilita más o menos la intervención sobre los mismos. Otra diferencia deriva de su posición de montaje: con eje horizontal o vertical, lo que lleva a diferentes tipos de desgaste, distintas características de sus cojinetes o rodamientos, incluso de sus motores, que aun siendo todos de ejecuciones estandarizadas, es más difícil su reposición y repuestos en el caso de los de eje vertical.

En cuanto a la disposición entre el ventilador y su motor de accionamiento, existen tres modalidades básicas que tienen una parte de tratamiento común en las operaciones de mantenimiento, como son:

a) Toma de datos generales

La tensión y el consumo, el sentido de giro y el engrase de rodamientos del motor.

En cuanto a las hélices, la comprobación de la fijación sólida de las aspas al cubo central y la correcta fijación de la chaveta y prisionero, del mollú cónico, o el método que corresponda de fijación al eje del motor.

Se deberá comprobar también la alineación de las palas o aspas con la boca de salida del aire, y la holgura radial que asegure la ausencia de roces (comprobaciones con suave giro a mano y seguidamente con el motor en marcha).

La observación del estado de la pintura u oxidación en la hélice o los álabes y en la carcasa del motor, que determinará su limpieza y repintado.

La observación de deposiciones o costras que mermen la ventilación y/o refrigeración del motor.

En los motores que funcionan con tiro inducido y que están sometidos a la corriente de aire cálido y húmedo que sale del equipo, conviene incluir la medición de aislamiento o derivación a tierra para prevenir la condensación de vapor de agua en su interior o en su caja de conexiones.
Además se aplicarán rutinas específicas para cada una de las modalidades siguientes:

b) Transmisión directa: Consiste en el montaje de la hélice directamente sobre el eje del motor, por el sistema de chaveta o de mollú cónico. Es la disposición más sencilla y robusta y que requiere el mínimo mantenimiento. Suele contar con motor de baja velocidad, de 700 rpm a un máximo normal de 1.000 rpm, para conseguir bajos valores de presión sonora. Su mantenimiento se limita a lo expuesto en el apartado a.

Presenta el inconveniente de la difícil reposición del motor en caso de avería, a menos que se disponga de otro de repuesto de idéntico modelo y características.

c) **Transmisión por correas:** En este dispositivo, la hélice se monta sobre un eje que se fija mediante 2 o 3 cojinetes o rodamientos a una bancada o armadura de soporte. Sobre la misma bancada u otra solidaria a ella se sitúa el motor de acciona-miento que cuenta con unos carriles o plataforma de tensado. Los ejes de ventilador y motor cuentan con sendas poleas con los diámetros adecuados a las respectivas velocidades y la transmisión entre ellos se efectúa por medio de un juego de correas trapezoidales generosamente dimensionadas.

El mantenimiento comprende lo indicado en el apartado a, ampliado al alineamiento de las poleas, y a la inspección del estado de conservación y de tensado de las correas. Cabe recordar que cuando alguna de las correas ha cedido en demasía o se ha deteriorado o roto, se debe cambiar el juego entero cuidando que su tipo, tamaño nominal y número de control de longitud sean los mismos para todas las correas del juego. Para el tensado de las correas deben seguirse las recomendaciones para cada modelo del fabricante del equipo.

Aun cuando esta disposición requiere un mantenimiento más constante y laborioso, presenta la ventaja de la facilidad de las reparaciones, sobre todo para la reparación o sustitución del motor eléctrico de forma definitiva o provisional.

Barra de transmisión y caja reductora: Otra modalidad es el empleo de una barra de transmisión utilizada como prolongación del eje del motor en las torres con tiro inducido en las que se sitúa el motor fuera de la corriente de aire húmedo. En el enlace del motor con la barra o, más

Las intervenciones de mantenimiento se centran en la medición de tensión y consumo de sus motores y la observación de sentido de giro, ruidos anormales o vibraciones que puedan ser síntoma de desgaste de rodete o cojinetes, roturas de álabes o descentramiento del eje, fenómenos de cavitación o defecto de anclaje a su bancada. Es conveniente un desmontaje, Revisión, limpieza y engrase, con particular atención al estado del sello o retén y con periodicidad proporcional a sus características y horas de funcionamiento

2.5.4 Repuestos

La gestión del mantenimiento preventivo y la previsión de la eventualidad de averías, llevará a la provisión de un almacén de componentes o piezas de repuesto y a su revisión y reposición.

Los fabricantes podrán sugerir listados de componentes o piezas de repuesto recomendables en función de los modelos de equipos instalados, la cantidad de unidades de cada modelo y otros detalles particulares en cada instalación.

En líneas generales y atendiendo a la vulnerabilidad, a la dependencia para el funcionamiento del equipo y a la mayor o menor dificultad de reposición se propone el siguiente listado básico:

- Una bomba del agua de recirculación completa, de cada modelo instalado, que facilita la sustitución inmediata mientras se acomete la reparación o reposición de la averiada.

- Un juego de despiece de bomba de agua de cada modelo (rodete impulsor, cojinetes o rodamientos, retén, motor eléctrico, juntas, etc.) que habiliten la reparación sobre el terreno.
- Productos consumibles para tratamiento del agua y desinfección, incluyendo previsión que cubra eventuales retrasos en los suministros programados.
- Un juego de cojinetes o rodamientos de cada tipo y tamaño de ventilador.

- Un juego completo de chavetas o mollús de las respectivas poleas y volantes.

- Un juego de rodetes o turbinas, o al menos, uno/a de cada tipo y tamaño de ventilador.

- Una hélice completa (o un juego de palas, si se cuenta con medios para su montaje y equilibrado).

- Un eje de ventilador o tren de ventilación (la avería de rodamientos, turbinas o hélice determina en ocasiones el deterioro del eje, a veces, durante la reparación de aquellos).

- Dos juegos completos de correas trapezoidales de cada tipo y tamaño.

- Un juego de rodamientos de motor de ventilador.

- Un motor de ventilador de cada modelo y tamaño (salvo que la cantidad de motores instalados permitan el funcionamiento del equipo sin uno de los motores).

- Cantidad de toberas o rociadores que permita la reposición de, al menos, uno de los equipos instalados (lo que facilita establecer un sistema rotatorio de limpieza sin menoscabo del funcionamiento).

- Según sea el caso, un juego completo, o unos cuantos elementos de separadores.

- Según los casos, un juego completo o algunos módulos del relleno.

- Una válvula de llenado, con boya (o conjunto de bobina y asiento y membrana en el caso de ser electromagnética).

- Un juego de juntas de las puertas o escotillas de acceso al interior del equipo.

- Provisión de grasas o aceites para lubricación de cojinetes o rodamientos, según las especificaciones del fabricante del equipo.

- Discrecionalmente, algún otro elemento según las características del o los equipo/s instalado/s que provea la menor interrupción posible durante operaciones de limpieza o reparación.

- Repuestos para los dispositivos, bombas dosificadoras, etc. de tratamiento del agua y dosificación de biocidas, según recomendaciones de los respectivos fabricantes.

CAPÍTULO 3: DISEÑO SOLUCIÓN.

3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para generar un mantenimiento programado, debemos primero saber las condiciones que se encuentra el equipo previamente. Para ello generaremos una ruta de inspección periódica donde tanto el operador o el mecánico de área; según disponga el ingeniero a cargo, deberá realizar periódicamente e informar el estado de la torre.
En esta ruta de inspección, el encargado, deberá inspeccionar visualmente equipos y componentes, completar una lista de chequeo, en la cual proporcionara la información necesaria para una futura mantención tanto programada como correctiva, de ser necesaria.
En este chequeo se divisaran equipos y componentes de todo el circuito secundario del sistema de refrigeración de la estación de ajuste metalúrgico 1.

A continuación se nombraran las actividades a realizar.
Esta lista deberá ser rellenada con un tick en caso que se encuentre en normal o buen estado, en caso contrario marcar con una x y al costado en observaciones y especificar la anomalía.

A continuación se muestra un extracto con un ejemplo de cómo se debe rellenar el listado de inspección periódica:

3.1.1 Lista de inspección periódica.

COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO S.A. UNA EMPRESA CAP

INSPECCION PERIODICA EQUIPOS Y COMPONENTES CIRCUITO SECUNDARIO ENFRIAMIENTO EAM1			
EQUIPOS	UBICACIÓN	ESTADO	OBSERVACIONES
MOTOBOMBA G-101	SALA BOMBAS N°1		
MOTOR		√	
ACOPLE Y SELLO		X	FILTRACION LEVE
BOMBA		√	

FECHA INSPECCION	INSPECCIONADO POR
DD/MM/AÑO	

FIRMA

Tabla 3-1 ejemplo inspección periódica
Fuente: exel

Este check list se puede observar en el ANEXO 4.

Una vez completada la lista, deberá ser informada al ingeniero a cargo del área, para que esta la archive y se utilice de respaldo y ayuda para la mantención programada futura.

Con la ayuda de esta información, nos permitirá también, generar una estadística que nos permita saber, cuales son los elementos más críticos, así poder controlarlos con mayor anterioridad. También nos permitirá realizar un análisis de fallas.

3.1.2 Análisis de fallas.

La siguiente tabla nos presentara las posibles causas y fallas que pueda presentar una torre de enfriamiento.

3.1.2.1 Tabla análisis de falla.

TABLA CAUSAS Y FALLAS TORRES DE ENFRIAMIENTO EAM 1	
CAUSAS	**FALLAS**
• Ensuciamiento del relleno • Temperatura del aire superior al valor del proyecto • Ensuciamiento y depósitos en los circuitos de agua • No existe circulación libre de aire • Fallo en la regulación del ventilador • Fallo en el accionamiento del ventilador • Fugas en el circuito	La potencia de enfriamiento baja
• No funciona el motor • Sentido de giro incorrecto • Fallo en la regulación	El ventilador no impulsa aire
• Avería en el conjunto del motor • Avería en el reductor • Al conmutar a revoluciones más bajas, relé de tiempo mal regulado para el motor del ventilador	Aparición de ruidos anormales
• Ventilador desequilibrado por ensuciamiento o desperfectos • Avería en los cojinetes	Vibraciones
•Obstrucción de las toberas • Obstrucción del relleno	No cae agua uniformemente en la bandeja

Tabla 3-2 causas y fallas

Fuente: EWK maintenance manual pdf

3.2 MANTENIMIENTO PROGRAMADO

En este mantenimiento, se considera una serie de actividades obligatorias y actividades extraordinarias en el caso que se amerite.

La mantención programada de la torre de enfriamiento, tiene como principal función, el mantenimiento sanitario, este se realiza con fines de evitar la acumulación y aparición de materia orgánica, que permita el mal funcionamiento de la torre de enfriamiento. También se efectuara una labor de mantenimiento mecánico al sistema

de ventilación, a las motobombas (de ser necesario), filtros, sistema de distribución de agua, toberas y otros elementos mecánicos y estructurales de la torre de enfriamiento.

3.2.1 Periodo mantenimiento.

Generalmente las torres de enfriamiento son equipos de poco mantenimiento, una vez por año recomiendan los fabricantes, COMO POR EJEMPLO CITA CATALOGO, pero en el caso de que el equipo presente alguna falla como en la que se muestra en la tabla 3-2 y en la tabla 3-1, se deberá programar un mantenimiento extraordinario.

3.2.2 Tareas de mantenimiento.

A continuación se muestran las actividades en una mantención programada

3.2.2.1 Filtro.

Limpieza del filtro: Para proceder a la limpieza del filtro, desmontar éste y limpiarlo convenientemente con agua a presión.

Para desmontar el filtro, retirar los tornillos y tuercas (ilustración 3-1) y quitar el filtro.

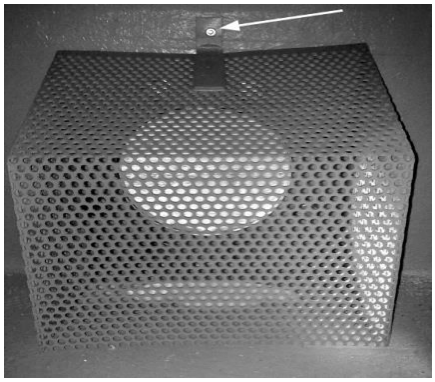


Figura 3-1 Filtro

Fuente: EWK maintenance manual pdf

3.2.2.2 Separador de gotas.

a) Revisión del separador: Determinar si existen sedimentos de cal o cualquier otro tipo en el mismo, o si se observan formación de algas, en caso afirmativo, proceder a su limpieza.

b) Limpieza o sustitución del separador: observa suciedad o sedimentos en el separador se deberá proceder a su limpieza o sustitución en el caso de que éste se encuentre dañado. Para ello se debe desmontar de la siguiente manera:

1. Aflojar las tuercas del acceso con ayuda de una llave.

Figura 3-2 Accesos a separador de gotas

Fuente: EWK maintenance manual pdf

2. Extraer los paneles del separador uno a uno.

Figura 3-3 Extracción separador de gotas

Fuente: EWK maintenance manual pdf

Datos técnicos separador de gotas	
tipo	Laminar
material	PVC, autoextinguible con estabilizante uv
arrastre	0,15%
eficiencia	99%
Temperatura de operación	60°C

3. Proceder a la limpieza de los paneles con agua a presión o a la sustitución de los mismos.

3.2.2.3 Relleno.

a) Revisión del relleno: Determinar si existen sedimentos de cal o cualquier otro el mismo, o si se observan formación algas, en caso afirmativo, limpieza.

b) Limpieza o sustitución del relleno: Si se observa suciedad o sedimentos en el relleno se deberá proceder a su limpieza sustitución en el caso de que éste se encuentre dañado.

c) Para desmontar el relleno de la siguiente manera:

1. Aflojar las tuercas de mano de la puerta de registro.
2. Girar 45º la puerta y sacarla.
3. Extraer los paneles del relleno uno a uno.
4. Proceder a la limpieza de los paneles del relleno con agua a presión o a la sustitución de los mismos.

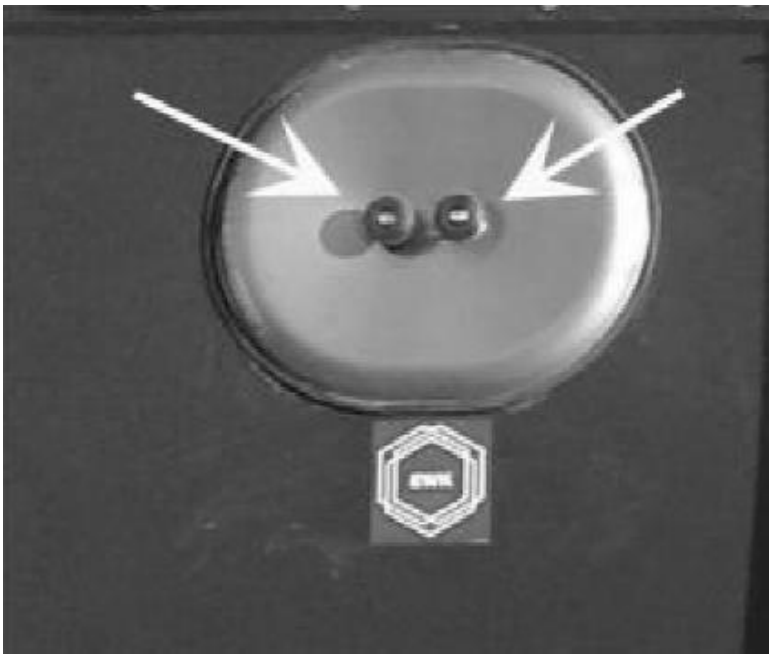


Figura 3-4 Puerta de acceso relleno

Fuente: EWK maintenance manual pdf

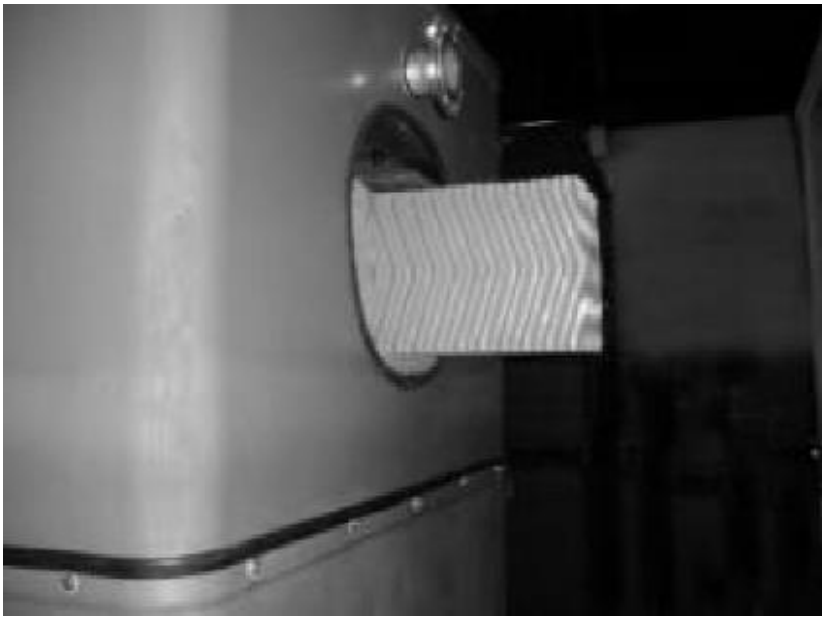


Figura 3-5 Extracción relleno

Fuente: EWK maintenance manual pdf

Datos técnicos relleno	
Tipo	Laminar
Material	PVC, auto extinguible con estabilizante UV
Superficie de intercambio	226 m2/m3
Temperatura de operación	60 °C
Canal de pasaje aire agua	12 mm
Altura de paneles de relleno	900 mm
Dimensiones	1200 x 300 x 300 mm

3.2.2.4 Tobera.

Para comprobar que las toberas no se encuentran obstruidas bastará con observar si el agua cae uniformemente en la bandeja. Si se observa alguna zona en la que no cae el agua de manera normal, desmontar y limpiar las toberas (fig. 30).

Limpieza de las toberas: Esta operación puede realizarse a través de la puerta de registro en los modelos grandes.

Para extraer las toberas en los modelos grandes, una vez desmontado el relleno el separador de gotas introducirse por la puerta de registro o una de las ventanas de la bandeja (si está vacía). Apoyarse en el soporte del relleno para alcanzar las toberas y proceder al desmontaje de las mismas aflojando las dos abrazaderas que la fijan al tubo, con ayuda de un destornillador de cabeza plana.

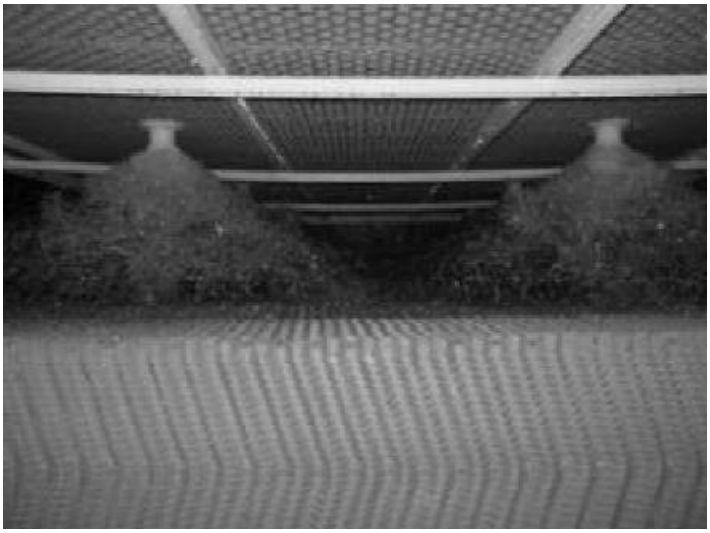


Figura 3-6 Toberas

Fuente: EWK maintenance manual pdf

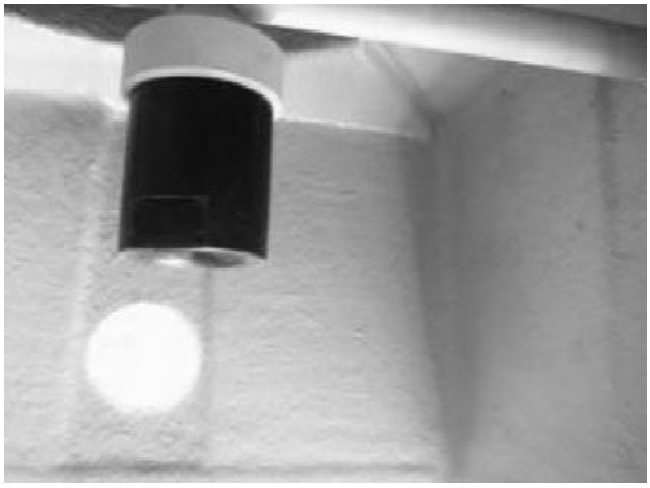


Figura 3-7 Toberas

Fuente: EWK maintenance manual pdf

3.2.2.5 Válvula flotador.

a) Revisión y limpieza de la válvula de flotador: Revisar el funcionamiento de la válvula de flotador comprobando que el nivel del agua se encuentra entre 5 y 10 cm por debajo del rebosadero, con la torre en funcionamiento.
Si se desea limpiar la válvula de flotador desmontar ésta quitando con una llave la tuerca correspondiente.

d) Regulación de la válvula de flotador: Si se desea regular la posición de la válvula de flotador, aflojar el tornillo de la boya y desplazar ésta hasta la posición deseada según se indica en las figura

Figura 3-8 Válvula flotador

Fuente: EWK maintenance manual pdf

3.2.2.6 Motor.

Comprobar sujeción del motor: que se encuentran correctamente apretadas las tuercas de los tornillos sujeción del motor (fig. 34), en ser así, apretarlas.

Figura 3-9 Motor ventilador

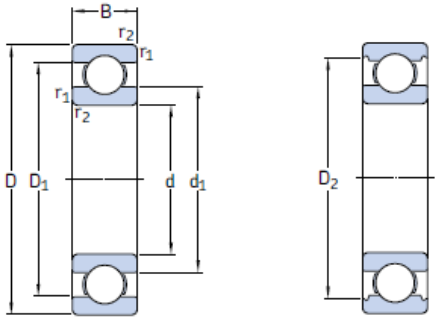
Fuente: EWK maintenance manual pdf

3.2.2.7 Rodamiento motor.

Existen dos rodamientos para el motor, estos son:

a) Extremo libre 6308Z
b) Extremo ciego 6308

DATOS TECNICOS DE LOS RODAMIENTOS



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
			dinámica	estática		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
d	D	B	C	C_0	P_u				
mm			kN		kN	rpm		kg	–
40	52	7	4,94	3,45	0,19	26 000	16 000	0,034	**61808**
	62	12	13,8	10	0,43	24 000	14 000	0,12	**61908**
	68	9	13,8	9,15	0,44	22 000	14 000	0,13	***16008**
	68	15	17,8	11,6	0,49	22 000	14 000	0,19	***6008**
	80	18	32,5	19	0,80	18 000	11 000	0,37	***6208**
	80	18	35,8	20,8	0,88	18 000	11 000	0,34	**6208 ETN9**
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	11 000	0,63	***6308**
	110	27	63,7	36,5	1,53	14 000	9 000	1,25	**6408**

Figura 3-10 Datos técnicos rodamientos fijos de bola

Fuente: Catálogo rodamientos SKF

Estos rodamientos utilizan los siguientes lubricantes:

1. SHELL ALBANIA 3
2. CALTEX MULTIFAX 3
3. ESSO BEACON 3
4. BP ENERGREASE 3
5. MOBIL MOBILUX 2

Estos lubricantes son un 12% máximo de litio (sin calcio). Resistente a la penetración 220/250 ASTM. Punto de goteo 160/180 °C

Se recomienda que se lubrique cada 8000 h (12 meses).

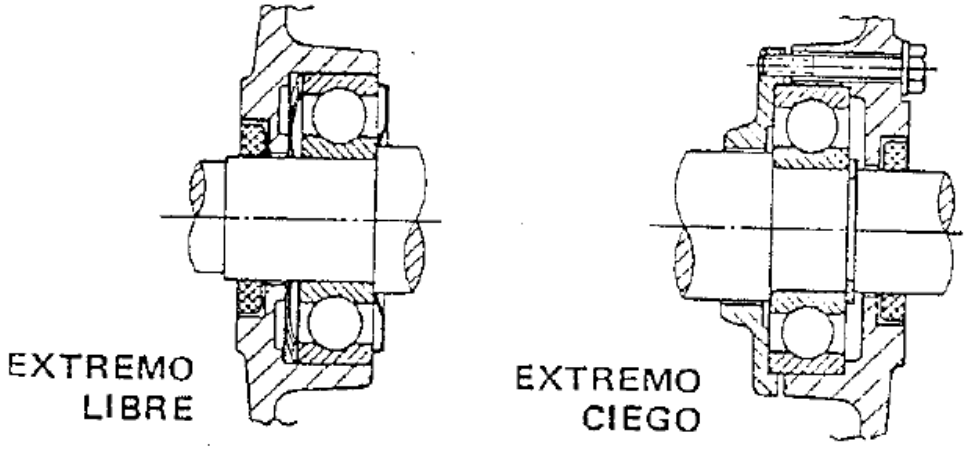


Figura 3-11 Rodamiento motor.

Fuente: Archivo FP-41-373 cap. 29 Sulzer.pdf

3.2.2.8 Ventilador.

a) Limpieza de las palas del ventilador: esta operación se realizará con agua a presión.
b) Comprobar sujeción del ventilador: Comprobar que se encuentran correctamente apretadas las tuercas de los tornillos de sujeción del ventilador, en caso de no ser así, apretarlas.

Figura 3-12 Motor ventilador

Fuente: EWK maintenance manual pdf

3.2.2.9 Actividades extras

Para la extracción del motor del ventilador y/o extracción de parte superior de la torre de enfriamiento, esta se debe de realizar con maniobra y la ayuda de un camión grúa, que nos ´permita izar las partes o componentes deseados. En el ANEXO 5 se encuentra de forma correcta el modo de izamiento de estas partes.

3.3 PROCEDIMIENTO TRABAJO SEGURO.

Para una correcta manipulación en este mantenimiento, la COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A. dispone de un PST (Procedimiento seguro de trabajo) en donde se muestra cada una de las actividades y sus respectivos peligros y medidas de control.

Este PST debe ser estudiado previo al mantenimiento para que los integrantes, deban estar en conocimiento de los riesgos y peligros asociados este PST se detalla en el ANEXO 6.

3.3.1 Tarjeta de bloqueo.

También cada uno de los integrantes, deben de tener en su poder una copia de la tarjeta de bloqueo, esta tarjeta de bloqueo permite que un equipo o elemento este fuera de operación mientras se esté manipulando, y solo al finalizar la tarea correspondiente y verifique el ingeniero a cargo, se solicitara la copia para desbloquear el equipo y poner este en marcha.

La instalación de estas tarjetas se deberá instalar tanto en los paneles eléctricos, válvulas principales y pulpito de EAM.

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN TÉCNICA Y COSTOS ECONÓMICOS PLAN DE MANTENIMIENTO

4.1 EVALUACIÓN MANTENCIÓN PREVENTIVA

En esta evaluación nos detendremos en especificar los elementos que nos permiten llevar a cabo esta tarea y el costo económico que representa.

Uno de los aspectos principales del mantenimiento preventivo será el tiempo en que el operador y/o mecánico dispondrá para el chequeo periódico de los equipos y componentes:

4.1.1 Duración chequeo periódico.

4.1.1.1 Operador.

Periódicamente el encargado de tomar la ruta de inspección, se deberá trasladar desde la oficina del jefe a cargo de EAM, que se encuentra al costado de EAM, e inspeccionar cada uno de los equipos y elementos que se encuentran en el capítulo anterior.

El recorrido total que deberá realizar quien inspeccione el circuito secundario de enfriamiento de EAM 1:

- Recorrido: 600 m
- Tiempo: 7 min aproximadamente.

El encargado de rellenar el chequeo periódico se detendrá aproximadamente 10 s en cada uno de los elementos a inspeccionar.

- Tiempo de llenado chequeo: 3 min

El tiempo total constara también con una conversación previa con el ingeniero a cargo.

- Tiempo total: 15 min.

4.1.1.2 Ingeniero.

El ingeniero deberá revisar, identificar elementos en mal estado, subir (PLATAFORMA) y guardar la información entregada por el operador, para que sea planificada un cambio, reparación o mantención del o los equipos en cuestión.

- El tiempo que deberá realizar esta operación será de no más de 15 min.

4.1.1.3 Elementos y equipos a utilizar.

Elementos a utilizar en mantenimiento preventivo:

- Lista de chequeo diario: esta lista constara de dos hojas que se deben imprimir cada vez que se realice la inspección: Costo total: $100 CLP.

- Lápiz: Costo total: $150 CLP

- Porta documento: Costo total: $2.000

- Computador: Costo total $200.000 CLP

- Archivador: Costo total $2.000 CLP

COSTE DE INSUMOS			
Elementos	Costo unidad (CLP)	Unidades	Coste inicio
Lápiz	$150	12	$1.800
Porta documento	$2.000	12	$24.000
Computador	$200.000	1	$200.000
Archivador	$2.000	12	$24.000
Hojas	$50	480	$24.000
Total anual			**$273.800**
Total mensual			**$6.150**
Total diario			**$1.140**

Tabla 4-1: Coste anual de insumos

Fuente: Microsoft Excel

4.1.2 Costo Mantenimiento Preventivo.

Este costo considera el mantenimiento preventivo realizado una vez. La empresa considerara las veces que se realizara este mantenimiento preventivo.

4.1.2.1 Costo operador.

Considerando los 15 min del chequeo preventivo y sabiendo que el operador recibe un sueldo de $500.00 CLP por 180 horas mensuales, el costo por operario será de:

- $694 CLP

4.1.2.2 Costo ingeniero.

Considerando los 15 min de trabajo que este implica, y sabiendo que el ingeniero recibe un sueldo de $1.000.000 CLP por 180 horas mensuales, el costo será de:

- $1.400 CLP

HHEE COSTE PERSONAL POR DÍA			
Trabajador	**Cantidad Personal**	**Tiempo operación**	**Coste (CLP)**
Operador mecánico	1	15	$ 694
Ingeniero	1	15	$ 1.400
Total			**$ 2.094**

Tabla 4-2: Coste HH personal por día

Fuente: Microsoft Excel

4.1.2.3 Costo implementos

Teniendo en cuenta los implementos mencionados en el punto 4.1.1.3 el costo diario de esta actividad será de:

- $1.140 CLP

4.1.2.4 Costo total

Sumando los ítems anteriores, el costo total diario del mantenimiento preventivo es de:

- $3.240 CLP

Este costo representa un 0,0324% del valor total de una torre de enfriamiento.

Si esta gestión de mantenimiento preventivo se realizara de lunes a viernes durante todo el año tendrá un costo total de $ 777.600 CLP, lo que equivale a 7,7% del valor total de una torre de enfriamiento.

4.2 EVALUACIÓN MANTENIMIENTO PROGRAMADO

En esta parte del capítulo, nos enfocaremos a las actividades que ya previamente mencionamos en el capítulo anterior con lo que respecta a la mantención programada. Según los fabricantes, mencionan que las torres de enfriamiento son equipos de baja mantención, recomiendan que se realice una vez al año.

Para la realización de la mantención programada se necesitara los siguientes equipos y herramientas:

- Camión grúa pluma telescópico.
- Hidrolavadora.
- Herramientas varias.
- Trajes de agua.

El capital humano necesario para esta actividad:

- Ingeniero a cargo
- 4 Técnicos mecánicos

La realización de esta actividad, tendrá una duración de 8 horas, 6 horas para la intervención del equipo y dos horas para la puesta en marcha del mismo.

Costo total de este mantenimiento será de

- Equipos, herramientas e insumos: $350.000 CLP.
- Capital humano: $150.000 CLP.
- Costo total por torre: $500.000 CLP.

ITEM	COSTE (CLP)
Equipos, herramientas e insumos	$350.000
Capital humano	$150.000
Costo total por torre	$500.000
COSTE TOTAL	**$1.000.000**

Tabla 4-3: Costo mantenimiento programado

Fuente: Microsoft Excel

En este caso son dos torres así que se duplica su valor.

Este costo representa el 5% del costo total de una torre de enfriamiento.

Costo total de estos mantenimientos

7,5% del valor total anual de ambas torres de enfriamiento, lo que equivale a $1.500.000 CLP.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Todo sistema en el que requiera enfriar temperaturas, se debe evaluar el equipo correspondiente.

- Las torres de enfriamiento son equipos mecánicos que nos permiten absorber energía calórica de un fluido.

- El mantenimiento preventivo nos dará información, a cual nos permitirá generar estadística y con ello un mejor mantenimiento programado.

- Los costos asociados al mantenimiento anual no supera los 7.5% del valor total de la torre.

- El mantenimiento también es limpieza, para aumentar la vida útil de los equipos.

5.2 SUGERENCIAS

- ✓ Respetar plan de mantenimiento preventivo, ya que este nos permite con mayor precisión obtener los datos requeridos.

- ✓ Generar más de una vez al año la limpieza de las torres de enfriamiento.

- ✓ Guardar la información tanto de forma digital como física.

BIBLIOGRAFIA

IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía: Guía técnica de torres de refrigeración, España, 84p. Edición digital. ISBN: 978-84-96680-09-8

CATÁLOGOS, EXTRACTOS Y OTROS

Torres de Enfriamiento de Circuito Cerrado, BAC 2014

Manual de instalación, funcionamiento y mantenimiento, Goulds Pumps 2018

Catálogo de sellos mecánicos, Chesterton 2011

Catálogo torresde enfriamiento, BioPrisa S.A.

Guia técnica torres de refrigeración

Motores Eléctricos Trifásicos - 50 y 60 Hz, ABB 2008

Catálogo torres de enfriamiento de agua, Körper

Apuntes personales asignatura transferencia de calor.

Planos torres de enfriamiento EAM1-EAM2, CAP 2018

Extracto CAP 10: Compañía de acero del pacifico s.a. de inversiones

LINKOGRAFÍA

https://www.cap.cl

https://www.acrlatinoamerica.com/20080513500/articulos/otros-enfoques/ique-buscar-en-una-torre-de-enfriamiento.html

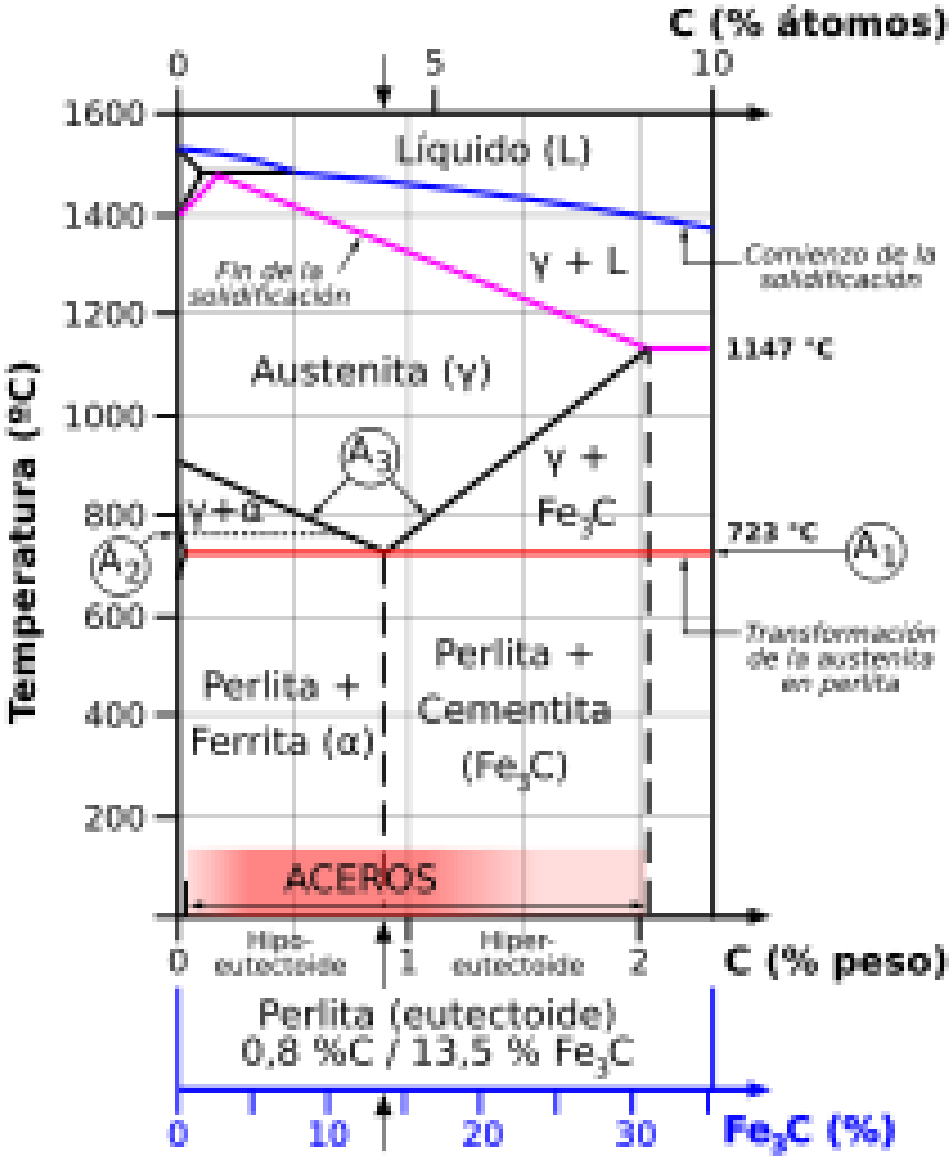
https://areamecanica.wordpress.com/category/bombas-centrifugas

glaciaringenieria.com.co/tipos-torres-enfriamiento-caracteristicas/

http://www.climayoreo.com/blog/torres-de-enfriamiento

ANEXOS

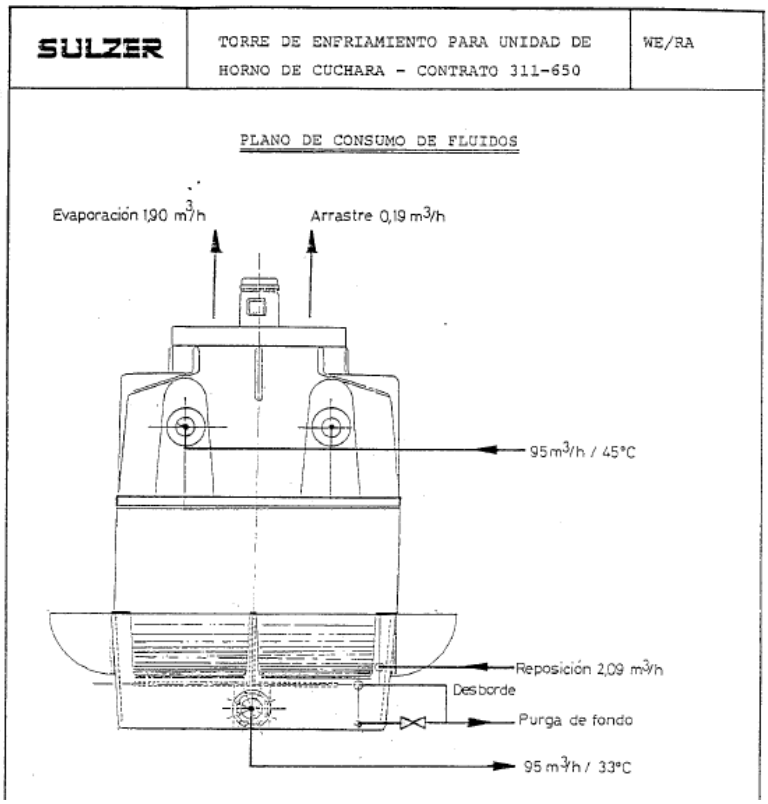
Anexo 1: Temperatura de fusión del acero.



Anexo 2: Tratamiento del agua para torres de enfriamiento.

		Cerramiento Galvanizado	Cerramiento Galvanizado + Protección Epoxi	Cerramiento Poliéster + Fibra Vidrio
pH		7,0 - 9,0	6,5 - 9,0	6,5 - 9,0
Dureza (CO_3Ca)	ppm	.....60 - 500	.....30 - 500	.....70 - 500
Alcalinidad (CO_3Ca)	ppm	500	500	500
Total sólidos disueltos	ppm	.....(1)1.000	..... (1)1.200	.....(1)800
Cloruros	ppm	125	250	200
Sulfatos	ppm	125	250	200
Conductibilidad	µs/cm	(2)1.600	(2)2.000	(2)2.000
Contenido total en sales	ppm	.....	.....	.....3.000
Contenido en hierro	ppm	.....	.....	0,3

Anexo 3: Consumo de fluidos.



Anexo 4: Lista de chequeo periódico.

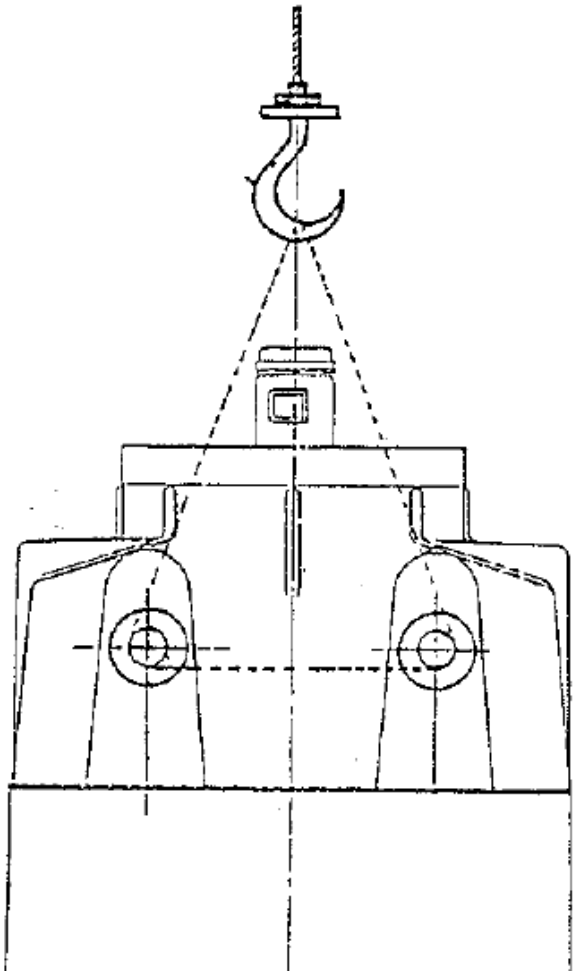
COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO S.A.
UNA EMPRESA CAP

INSPECCION PERIODICA EQUIPOS CIRCUITO SECUNDARIO ENFRIAMIENTO EAM1			
EQUIPOS	UBICACIÓN	ESTADO	OBSERVACIONES
MOTOBOMBA G-101	SALA BOMBAS N°1		
MOTOR			
ACOPLE Y SELLO			
BOMBA			
MOTOBOMBA G-102	SALA BOMBAS N°1		
MOTOR			
ACOPLE Y SELLO			
BOMBA			
TORRE A	SECTOR PLAYA		
ESTRUCTURA EXTERIOR			
ESTRUCTURA INTERIOR			
ENTRADA Y SALIDA AIRE			
ASPERSORES			
RELLENO			
SEPARADORES			
FLANGES			
VALVULA LLENADO			
VALVULA PURGA			
MOTOR			
VENTILADOR			
PISCINA			
TORRE B	SECTOR PLAYA		
ESTRUCTURA EXTERIOR			
ESTRUCTURA INTERIOR			
ENTRADA Y SALIDA AIR			
ASPERSORES			
RELLENO			
SEPARADORES			
FLANGES			
VALVULA LLENADO			
VALVULA PURGA			
MOTOR			
VENTILADOR			
PISCINA			

FECHA DE INSPECCION	**INSPECIONADO POR**

FIRMA

Anexo 5: Maniobra retiro parte superior torre de enfriamiento.



Anexo 6: PST

NOMBRE DEL TRABAJO: Mantenimiento Torres de Enfriamiento EAM-1.
UNIDAD: Mantenimiento mecánico.
SECCION: Mantenimiento acería y colada continua.
OBSERVACIONES: - Cumplir las “Reglas de Acero” y Reglamento N°11 de nuestra compañía. - En todo momento se deberá usar equipo de protección personal EPP (casco, lentes de seguridad, mascarilla para polvo, guantes, zapatos de seguridad, ropa de trabajo no inflamable, protectores auditivos y arnés de seguridad) en buen estado. - Todas las herramientas deben estar previamente revisadas y en buen estado, además se deben utilizar correctamente. - El personal no deberá transitar con cargas superiores a 30 kg. - Dar aviso a Jefe General de Turno y a Jefe Cancha de Vaciado para que coordinen con personal de EAM. Personal mecánico deberá colocar un letrero para dar aviso que se está realizando mantenimiento en ese sector. - Coordinar con Jefe General de Turno y Asesor de Seguridad para realizar firmas de permisos de trabajos y tarjetas de bloqueos. Esperar la aprobación del asesor de seguridad para empezar a realizar el trabajo. - Todo el personal involucrado debe conocer y aplicar este PST. Todo el personal deberá contar con exámenes de salud al día y deberán estar con salud compatible.

ACTIVIDADES	PELIGROS	MEDIDAS DE CONTROL
1. Traslado a terreno.	1.1. Caída a nivel. 1.2. Caída desnivel.	1.1.1. Respetar las vías de tránsito. 1.1.2. Utilizar pasamanos y arnés de seguridad (si fuese necesario).
2. Extracción separadores de gotas.	2.1. Caída desnivel.	2.1.1. Utilizar arnés de seguridad.
3. Extracción relleno.	3.1. Caída nivel. 3.2.Caída de objetos.	3.1.1. Vías de transito despejadas. 3.2.1. Utilizar EPP.
4. Limpieza exterior.	4.1.Caída nivel. 4.2.Caída desnivel.	4.1.1. Vías de transito despejadas. 4.2.1. Utilización arnés de seguridad.
5. Limpieza interior.	5.1.Caída nivel. 5.2.Caída de objetos.	5.1.1. Base despejada. 5.2.1. Utilizar EPP.
6. Limpieza separador de gotas.	6.1.Caída nivel.	6.1.1. Vías de transito despejadas.
7. Limpieza relleno.	7.1.Caída nivel.	7.1.1. Vías de transito despejadas.
8. Inspección válvula flotador.	8.1.Corte.	8.1.1. Utilizar EPP.
9. Lubricación rodamientos.	9.1.Caída desnivel. 9.2.Golpe.	9.1.1. Utilizar arnés de seguridad. 9.2.1. Utilizar EPP.
10. Reposición separadores de gotas.	10.1. Caída desnivel.	10.1.1. Utilizar arnés de seguridad.
11. Reposición relleno.	11.1. Caída nivel. 11.2. Caída de objetos.	11.1.1. Vías de transito despejadas. 11.2.1. Utilizar los EPP.
12. Despejar el área.	12.1. Caída nivel. 12.2. Golpes.	12.1.1. Vías de transito despejadas. 12.2.1. Utilizar EPP.

Colaboradores:
Elaborado por:
Revisado por:
Revisado por:
Aprobado por:

Anexo 7: Cotización Relleno y separador de gotas

INSUMIN

BOMBAS DE AGUA TORRES ENFRIAMIENTO

INDUSTRIAS HIDRAULICAS SpA.

Rut: 77.092.961-K

TELEFONO: 962820822
227732600

SANTIAGO 25/08/2021

Nº 1005

Sres: VSEC
At. Sr: Cristian Silva P
Fono: 940834004
Email: oficina@vsec.cl

De acuerdo a lo solicitado por usted cotizamos lo siguiente:
RELLENO o EMPAQUES
Tipo: Laminar
Material PVC auto extinguible, con estabilizante UV
Tº: 60º C
Canal de pasaje aire-agua 12 mm
Dimensión empaque 1200x300x300 mm

Valor $ 30.000.- más I.V.A. c/u

SEPARADOR DE GOTA
Tipo laminar
Material PVC auto extinguible, con estabilizante UV
Arrastre: 0,15%
Eficiencia: 99%
Temperatura de Operación 60º C

Valor $ 27.000.- más I.V.A. c/u

Condiciones de pago: 50% con la orden de compra saldo contra entrega.
Plazo de entrega: 15 días

Vicente López C.
Industrias Hidráulicas SpA
ventas@insuminchile.cl
www.insuminchile.cl

Nueva Extremadura 4421 Quinta Normal - Stgo - Chile
Fono: 962820822-227732600
www.insuminchile.cl

Anexo 8: Cotización Torres de enfriamiento Pfenniger

pfenniger

Máquinas, Insumos y Servicios
Industriales desde 1928

Cotización
Nº 26725

1 / 1

Cliente Cia. Siderurgica Huachipato S.A.
Telefono 41 2502212
Contacto Cristian Silva

Santiago, 25 de Junio 2018

Estimados Señores :
De acuerdo a lo solicitado por ustedes, tenemos el agrado de cotizar lo siguiente:

Item	Codigo	Cantidad	Descripción	Unitario $	Total $
1	BT1209BE	3	Torre de enfriamiento de agua BT 1209	10.800.000	32.400.000
				Total	32.400.000

Observaciones

Valores no Incluyen IVA

Oferta es valida sólo adquiriendo el total de los productos cotizados.

Precios en Moneda	Pesos Chilenos
Plazo de Entrega	Inmediata,salvo venta previa
Condiciones de pago	30 días fecha Factura
Forma de Pago	Depósito Cta.Cte. BCI 10353691
Lugar de Entrega	Bodega Pfenniger
Validez Oferta	25/07/2018

Esperando una buena acogida a ésta Cotización, le saludamos atentamente

Nina Rodriguez
Fono: +562 963 3500

Fono +562 963 3500 Email mailbox@psa.cl RUT 91.632.000-0
Fax +562 733 5098 - El Totoral 601-D, CL 871-0026 Quilicura
Giro: Importacion y Representacion, Casilla 2827, Santiago de Chile
www.pfenniger.cl
Torres de enfriamiento-Válvulas y Tuberías en termoplásticos-Bombas y monitoreo de fluidos
Servicios de Montaje y Mantenimiento-Importacion y Venta de Equipamiento Industrial

Anexo 9: Cotización de elementos en VSEC

VSEC
Valve Systems, Engineering & Control
VSEC CHILE LTDA, RUT: 76.151.643-4

COTIZACION N° 11358

CONCEPCIÓN, 15 de SEPTIEMBRE de 2021

CLIENTE :
COMPAÑIA SIDERURGICA HUACHIPATO S.A.
RUT : 94.637.000-2
AVENIDA GRAN BRETAÑA # 2910
TALCAHUANO

Atención:
Referencia :
Condiciones de Pago : CREDITO
Plazo de entrega : 5 Días
Validez Cotización : 15 Días

De acuerdo a lo solicitado por usted, nos es grato someter a su consideración la siguiente oferta:

Item	Descripción	Cant.	P. Unitario	Total Neto
1	TOBERA N53 87 N°12	1	$8.184	$8.184
2	VALVULA FLOTADOR 1/2" NPT b62	1	$12.000	$12.000
3	MOTOR ELECTRICO M3BL 250 SMA, SMF and SMG B35, V15, V36 1000-1500 rpm	1	$236.568	$236.568
4	RELLENO - • Tipo : Laminar - • Material : PVC., autoextinguible, con estabilizante UV - • Superficie de intercambio : 226 m²/m³ - • Temperatura de Operación : 60 ºC - • Canal de pasaje aire-agua : 12 mm - • Altura de paneles de relleno : 900 mm - • Dimensiones : 1200 x 300 x 300 mm.	1	$30.000	$30.000
5	SEPARADOR DE GOTA Tipo laminar Material PVC auto extinguible, con estabilizante UV Arrastre: 0,15% Eficiencia: 99% Temperatura de Operación 60º C	1	$27.000	$27.000
			TOTAL NETO	$313.752

Observaciones:

salvo venta previa

Le saluda muy atentamente,

CRISTIAN SILVA
e-mail: oficina@vsec.cl
Móvil: